

УДК 523.98

## Об уменьшении потока солнечного излучения и понижении глобальной температуры Земли до состояния глубокого похолодания в середине XXI века

*Х.И. Абдусаматов*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Россия

Поступила в редакцию 1 марта 2006 г.

**Аннотация.** 11-летние циклические вариации “солнечной постоянной” целиком являются результатом соответствующего изменения площади излучающей поверхности фотосферы при сохранении ее эффективной температуры практически неизменной. 11-летний гелиоцикл представляет собой одновременное скоординированное колебание активности, радиуса и потока радиации как по фазе, так и по амплитуде. Обнаружено также и наличие вековой компоненты в вариациях “солнечной постоянной”. Предложена гипотеза о том, что наблюдаемые долговременные идентичные вариации активности, радиуса и потока радиации являются следствием одних и тех же процессов, происходящих в глубоких недрах. Они координируются глобальной вариацией всего Солнца, обусловленной циклическими изменениями температуры в его ядре. При этом долговременные глобальные вариации всего Солнца могут служить катализатором генерации циклов активности. Прогнозируется наступление следующего достаточно глубокого минимума активности, потока радиации и радиуса 200-летнего цикла Солнца почти на уровне маундеровского минимума ориентировочно вблизи  $2040 \pm 10$  г., а вслед за этим с отставанием на  $17 \pm 5$  лет – наступление очередного глубокого похолодания климата.

ON LONG-TERM VARIATIONS OF THE TOTAL IRRADIANCE AND DECREASE OF GLOBAL TEMPERATURE OF THE EARTH AFTER A MAXIMUM OF XXIV CYCLE OF ACTIVITY AND IRRADIANCE, *by H.I. Abdussamatov*. The 11-year cyclic variation of “solar constant” actually wholly grows out respective alterations of the area of a radiating surface of photosphere keeping its effective temperature practically constant. Heliocycles represents the simultaneous coordinated fluctuation of activity, radius and irradiance both for a phase, and for amplitude. A presence of secular component in variations of “solar constant” is found. We suppose that the observable long-term identical variations of activity, radius and irradiance are a consequence of the same processes occurring deeply inside, and are coordinated by a global variation of the whole Sun caused by cyclic changes of temperature in its core. Thus the long-term global variations of the whole Sun can serve as a catalyst of the generation of activity cycles. The approach of the following sufficiently deep minimum of activity, irradiance and radius of a 200-year solar cycle almost close to the level of the Maunder Minimum roughly near  $2040 \pm 10$  yrs is predicted. The coldest period will occur  $17 \pm 5$  years after  $2040 \pm 10$ .

**Ключевые слова:** Солнце, солнечная радиация и активность, климат Земли

---

Кривые 11-летних вариаций уровня активности и величины “солнечной постоянной” (рис. 1) взаимокоррелированы и квазипараллельны как по фазе, так и по амплитуде (Абдусаматов,

2003; 2004; 2005; Абдусаматов и др., 2001). Последовательное заметное понижение “солнечной постоянной” в минимумах 22 и 23 циклов относительно минимума 21 цикла указывает на вековое падение ее величины. Оно является не только дополнительным непосредственным доказательством наличия также и векового компонента в вариациях “солнечной постоянной”, но и доказательством скоррелированного падения ее величины одновременно с соответствующим падением уровня вековой вариации активности. Ход 11-летней и вековой компонентом изменения потока излучения в целом определяют ходы соответствующих компонентов вариации уровня солнечной активности и наоборот.

