

УДК 523.9

Х. И. Абдусаматов

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН
65, Пулковское шоссе, Санкт-Петербург 196140
e-mail: abduss@gao.spb.ru

Энергетическая мощность 11-летнего солнечного цикла и ее зависимость от продолжительности цикла

Полную физическую характеристику суммарной мощности 11-летнего цикла предлагается определять по средневзвешенной абсолютной величине солнечной постоянной за весь цикл. Она позволит количественно определять абсолютную энергетическую мощность цикла, а также прогнозировать ее влияние на процессы, происходящие в системе Солнце — Земля. Аналогичным образом следует определять и характеристику относительной мощности цикла солнечной активности. В результате изучения полученных таким образом относительных мощностей всех 24 циклов и их продолжительности установлено наличие обратной взаимосвязи между продолжительностью цикла и его энергетической мощностью. С уменьшением энергетической мощности цикла (солнечной постоянной и активности) его продолжительность увеличивается и наоборот. Обратная взаимосвязь между продолжительностью 11-летнего цикла и его энергетической мощностью является следствием влияния квазидвухвекового цикла Солнца. Полученные результаты могут объяснить, почему продолжительности 11-летних циклов могут являться некоторым возможным индикатором изменения климата только в период фазы роста или спада квазидвухвекового цикла Солнца.

ЕНЕРГЕТИЧНА ПОТУЖНІСТЬ 11-РІЧНОГО СОНЯЧНОГО ЦИКЛУ ТА ЇЇ ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ТРИВАЛОСТІ ЦИКЛУ, Абдусаматов Х. І. — Повну фізичну характеристику сумарної потужності 11-річного циклу сонячної активності пропонується визначати за середньозваженою абсолютною величиною сонячної сталої за увесь цикл. Вона дозволить кількісно визначати абсолютну енергетичну потужність циклу, а також прогнозувати її вплив на процеси, що відбуваються у системі Сонце — Земля. Аналогічним чином слід визначати і характеристику відносної потужності циклу сонячної активності. В резуль-

таті вичення отриманих таким чином відносних потужностей усіх 24 циклів та їхньої тривалості встановлено наявність оберненого взаємозв'язку між тривалістю циклу і його енергетичною потужністю. Із зменшенням енергетичної потужності циклу (сонячної постійної та активності) його тривалість збільшується і навпаки. Обернений взаємозв'язок між тривалістю 11-річного циклу і його енергетичною потужністю є наслідком впливу квазідвосотрічного циклу Сонця. Отримані результати можуть пояснити, чому тривалості 11-річних циклів можуть бути певним індикатором змін клімату лише у період фази росту чи спаду квазідвосотрічного циклу Сонця.

POWER OF THE ENERGY OF THE 11-YEAR SOLAR CYCLE AND ITS DEPENDENCE ON THE DURATION OF THE SOLAR CYCLE, by Abdussamatov H. I. — We propose to determine a full physical characteristic of the total power of the solar cycle from the weighted average value of the absolute TSI for the entire 11-year cycle. This allows to define objectively the absolute energy power of the cycle, as well as to predict its impact on the processes occurring in the Sun-Earth system. Similarly, the total relative power of the solar activity cycle should be defined. As a result of the study of relative powers and durations of all 24 cycles, we found an inverse relationship between the duration of the cycle and its energy power. With decreasing power of the energy of the cycle (the TSI and solar activity) its duration increases, and vice versa. An inverse relationship between the duration of the 11-year cycle and its energy power is a consequence of the effect of quasi-bicentennial solar cycle. The results obtained may explain why the length of the 11-year solar cycles may be some possible indicator of the climate changes only during the phase of growth or decline of the quasi-bicentennial solar cycle.

