ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПО ФАЗАМ 11-ЛЕТНЕГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Крамынин А.П., Кузьменко И.В.

Институт прикладной астрономии РАН, Уссурийск, Россия

DYNAMICS OF DISTRIBUTION OF CLIMATIC PARAMETERS ON PHASES OF A 11-YEAR CYCLE OF SOLAR ACTIVITY

Kramynin A.P., Kuzmenko I.V.

Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Ussuriysk, Russia

The drift of extreme values of climatic parameters over the phases of the 11-year cycle of solar activity was found. It may be due to the difference in the duration of the climatic and solar cycles. The existence of a high correlation coefficient of 0.87 between the planetary geomagnetic index aa and changes in the amplitude of the annual temperature variation indicates that the solar wind has a significant influence on temperature changes in this frequency range.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-241-244

В настоящее время надежно установлен ряд циклов в изменениях параметров погоды. Но утверждать о наличии глобальной связи погодных параметров с 11-летним циклом солнечной активности пока трудно. Это часто связывают с региональностью и нестабильностью во времени этой связи [1]. Она может определяться как непосредственно солнечной активностью, так и процессами, которые модулируются 11-летним циклом активности, например, изменением потока частиц высоких энергий, приходящих на Землю из мирового пространства [2], или через воздействие на климат и погоду вулканической деятельности, интенсивность которой также имеет связь с 11-летним циклом активности Солнца [3].

Цель работы – разделить влияние независимых факторов, действующих на изменение погодных параметров и проследить динамику этих изменений от цикла к циклу.

Для анализа использовали среднемесячные значения приземной температуры воздуха: за период 1881–2018 гг. для Владивостока и Санкт-Петербурга, за 1911–2018 гг. п. Тимирязевский. Среднемесячные значения количества осадков за период 1936–2018 гг. для Владивостока и п. Тимирязевский [<http://www.giss.nasa.gov/data>]. В качестве индекса солнечной активности использовались значения чисел Вольфа, взятые с сайта <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar/solardataservices.html> и геомагнитный индекс Aa http://www.wdcb.ru/stp/geomag/geomagn_Kp_ap_Ap_ind.ru.html.

Чтобы разделить влияние независимых факторов и определить их вклад в общие вариации исследуемого параметра использовался метод разложения сигнала на естественные ортогональные функции (Е.О.Ф.) [4]. Разложению на Е.О.Ф. подвергались матрицы, строки которых представляли среднемесячные значения исследуемого параметра в течение года, и которые располагались по годам в виде:

$$T_{ij} = \sum V_{ki} X_{kj},$$

где T_{ij} – среднемесячные значения параметра, например температуры, в i -й год в j -ом месяце, тогда X_{kj} – k -тая координатная функция будет описывать, в нашем случае, годовой ход параметра в i -й год, а V_{ki} – сопряженная с X_{kj} временная функция будет описывать изменение амплитуды годового хода параметра со временем. Т.е. временная функция несет всю информацию об изменении во времени исследуемого параметра.

Рис. 1. Первые координатная и временная функции для температур Владивостока. Пунктир – полиномиальная аппроксимация, сплошная – линейная.

Выявлено, что температурные ряды при разложении на Е.О.Ф. быстро сходятся – достаточно трех компонентов. Причем вклад первой компоненты существенно преобладает. Например, для Владивостока ее вклад 98,3%. На рис. 1 справа наблюдается уменьшение амплитуды годового хода температуры (линейный тренд) за счет того, что в месяцы с температурой выше $T_{ср}$ (среднее по ряду) наблюдается похолодание, а в месяцы с температурой ниже $T_{ср}$ наблюдается потепление.

Вклад второй компоненты разложения небольшой – около 0,5%. Можно предположить, что 2-ой компонент разложения связан с глобальным потеплением климата, о чем говорит линейный тренд 2-ой временной функции на рис. 2. Коэффициент корреляции между первыми временными функциями для Владивостока и Санкт-Петербурга 0,92, а для вторых – 0,85, что говорит о глобальности изменений климатического параметра.

Для того чтобы выделить вариации только вблизи 11-летнего цикла солнечной активности, исходные данные были обработаны полосовым нерекурсивным цифровым фильтром с центром полосы пропускания на частоте $\approx 0,0083$ 1/месяц. Фильтрованные матрицы климатических параметров подвергались разложению на ЕОФ. Мы привязывали значения вре-

менных функций к соответствующим числам Вольфа в каждом цикле. Чтобы проследить динамику изменения исследуемого климатического параметра строились двумерные карты изолиний в координатах «фаза цикла – номер цикла» рис. 3.

Рис. 2. Вторая временная функция для температур Владивосток.

На рис. 3 справа видно, что максимальное значение изменения температуры сдвинуто на ветвь спада цикла солнечной активности. А на двумерной диаграмме отмечаем дрейф экстремальных значений температуры по фазе цикла. Похожий дрейф наблюдается также для Санкт-Петербурга и Тимирязевки, для второй временной функции рис. 4, и для осадков.

Коэффициент корреляции между изменениями T и индексом aa рис. 5 равен 0,87. Что говорит о связи изменений T с солнечным ветром.

Рис. 3. Распределение значения 1-ой временных функций по фазам 11-летнего цикла для Владивостока. Справа – усредненном по всем циклам пунктир. Слева – карты изолиний в координатах фаза цикла – номер цикла.

Рис. 4. Распределение значений 2-ой временной функции в координатах фаза цикла – номер цикла.

Рис. 5. Сравнение изменения температуры T с солнечным циклом W и геомагнитным индексом aa .

Итак, установлено, что ряды довольно быстро сходятся. Первый компонент разложения рядов температур дает вклад в дисперсию исходного ряда более 92%. В его временных изменениях выявляется долговременный тренд, который показывает уменьшение амплитуды годового хода, что связано с тем, что в месяцы с температурой выше $T_{ср}$ (среднее по ряду) наблюдается похолодание, а в месяцы с температурой ниже $T_{ср}$ наблюдается потепление. Кроме того, присутствуют другие регулярные и нерегулярные вариации параметров. Второй компонент разложения рядов температур дает вклад $\approx 0,5\%$, и, по-видимому, связан с общим долговременным потеплением климата.

В среднем наблюдается тенденция к увеличению значений температуры и количества осадков на фазе спада 11-летнего цикла солнечной активности. Однако наблюдается дрейф экстремальных значений климатических параметров по фазе 11-летнего цикла солнечной активности. Это, по-видимому, связано с различием продолжительности климатического и солнечного циклов. Наличие достаточно высокого коэффициента корреляции 0,87 между планетарным геомагнитным индексом aa и изменениями амплитуды годового хода температуры свидетельствует, что в этом диапазоне частот существенное влияние на изменения температуры оказывает солнечный ветер.

Литература

1. Пудовкин М.И., Люблич А.А. Проявление циклов солнечной и магнитной активности в вариациях температуры воздуха в Ленинграде // Геомагнетизм и аэрономия. 1989. Т. 29, № 3. С. 359–363.
2. Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И. Влияние космических лучей и космической пыли на атмосферу и климат Земли // Известия РАН, Серия Физическая. 2009. Т. 73, № 3. С. 434–436.
3. Халилов Э. Ждать ли геологических и климатических потрясений? // Экология и жизнь, 2010, 2 (99), С. 52–56.
4. Вертлиб А.Б., Копецкий М., Куклин Г.В. Опыт применения разложения по естественным ортогональным функциям некоторых индексов активности // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца: Иркутск, 1971, Вып. 2, С. 194–209.