

ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ НЕКОТОРЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

При первом же взгляде на кривую временного хода чисел Вольфа выявляется ее сложный характер изменений. Амплитуда и продолжительность циклов изменяется во времени. При этом обнаруживается иерархия разных временных масштабов. Причем процесс явно не стационарен, т. е. число гармоник, их частоты, амплитуды и их фазы могут изменяться во времени [1, 2, 4]. Спектр такого процесса очень сложный. Кроме основных гармоник и кратных им в спектре наблюдаются еще модуляционные пики. На *рис.1* видим, что основной пик, определяющий среднюю продолжительность 11-летнего цикла, расщеплен. Выделяются две близких линии 10,87 и 10,05 г. Причину появления этих пиков нельзя объяснить амплитудной модуляцией 11-летнего цикла вековым. Для решения этого вопроса мы воспользовались другим представлением колебательного процесса, а именно описали процесс одним колебанием с переменной амплитудой и обобщенной фазой в виде

$$F(t) = D(t) \cdot \cos\Phi(t), \quad (1)$$

что позволяет проследить динамику временных изменений фазы и амплитуды колебаний. Переменная частота тогда вводится соотношением

$$\Omega(t) = \frac{d}{dt} \Phi(t). \quad (2)$$

Если процесс отличен от нуля в сравнительно узкой полосе частот, то для его исследования применим гильбертовский подход. Частной реализацией гильбертовского подхода служит метод комплексной демодуляции [3], выявляющий динамику изменения амплитуды и фазы в окрестностях некоторого опорного периода колебаний.

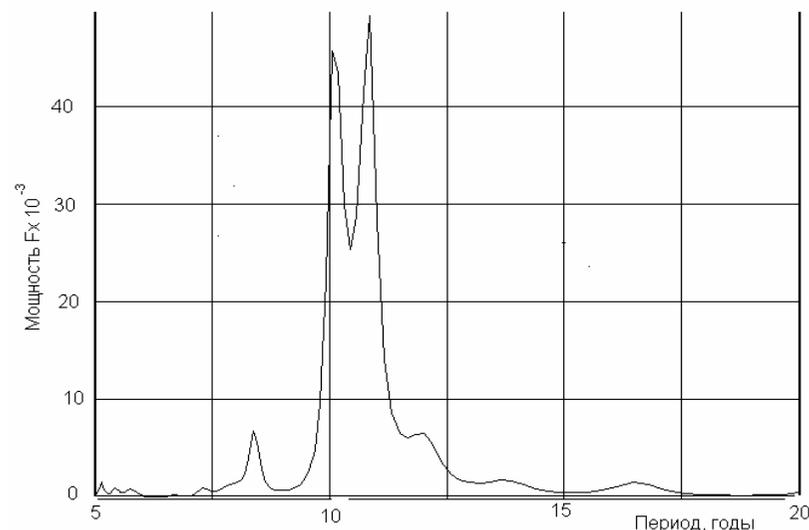


Рис. 1. Спектр ряда годовых чисел Вольфа, рассчитанные методом максимальной энтропии

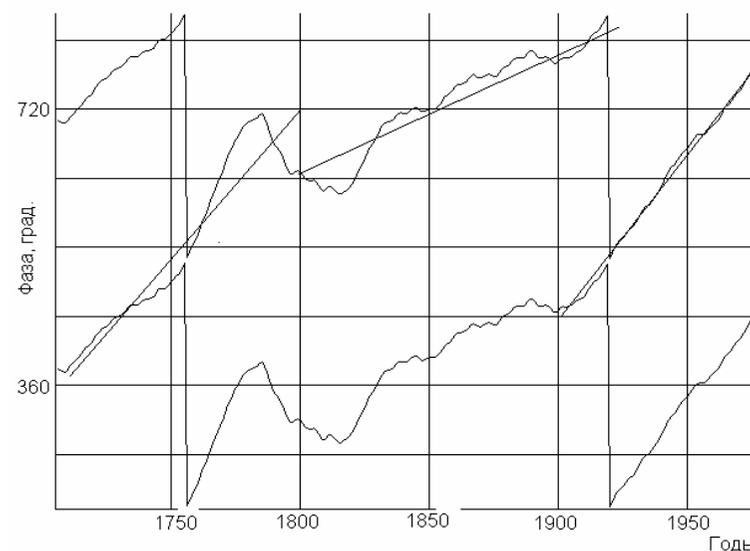


Рис.2. Изменения фазы для ряда годовых чисел Вольфа, рассчитанное методом комплексной демодуляции для опорного периода 12 лет

О ХАРАКТЕРЕ ПОТЕПЛЕНИЯ ТРОПОСФЕРЫ В РАЗНЫХ РЕГИОНАХ ЗЕМЛИ

На *рис. 2* видим, что из-за несовпадения реально наблюдаемой продолжительности циклов с выбранным опорным периодом 12 лет происходит рост фазы. Отдельные участки этой кривой можно аппроксимировать линейной функцией. Наклон прямых изменяется вблизи минимумов векового цикла. Средняя продолжительность циклов (отмечена прямыми на *рис. 2*), рассчитанная по формуле (2), в пределах ошибок совпадает со значением периодов, которые показаны на *рис. 1*.

Таким образом, появление метода комплексной демодуляции позволяет детально проследить по изменениям фазы временную динамику продолжительности 11-летних циклов. Появление в спектре ряда чисел Вольфа двух близких пиков определяется, по-видимому, изменением в годы минимума векового цикла колебательного режима динамо-механизма, что приводит к изменению длительности 11-летних циклов характерного только для данного векового цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Наука, 1986. 296 с.
2. Мордвинов А.В. Спектрально-временной анализ чисел Вольфа // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. 1988. Вып. 83. С. 134-141.
3. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М.: Мир, 1982. 428 с.
4. Чистяков В.Ф. О продолжительности «11-летних» циклов солнечных пятен // Солнечные данные. 1985. № 9. С. 59-65.

Анализ наблюдаемых рядов температуры позволил установить, что потепление, начавшееся в конце XIX в., особенно усилилось в конце XX столетия. Причину такого поведения климата некоторые исследователи объясняют антропогенным фактором, связанным с увеличением выбросов парниковых газов в атмосферу Земли в результате хозяйственной деятельности человека. Однако существенные изменения климата происходили и в более ранние времена.

По данным об изменениях среднемесячных значений температуры воздуха, взятых на сайте <http://www.giss.nasa.gov/data>, были исследованы особенности потепления воздуха в нижней тропосфере как в глобальном масштабе, так и в различных регионах Земли.

На *рис. 1* видно, что потепление тропосферы, наблюдаемое в настоящее время, определяется межвековыми колебаниями продолжительностью более 200 лет (на *рис. 1* они выделяются линейным трендом) и внутривековыми циклами продолжительностью 60–65 лет (тренд, выделенный полиномом 6-й степени). Причем на *рис. 1* хорошо видно, что амплитуда 60–65-летних колебаний годовой аномалии глобальной температуры резко возросла. Продолжительность внутривекового цикла подтверждается также и на *рис. 2*, на котором хорошо выделяется периодичность 60–65 лет как для ряда годовых значений температурной аномалии для всей Земли, так и для ряда среднегодовых значений для конкретного региона, а именно для Женевы. Отличие двух спектров *рис. 2* заключается в том, что для глобальной характеристики значительно «подавлены» короткопериодические колебания, в то время как период 60–65 лет выделяется хорошо в обоих спектрах. Т.е. 60–65-летние колебания температуры являются глобальными для всей атмосферы Земли, в то время как более короткопериодические колебания определяются также локальными особенностями. Аналогичные результаты получены в [1].