В целом число пятен и количество их групп на видимом диске Солнца являются основными индикаторами уровня 11-летнего цикла практически по всем направлениям. Традиционно используемый качественный индекс максимума (высоты) уровня солнечной активности 11-летнего цикла — максимальной величины сглаженного относительного числа пятен (W) в качестве индекса активности всего цикла без учёта его продолжительности не в полной мере отражает его относительные физические параметры и суммарные геопроявления, т. е. относительную энергетическую мощность цикла активности в целом. Поскольку совершенно очевидно, что 11-летние циклы с одинаковым уровнем максимума индекса солнечной активности, но разной продолжительности всего цикла и его фаз существенно различаются по общим среднециклическим относительным физическим характеристикам и суммарным геоэффективным проявлениям, т. е. по относительным энергетическим мощностям всего цикла (рис. 1). Аналогич-

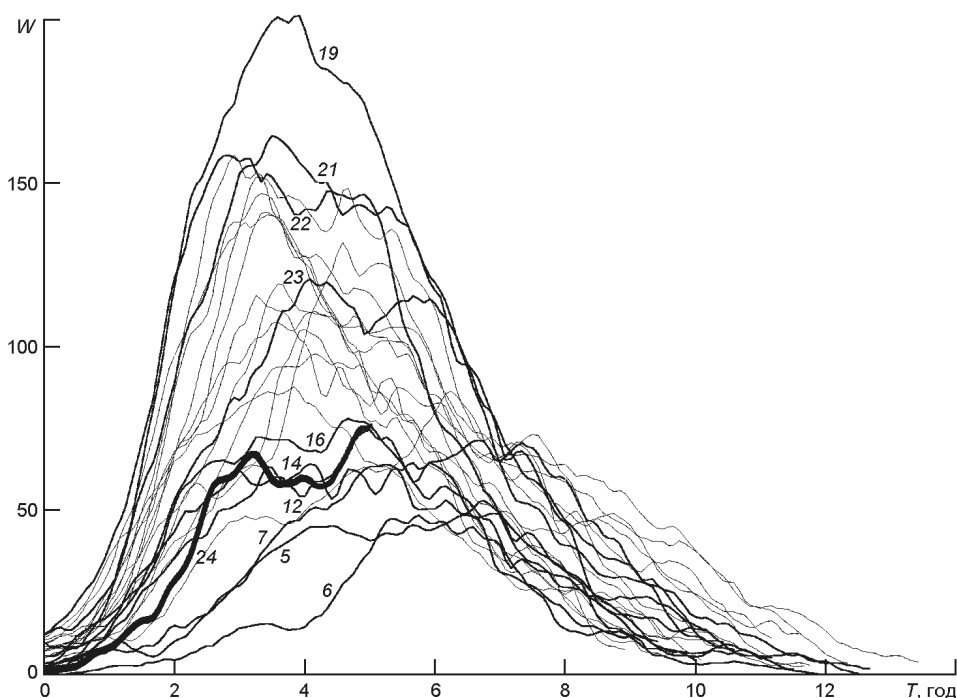


Рис. 1. Вариации относительного числа пятен во всех солнечных циклах 1—24 (данные взяты на сайте [<http://sidc.oma.be/sunspot-data/>])

ная ситуация наблюдалась с истекшим 23-м циклом солнечной активности, продолжительность которого более чем на 25 % стала длиннее, чем в предыдущих 21-м и 22-м циклах. В результате относительная энергетическая мощность 23-го цикла стала заметно ниже мощности цикла с аналогичной высотой уровня максимума активности, но меньшей продолжительностью. Поэтому для более полного отражения относительной физической характеристики активности всего цикла и сравнительного анализа характеристик различных циклов назрела необходимость введения более адекватного средневзвешенного за цикл индекса уровня солнечной активности — относительной мощности 11-летнего цикла пятнообразовательной активности, учитывающего вариаций уровня индекса солнечной активности на протяжении всего цикла независимо от высоты его максимума и продолжительности фаз.

