

Гайнутдинова Р.Д.

ЭФФЕКТЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В ДОЛГОПЕРИОДНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ

R.D. Gainutdinova

EFFECTS OF SOLAR ACTIVITY IN LONG TERM CHANGES OF LOWER ATMOSPHERE TEMPERATURE

УДК: 551.510.53

Обсуждается влияние вариаций солнечной активности на долгопериодные изменения температуры нижней атмосферы. Выявлен высокий уровень корреляции между параметрами приземной температуры воздуха и солнечной активности.

Influence of variations of solar activity on long term changes of temperature of the lower atmosphere is discussed. High level of correlation between parameters of surface air temperature and solar activity is revealed.

Солнечная радиация является главным фактором, воздействующим на изменения различных параметров атмосферы, а, следовательно, происходящего глобального и регионального изменения климата [1].

В настоящее время многие специалисты считают, что изменения температуры приземной атмосферы обусловлены, главным образом, изменчивостью естественных природных факторов, в первую очередь, солнечно-земным взаимодействием, активностью Солнца и другими космофизическими факторами.

Рассмотрим влияние факторов солнечной активности на температурный режим атмосферы. Известно, что в солнечных циклах доминируют цикличности с периодами 11-13 лет, 21-23 и 35-42 года, 55-60 и 90-100 лет [2,3]. Эти периодичности указывают на связь изменений приземной температуры с вариациями солнечной активности.

Последние 60 лет характеризовались очень высоким уровнем солнечной активности за предшествующие 500 лет. С 1998 года начался спад солнечной активности и в этот период отмечался максимум потепления. Этот же период может характеризоваться как начало глобального похолодания [1].

Основная характеристика радиационного режима – это достигающая земной поверхности приходящая суммарная и прямая солнечная радиация. Эта падающая на поверхность Земли прямая солнечная радиация в основном и определяет временные вариации и неоднородность прогрева поверхности Земли. Прямая радиация существенно зависит от изменений облачности и прозрачности атмосферы, т.е. связана с динамическим фактором атмосферы.

На рис. 1 приведены фактические данные по солнечной активности – вариации параметра $F_{10.7}$, характеризующего радиоизлучение Солнца на длине

волны 10,7 см в 23-ем одиннадцатилетнем цикле и ее прогнозные характеристики в 24-ом цикле [1]. По данным вариаций параметра $F_{10.7}$ уровень активности Солнца в 24-ом цикле более чем в 1,5 раза ниже, чем в предыдущем цикле.

Рассмотрим связь долгопериодных вариаций приземной температуры с вековыми колебаниями солнечной активности. На рис. 2 приведены вариации выделенной вековой составляющей солнечной активности в числах Вольфа и приземной температуры за холодное полугодие по данным метеостанции Бишкек за период с 1935 по 2011 гг. после исключения из них составляющих с периодами менее 11 лет и прогноз до 2025 года. Из рисунка видно, что максимумы амплитуд в вариациях солнечной активности опережают максимумы в амплитудах периодических составляющих температуры на 2,5-3,0 года [4].

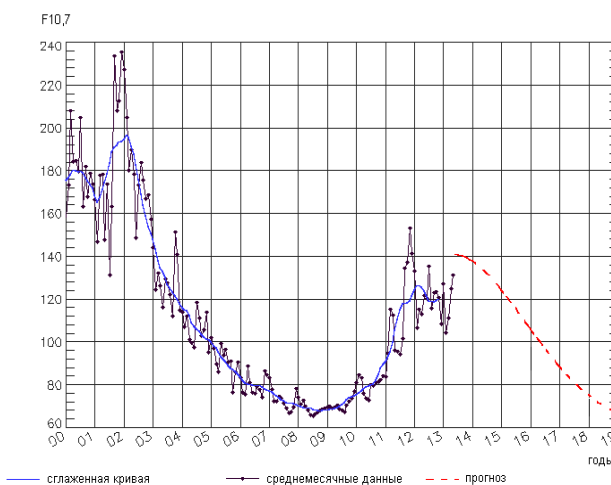


Рис. 1. Одиннадцатилетние вариации параметра солнечной активности $F_{10.7}$ в 23-ем цикле и прогноз на 24-ый цикл

Из этих исследуемых данных рядов температуры воздуха и прямой солнечной радиации методом скользящего осреднения была исключена 11-летняя составляющая. Из рис. 2 виден хороший уровень корреляции между этими характеристиками.