На шкалах времени порядка века и более ранее было установлено (Эдди, 1976; 1977) наличие достоверной корреляции между четко установленными периодами значительных вариаций уровня солнечной активности и соответствующими достоверными изменениями в климате Земли, тождественными изменениям потока радиации Солнца как по фазе, так и по амплитуде в течение всего прошлого тысячелетия. При этом цикличность изменения климата, особенно Европы прошлого тысячелетия, не была коренной перестройкой климатических условий, но она оказалась столь существенной, что повлияла на жизнь народов и отдельных государств. Кроме того, в каждом из 18 глубоких минимумов солнечной активности типа Маундеровского квази-200-летнего периода, установленных в течение последних 7 500 лет, наблюдалось похолодание климата, а в период высоких максимумов – потепление (Борисенков, 1988). Любые наблюдаемые за этот период глубокие изменения в климате Земли (например, глобальное потепление или похолодание) могли быть вызваны только соответствующим долговременным изменением приходящего интегрального потока солнечной радиации. Это дополнительно доказывает, что в периоды длительного максимального всплеска уровня солнечной активности поток радиации всегда был существенно повышенным. В периоды долговременного глубокого минимума активности он заметно снижался, т. е. совокупные вековые вариации активности и потока радиации в целом имеют сильно коррелированный (квазипараллельный) ход изменения как по фазе, так и по амплитуде. Действительно, наличие значимой корреляции между вариациями уровней солнечной активности и глобальной температуры мирового океана в течение 1860–1985 гг. установлено Рейд (2000).

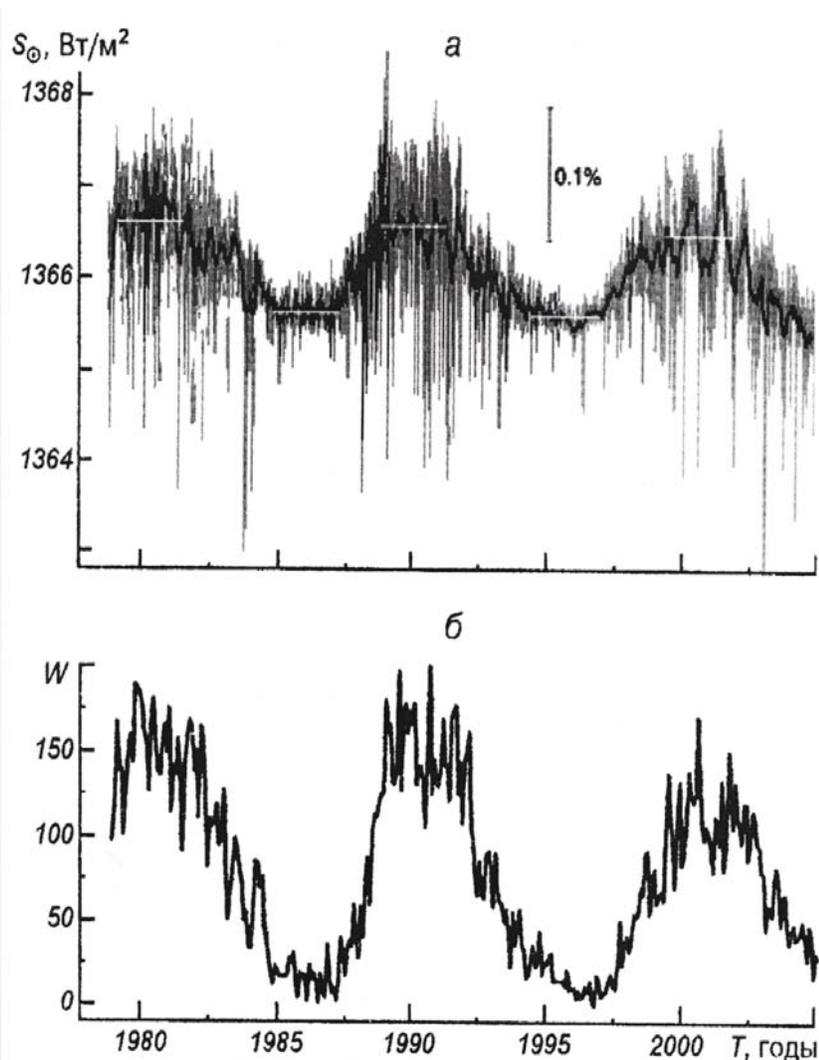
Долговременные циклические вариации “солнечной постоянной” ( $S_{\odot}$ ) определяются как  $S_{\odot} = \sigma R_{\odot}^2 T_{eff}^4 / A^2$ , где  $A$  - астрономическая единица, обусловленная соответствующими изменениями радиуса  $R_{\odot}$  и эффективной температуры  $T_{eff}$  фотосферы:

$$\Delta S_{\odot} / S_{\odot} = 2\Delta R_{\odot} / R_{\odot} + 4\Delta T_{eff} / T_{eff}.$$