Полную физическую характеристику суммарной относительной энергетической мощности цикла предлагается определять по средневзвешенному уровню индекса солнечной активности (\bar{W}) за весь 11-летний цикл:

$$\bar{W}(\text{цикл}) = \frac{W \cdot t}{t}, \quad (1)$$

где W — относительное число пятен, t — интервал времени между последовательными измерениями относительного числа пятен на про-

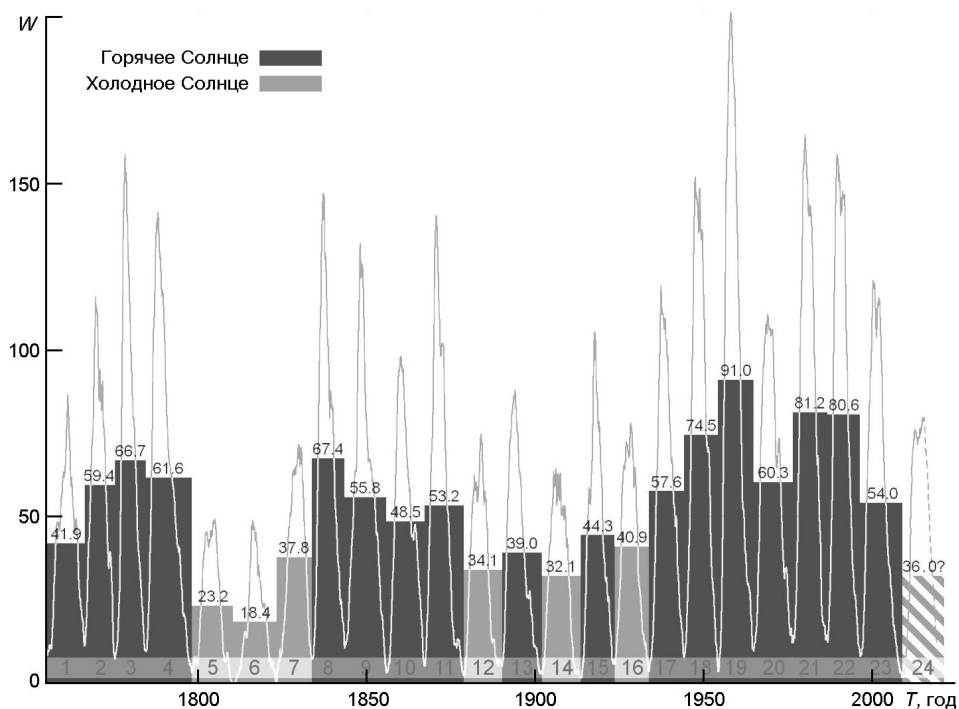


Рис. 2. Средневзвешенной за цикл индексы относительной мощности солнечной активности всех 24 циклов. Данные по вариациям солнечной активности взяты на сайте [<http://sidc.oma.be/sunspot-data/>]

тяжении всего цикла. Только такой средневзвешенный за цикл индекс \bar{W} уровня солнечной активности (рис. 2, табл. 1) позволит объективно определять индекс среднего уровня относительной энергетической мощности 11-летнего цикла, а также прогнозировать её влияние на процессы, происходящие в системе Солнце — Земля.

Используемая максимальная высота вариации абсолютной величины солнечной постоянной S_{\odot} в 11-летнем цикле без учёта продолжительности цикла также не может полностью характеризовать основные физические параметры и абсолютную энергетическую мощность данного цикла и его геоэффективные проявления. Тем более, что в минимуме между циклами солнечной постоянной ее абсолютное значение в зависимости от фазы квазидвухвекового цикла может значительно различаться от предыдущих минимумов между циклами [www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant]. Это связано с тем, что абсолютная величина солнечной постоянной подвержена квазидвухвековым циклическим вариациям с размахом до 6 Вт/м^2 [6]. 11-летние циклы с одинаковой максимальной высотой вариации солнечной постоянной, но разной продолжительности количественно существенно различаются по своим общим физическим характеристикам, абсолютной интегральной мощности среднециклического солнечного излучения, поступившего на внешнюю границу земной атмосферы в течение всего цикла, и суммарным геоэффективным проявлениям.