Для анализа связи климатических вариаций приземной температуры воздуха с параметрами солнечной активности были проведены расчеты коэффициента корреляции между анализируемыми характеристиками. Расчеты показали, что коэффи-

коэффициент корреляции между ними равен 0,82. Высокий уровень корреляции свидетельствует о тесной связи анализируемых параметров приземной температуры воздуха с солнечной активностью. Расчеты коэффициента корреляции со смещением по времени между вековой составляющей солнечной активности и аномалиями приземной температуры воздуха в холодный период по данным метеостанции Бишкек показали, что максимум корреляции достигается через три года.

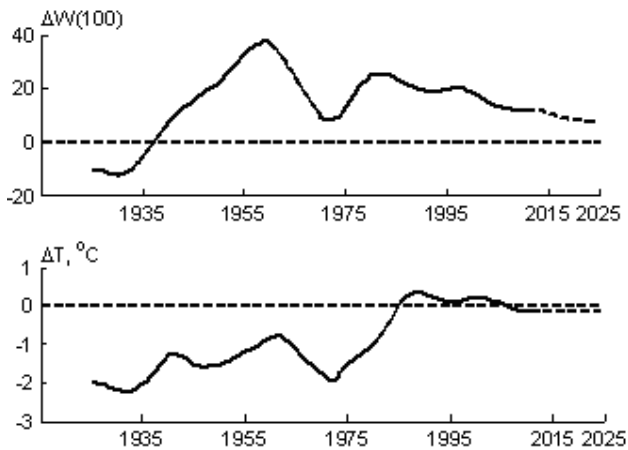


Рис. 2. Отклонения вариаций вековой составляющей солнечной активности ΔW и среднепериодных значений приземной температуры ΔT за холодное полугодие (Бишкек)

Таким образом, крупномасштабные изменения и рост приземной температуры происходят с запаздыванием на два-три года относительно максимумов в вариациях солнечной активности. Это позволяет утверждать о существовании пространственно-временной корреляции между вариациями метеопараметров нижней атмосферы и ходом циклов солнечной активности [1]. Уровень корреляции между солнечной активностью и приземной температурой для нашего региона аналогичен величинам, полученным в работах [5,6].

Влияние солнечной активности на состояние температурного режима нижней атмосферы – одна из актуальных проблем современной геофизики и требует детального физико-статистического анализа экспериментальных данных с применением современного математического аппарата.

В последние годы широкое распространение получило вейвлет-преобразование временных рядов рассматриваемых величин [7]. В отличие от преобразования Фурье, вейвлет-преобразование имеет самонастраивающееся подвижное частотно-временное окно и хорошо выявляет как низкочастотные, так и высокочастотные характеристики сигнала на разных временных масштабах. Преимущество последнего метода заключается в быстром Фурье анализе без осреднения выделяемых частот по всему

ряду с детальным, микроскопическим анализом на скейлограммах, как в длинноволновой, так и короткопериодной части спектра.

По сравнению с разложением сигналов на ряды Фурье, вейвлеты способны с гораздо более высокой точностью представлять локальные особенности температурных изменений. Одно из главных преимуществ этого метода заключается в том, что он дает достоверные результаты при анализе нестационарных рядов, какими являются ряды приземной температуры на интервалах более 26-30 лет. Помимо этого он дает двумерную развертку одномерного процесса [7], когда частота ω и время t – независимые переменные, что позволяет анализировать сигнал сразу в двух пространствах :

$$\varphi(t) = e^{-\beta t} e^{-j\omega t} = e^{-\beta t} (\cos \omega t - j \sin \omega t).$$

Для анализа данных температурных рядов использовался непрерывный вейвлет анализ, позволяющий детально анализировать на скейлограммах весь временной спектр частот – от высоких частот более мелкого масштаба до низкочастотных колебаний, имеющих более крупный масштаб.

Рассмотрим результаты вейвлет-преобразования, примененного к временным рядам параметра солнечной активности $F_{10.7}$ и приземной среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанции Бишкек. Данные измерений по МС Бишкек, представленные для обработки, взяты с 1927 г. Были рассчитаны отклонения температуры от линейной регрессии $\Delta T_i(t)$, из которых исключен средний многолетний тренд по данным МС Бишкек. Для вейвлет-преобразования использовались аномалии среднегодовых температур $\Delta T_i(t)$ за вычетом температурного тренда T_{mp} , вычисленного методом наименьших квадратов.

В качестве параметра солнечной активности были также выбраны числа Вольфа, характеризующие число солнечных пятен и четко отражающие 11-летние циклы изменений солнечной активности. К этим рядам температур и солнечной активности было применено непрерывное вейвлет-преобразование.