Эти изменения являются следствием фундаментальных глобальных процессов, происходящих в недрах Солнца, обусловленных вариациями его основных внутренних характеристик. При постоянстве эффективной температуры  $\Delta T_{eff} = 0$  вариации радиуса составляют  $\Delta R_{\odot} \leq 350$  км/цикл, а при постоянстве радиуса  $\Delta R_{\odot} = 0$  вариации температуры  $\Delta T_{eff} \approx 1.45^{\circ}$ /цикл (или  $\Delta T_{eff} \leq 0.001^{\circ}$ /сут), поскольку  $\Delta S_{\odot} / S_{\odot} \leq 0.001$ . Плавное изменение температуры поверхностного слоя, достигающее значений до  $0.001^{\circ}$ /сутки, приведет к изменению давления в нем и, следовательно, к нарушению солнечного равновесия, определяемого балансом сил внутреннего давления и силы гравитации. В результате этого в реальном времени происходит плавное изменение радиуса Солнца за счет соответствующих вариаций внутреннего давления до восстановления гидростатического равновесия. Это ведет к восстановлению температуры его поверхности практически до прежнего уровня. Поэтому долговременные циклические вариации “солнечной постоянной”, по существу, являются результатом соответствующего изменения площади излучающей поверхности Солнца при сохранении ее эффективной температуры практически неизменной (Абдусаматов, 2003; 2004; 2005), т. е.

$$\Delta S_{\odot} / S_{\odot} \approx 2\Delta R_{\odot} / R_{\odot},$$

и они (вариации) практически определяются соответствующим колебанием его радиуса с амплитудой в пределах до 350 км, или  $\Delta R_{\odot} < 0,5''$  за 11-летний цикл. Следовательно, легко наблюдаемые в наземных условиях в течение весьма длительного времени ходы 11-летней и вековой



**Рис. 1.** Вариации “солнечной постоянной” с 1978 г. (Фрэлич, 2005) (а), и изменение среднемесячных значений чисел Вольфа  $W$  (б)

составляющих вариации активности одновременно иллюстрируют и соответствующие ходы квази пропорциональных изменений радиуса-“солнечной постоянной” и наоборот.

Таким образом, 11-летний гелиоцикл представляет собой одновременное скоординированное колебание активности, радиуса-потока радиации как по фазе, так и по амплитуде. При этом, наличие 11-летнего цикла Солнца за время которого его активность, светимость и диаметр идентично колеблются, – один из надежно установленных в наши дни фактов в солнечной физике. Однако амплитуда их 11-летних колебаний существенно зависит также и от уровня вариаций векового цикла. Поэтому Солнце, строго говоря, в целом не находится в состоянии механического и энергетического равновесия. Оно является переменной звездой, пульсирующей, относительно ее среднего уровня, по крайней мере, с тремя квазипериодическими (11, 80 и 200 лет) скоординированными вариациями активности, радиуса-потока радиации. Это имеет огромное значение не только для астрономии, но и для долговременных вариаций климата, а, следовательно, и для будущих условий жизни на Земле. Продолжительные изменения в поведении Солнца могут сопровождаться и более существенными проявлениями на Земле и, следовательно, они имеют