Известные параметры 11-летних циклов солнечной активности, взятые на сайтах [http://sidc.oma.be/sunspot-data/, ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/maxmin.new], и определенные нами их индексы относительной мощности

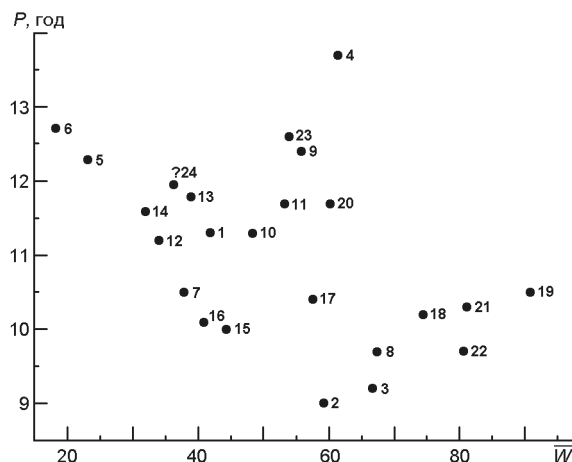
Номер цикла	Дата минимума между циклами, год/месяц	Индекс максимума цикла солнечной активности, W_{\max}	Индекс относительной мощности цикла солнечной активности, \bar{W}	Продолжительность цикла, годы
1	1755/март	86.5	41.9	11.3
2	1766/июнь	115.8	59.4	9.0
3	1775/июнь	158.5	66.7	9.2
4	1784/сентябрь	141.1	61.6	13.7
5	1798/май	49.2	23.2	12.3
6	1810/август	48.7	18.4	12.7
7	1823/май	71.5	37.8	10.5
8	1833/ноябрь	146.9	67.4	9.7
9	1843/июль	131.9	55.8	12.4
10	1855/декабрь	97.3	48.5	11.3
11	1867/март	140.3	53.2	11.7
12	1878/декабрь	74.6	34.1	11.2
13	1890/март	87.9	39.0	11.8
14	1902/январь	64.2	32.1	11.6
15	1913/август	105.4	44.3	10.0
16	1923/август	78.1	40.9	10.1
17	1933/сентябрь	119.2	57.6	10.4
18	1944/февраль	151.8	74.5	10.2
19	1954/апрель	201.3	91.0	10.5
20	1964/октябрь	110.6	60.3	11.7
21	1976/июнь	164.5	81.2	10.3
22	1986/сентябрь	158.5	80.6	9.7
23	1996/май	120.8	54.0	12.6
24	2008/декабрь	70±10 [2]	36.0?	11.9?

Несмотря на то что максимальная абсолютная величина солнечной постоянной S_{\odot} в истекшем 23-м цикле была практически на одном уровне с 22-м, его продолжительность стала почти на 30 % длиннее, чем в 22-м цикле, что существенно ослабило среднециклическую абсолютную величину солнечной постоянной на 0.17 Вт/м^2 относительно предшествующего цикла [3]. Поэтому полную физическую характеристику суммарной энергетической мощности цикла — среднюю абсолютную величину солнечной постоянной за весь 11-летний цикл также следует определять аналогичным образом:

$$\bar{S}_{\odot}(\text{цикл}) = \frac{S_{\odot} t}{t}. \quad (2)$$

Только такая средневзвешенная абсолютная величина солнечной постоянной всего цикла может позволить объективно и количественно определять общую абсолютную энергетическую мощность цикла, а также прогнозировать её влияние на процессы, происходящие в системе Солнце — Земля.

Рис. 3. Зависимость относительной мощности всех 11-летних циклов солнечной активности от их продолжительности P [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/maxmin.new]. Цифры указывают номера циклов



Долговременные последовательные изменения глобальных среднециклических физических параметров Солнца, абсолютной величины энергетической мощности солнечных циклов сопровождаются существенными проявлениями геофизических и климатических процессов, поэтому имеют важное значение и для физики Земли. Ранее было указано, что продолжительность 11-летнего цикла солнечной активности является некоторым возможным индикатором изменения климата, поскольку была обнаружена корреляция между продолжительностью цикла и температурой приземного слоя Северного полушария в течение 130 лет [5]. Однако такая корреляция наблюдается эпизодически только в определенных интервалах развития квазидвухвекового цикла Солнца. Далее попытаемся обосновать, что долговременный последовательный рост или спад продолжительности 11-летних циклов могут быть некоторым возможным индикатором изменения климата только в периодах протяженной фазы роста или спада квазидвухвекового цикла Солнца.

С целью установления наличия возможной взаимосвязи между продолжительностью 11-летних солнечных циклов и их относительной энергетической мощностью — среднециклическим уровнем индекса солнечной активности — мы построили соответствующий график для всех 24 циклов (рис. 3). В результате обнаружена в целом обратная взаимосвязь между продолжительностью 11-летнего цикла солнечной активности и его относительной энергетической мощностью. При этом известно, что 11-летние и квазидвухвековые циклические вариации солнечной постоянной и солнечной активности, являясь следствием одних и тех же глубинных процессов, имеют взаимосвязанный и скоординированный идентичный ход как по фазе, так и по амплитуде [1, 2, 4]. Итак, с уменьшением абсолютной энергетической мощности цикла солнечной постоянной его продолжительность увеличивается и наоборот. Обратная взаимосвязь между продолжительностью 11-летнего цикла и его энергетической мощностью является следствием влияния квазидвухвекового цикла Солнца [2].

Таким образом, абсолютная среднециклическая энергетическая мощность — средневзвешенная за весь 11-летний цикл величина солнечной постоянной — и продолжительность цикла в целом имеют обратную взаимозависимость. Следовательно, последовательное увеличение абсолютной энергетической мощности 11-летних циклов при практически одновременном уменьшении их продолжительности в период фазы роста квазидвухвекового цикла и противоположная картина, наблюдаемая в период фазы спада квазидвухвекового цикла, могут являться некоторым возможным индикатором изменения климата только в пределах этих протяженных фаз квазидвухвекового цикла Солнца [5]. Последовательные изменения продолжительности 11-летних циклов в целом являются индикатором наступления фазы спада или роста квазидвухвековых изменений мощности генерируемой Солнцем энергии и индикатором грядущего начала соответствующего изменения климата с учетом термической инерции Мирового океана.

1. *Абдусаматов Х. И.* О долговременных вариациях потока интегральной радиации и возможных изменениях температуры в ядре Солнца // Кинематика и физика небес. тел.—2005.—**21**, № 6.—С. 471—477.
2. *Абдусаматов Х. И.* Об оптимальном прогнозировании высоты следующего 11-летнего цикла активности и нескольких последующих циклов на основе долговременных вариаций радиуса Солнца или солнечной постоянной // Кинематика и физика небес. тел.—2007.—**23**, № 3.—С. 141—147.
3. *Абдусаматов Х. И.* Двухвековое уменьшение солнечной постоянной приводит к несбалансированному тепловому бюджету Земли и глубокому похолоданию климата // Кинематика и физика небес. тел.—2012.—**28**, № 2.—С. 22—33.
4. *Абдусаматов Х. И.* Глубокий минимум мощности солнечного излучения приведёт к Малому ледниковому периоду. Санкт-Петербург, 2013.—246 с.
5. *Friis-Christensen E., Lassen K.* Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate // Science.—1991.—**254**.—P. 698—700.
6. *Shapiro A. I., Schmutz W., Rozanov E., et al.* A new approach to the long-term reconstruction of the solar irradiance leads to large historical solar forcing // Astron. and Astrophys.—2011.—**529**.—A67.

Статья поступила в редакцию 16.10.14