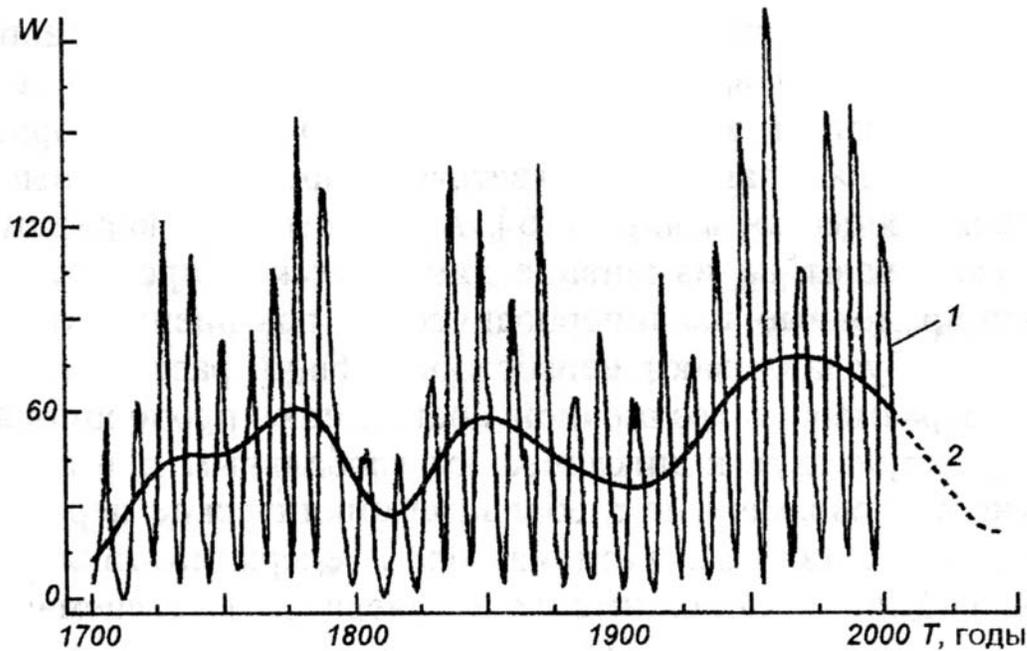
важное значение и для физики Земли.

Такие циклические скоррелированные долговременные вариации, требующие огромных энергетических ресурсов в течение весьма длительного времени, позволили выдвинуть гипотезу о том, что они являются следствием одних и тех же процессов, происходящих в глубоких недрах, и скоординированы глобальными вариациями всего Солнца, обусловленными циклическими изменениями температуры в его ядре – выхода энергии из него, ведущим к изменению давления в нем, и, следовательно, к нарушению солнечного равновесия (Абдусаматов, 2003; 2004; 2005). Значительные (до 40 %) временные вариации потока солнечных нейтрино с различными периодами, хотя еще недостаточно уверенно установлена их корреляция с фазой цикла, тем не менее указывают на соответствующие значительные изменения в состоянии ядра, обусловленные вариациями термоядерных процессов, протекающих в ядре (Джиунти, Леведер, 2003). А аналогичные вариации сплюснутости диска указывают на изменение динамических процессов в нем (Базу, 1999; Розелот, 1998; София и др., 1994). Долговременные квазипериодические повышения температуры и, следовательно, давления в ядре обуславливают неизбежный общий разогрев Солнца, увеличение его размера, а, следовательно, и “солнечной постоянной” пропорционально доле изменения квадрата радиуса и приведут к соответствующим циклическим глобальным перестройкам всего Солнца. Такие глобальные долговременные квазипериодические вариации всего Солнца, и, как следствие, соответствующие вариации радиуса – внутренние собственные движения – могут также являться катализатором генерации и спада солнечных циклов, а дополнительная энергия, выделяемая ядром, – источником их энергии.

Циклические возмущения тахоклина, смещение его положения и возможные изменения его толщины, обусловленные вариациями всего Солнца и, прежде всего, внутренними собственными движениями могут, на наш взгляд, играть роль такого катализатора генерации и спада циклов активности. Отметим, что долговременный рост температуры ядра и соответствующее расширение всего Солнца могут служить катализатором генерации цикла и подъема активности и потока радиации, а снижение температуры ядра и соответствующее его сжатие – катализатором их спада (Абдусаматов, 2003; 2004; 2005). При этом амплитуда вариаций температуры ядра и, соответственно, радиуса может определять мощность цикла. При малых амплитудах колебаний температуры ядра и, следовательно, радиуса могут развиваться слабые циклы с малой амплитудой уровня активности и потока радиации, а при больших амплитудах температуры – мощные циклы. Отсутствие или весьма малая амплитуда колебаний температуры при минимуме температуры ядра может привести к глубокому минимуму как активности, так и радиуса-потока радиации типа маундеровского. Данная гипотеза о циклических вариациях температуры в ядре в целом может объяснить наблюдаемые долговременные нестационарные явления как в цикловых идентичных вариациях активности и радиуса-“солнечной постоянной”, так и, следовательно, в циклических вариациях климата Земли.

Таким образом, долговременные совокупные влияния 11-летних и векового циклов в солнечных вариациях, определяемые, прежде всего, соответствующими квазипериодическими скоординированными изменениями размера (а, следовательно, и “солнечной постоянной”  $\Delta S_{\odot}/S_{\odot} \approx 2\Delta R_{\odot}/R_{\odot}$ ), являются доминирующим фактором климатических изменений – долговременных геофизических эффектов – длящихся десятки лет. При этом, хотя амплитуда вариаций “солнечной постоянной” и достигает 0,1% в течение 11-летнего цикла, ее влияние на изменение климата практически сглаживается благодаря термической инерции Земли. Однако при продолжении последовательного заметного повышения или понижения амплитуды вариации “солнечной постоянной” в течение двух 11-летних циклов подряд при аналогичном ходе изменения ее вековой составляющей их совокупное влияние неизбежно проявится в соответствующем плавном изменении глобальной температуры (климата) с временной задержкой  $17 \pm 5$  лет, определяемой термической инерцией Земли (Абдусаматов, 2005). Следовательно, глобальное сглаженное вековое изменение температуры Земли в целом последует (с временной задержкой  $17 \pm 5$  лет) за совокупными идентичными изменениями 11-летних и вековой составляющих радиуса-потока радиации, скоррелированных с соответствующими вариациями уровня активности Солнца.

Исходя из установленного наблюдаемого факта, что ход вековой составляющей вариации уровня активности в целом определяет ход вековой компоненты изменения радиуса-потока радиации,



**Рис. 2.** Наблюдаемые уровни 11-летних колебаний чисел Вольфа  $W$  за последние 300 лет (кривая 1) и циклические вариации вековой составляющей (кривая 2)

мы можем утверждать, что в 80-х годах прошлого века началось очень медленное уменьшение вековой составляющей вариации потока радиации. Однако практически в это же время начался резкий рост амплитуды 11-летней вариации потока радиации в 21 и 22 циклах. Такое резкое повышение потока радиации в 21 и 22 циклах, при практически еще незаметной вариации уровня вековой составляющей потока радиации, привело к последующему незначительному локальному повышению глобальной температуры Земли, эквивалентно продолжительности этих двух циклов (рис. 2). Здесь следует подчеркнуть, что величина 11-летней вариации потока радиации в настоящее время значительно больше величины вековой вариации потока радиации за этот же 11-летний период.

Следствием наблюдаемого в последнее время падения вековой составляющей уровня активности окажется снижение амплитуды уровня 11-летней вариации активности по крайней мере в трех последующих солнечных циклах после 2000-го года (Духау, 2003; Селло, 2003). При этом правило Гневнышева-Оля (превышение максимального уровня активности в нечетном цикле над соответствующим уровнем предыдущего цикла), нарушенное в 22–23 циклах должно быть нарушено также и в 24–25 циклах. Эти нарушения правила Гневнышева-Оля являются результатом непосредственного влияния падения вековой составляющей уровня активности и индикатором наступления активной фазы спада нынешнего продолжительного двухсотлетнего цикла (рис. 2). Поэтому в следующих 24–26 циклах сохранится тенденция дальнейшего уменьшения амплитуды вариаций уровня 11-летней активности и потока радиации.

Наблюдаемое в настоящее время одновременное уменьшение уровня вековой, а также и амплитуды 11-летней вариации “солнечной постоянной” в нынешнем 23 цикле пока еще, благодаря термической инерции Земли, не может оказать существенного влияния на ожидаемое понижение глобальной температуры Земли, но и не остановит дальнейшее ее повышение. Но, как следует из вышесказанного, уменьшение амплитуды вариаций потока солнечной радиации продолжится и дальше — в течение еще нескольких 11-летних циклов. При этом одновременно будет происходить уменьшение “солнечной постоянной” и в рамках векового цикла. Но в фазе роста

активности следующего 24 цикла одновременно идентично растет и 11-летняя вариация потока радиации, что временно (в течение фазы роста потока радиации 24 цикла) нейтрализует влияние дальнейшего понижения вариации вековой составляющей потока радиации на изменение глобальной температуры Земли. Только начало активного спада уровня 11-летней вариации потока радиации на нисходящей фазе нового 24 цикла и продолжающееся при этом падение уровня вековой составляющей потока радиации непременно приведут к понижению глобальной температуры Земли. Поэтому мы ожидаем начала медленного понижения глобальной температуры Земли в фазе спада нового 24-го цикла активности и радиуса-потока радиации – в 2012–2015 гг. (Абдусаматов, 2005).

В конце данного 200-летнего цикла мы ожидаем наступления следующего очередного достаточно глубокого минимума активности и радиуса-потока радиации, сравнимого с уровнем маундеровского минимума, по нашим оценкам – в начале 27-го цикла, ориентировочно вблизи  $2040 \pm 10$  гг., а вслед за этим с отставанием на  $17 \pm 5$  лет – наступления очередного климатического минимума – глубокого похолодания климата Земли, сравнимого с малым ледниковым периодом минимума Маундера (Абдусаматов, 2005). Однако Огурцов, Наговицын (2003) методом “кратномасштабного клонирования”, основанным на вейвлет-преобразовании, установили, что “... можно ожидать длительного минимума солнечной активности и земной температуры вблизи 2010 года ...” и “Очередной локальный климатический максимум должен наступить в  $2040 \pm 10$  году”. Эти прогнозы не имеют никакой физической основы и не учитывают 11-летние и вековые вариации потока солнечного излучения.

При этом циклические колебания уровня солнечной активности, развивающиеся параллельно аналогичным колебаниям радиуса-потока радиации, являясь сопутствующим явлением циклической деятельности Солнца, на наш взгляд, сами по себе практически не оказывают значимого влияния ни на вариацию потока радиации, ни на изменение климата (Абдусаматов, 2005).

Таким образом, точное абсолютное значение радиуса Солнца является важнейшим фундаментальным параметром и может служить одним из основных индексов и индикатором как уровня активности, так и потока радиации. Поэтому долговременные высокоточные измерения абсолютной величины радиуса солнечного диска позволят более точно определить и величину “солнечной постоянной” и ее временные вариации в различных интервалах. При этом данные о спектре колебаний фундаментальных характеристик Солнца, а именно радиуса, сплюснутости, интегрального потока излучения, являются основой для диагностики параметров его внутреннего строения, поскольку они характеризуют изменения внутренних слоев вплоть до ядра.

## Литература

- Абдусаматов Х.И., Будин В.П., Славнов С.Г. // Труды международной конференции “Солнце в эпоху смены знака магнитного поля”. Санкт-Петербург. 2001. С. 9.
- Абдусаматов Х.И. // Труды международной конференции “Климатические и экологические аспекты солнечной активности”. Санкт-Петербург. 2003. С. 3.
- Abdussamatov H.I. // Proceedings of IAU Symposium No 223. Cambridge university press. 2004. P. 541.
- Абдусаматов Х.И. // Тезисы докладов всероссийской конференции “Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности”. Троицк. 2005. С. 2.
- Базу (Basu D.) // Solar Physics. 1999. V. 184. P. 153.
- Борисенков Е.П. Колебания климата за последнее тысячелетие. Л.: Гидрометеоздат. 1988. С. 275.
- Духау (Duhau S.) // Solar Physics. 2003. V. 213. P. 203.
- Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г. // Труды конференции “Климатические и экологические аспекты солнечной активности”. Санкт-Петербург. 2003. С. 321.
- Розелот (Rozelot J.P.) // Solar Physics. 1998. V. 177. P. 321.
- София и др. (Sofia S., Heaps W., Twigg L.W.) // Astrophys. J. 1994. V. 427. P. 1048.
- Селло (Sello S.) // Astron. Astrophys. 2003. V. 401. P. 691.

Фрэлич (Frohlich C.) // [www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant](http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant). 2005.

Эдди (Eddy J.A.) // *Science*. 1976. V. 192. P. 1189.

Эдди (Eddy J.A.) // *Scientific American*. 1977. V. 236. P. 80.