На рис. 3 (а,б) приведены результаты расчетов частотного состава исходных рядов $\Delta T_i(t)$ по данным МС Бишкек, а также параметра солнечной активности $F_{10.7}$, выполненные методом непрерывного вейвлет-преобразования. Из полученных частотных составляющих выделены общие периодичности, присутствующие одновременно в этих рядах и определяемые с уровнем доверительной вероятности $P \geq 0,95$, с периодами 11-12 лет, 20-22 года, 35-40 лет, 50-55 лет и 90-95 лет.

Анализ скейлограмм вейвлет-преобразования этих данных показывает, что в вариациях температуры с вероятностью $P > 0,87$ выделяются пики, соответствующие периодам 2,8-3,0; 5,0-5,5; 8,0; 11-

12; 16-18; 21-23; 25-27; 35-37; 40-43; 49-52; 85-95. Практически те же периодичности выделяются и в спектрах вариаций солнечной активности.

Из рис. 3 (а,б) видно, что основная часть спектра представлена периодами от 11-летних до 40-летних колебаний. Особенностью результатов, полученных с помощью вейвлет-преобразований этих данных, является изменение амплитуды выделенных периодичностей вдоль всего рассматриваемого ряда.

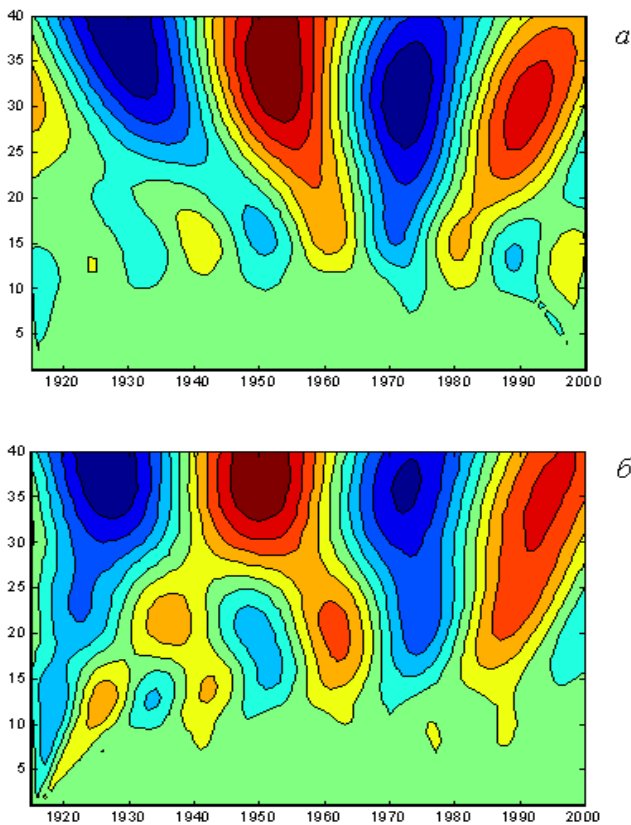


Рис. 3. Скейлограммы вейвлет-преобразования рядов параметра солнечной активности $F_{10.7}$ (а) и

приземной температуры по данным МС Бишкек (б)

Полученные результаты свидетельствуют о реально существующей связи изменений температуры нижней атмосферы с вариациями солнечной активности над средне- и высокогорьем Кыргызстана, расположенного в центральной части Центральноазиатского региона [8].

Список литературы

1. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Вариации солнечной постоянной и температурный режим нижней атмосферы // Доклады НАН КР, №1, 2014, с. 38-43.
2. Витинский Ю.И., Оль А.И., Сазонов Б.И. Солнце и атмосфера Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1979, 350 с.
3. Чистяков Ф.О. О структуре вековых циклов солнечной активности. – В кн.: Солнечная активность и ее влияние на землю, Владивосток: Дальнаука, 1996, с. 98-105.
4. Каримов К.А. Жунушова Г.Ш. Характеристики нижней атмосферы над Кыргызстаном и их связь с солнечной активностью – Бишкек: «Алтын Принт», 2011, 160 с.
5. Karimov, K.A. Atmospheric mechanisms of admixters transfer above Central Asia region: methods of control and results of monitoring. Invited Paper – Proceedings of SPIE/ International Conference on Lasers, Applications and Technologies 2005 – USA, 2006, Vol. 6284, 628403.
6. Морозова А. Л., Пудовкин М. И. Климат Центральной Европы XVI-XX вв. и вариации солнечной активности. // Геомагнетизм и аэрономия, 2000, т. 40, № 6, с. 68-75.
7. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеров применения. // Успехи физических наук, 1996, т. 166, №11.
8. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Основные факторы изменения регионального климата в Центральной Азии – Труды Междунар. симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», Томск, Изд-во ИОА СО РАН, 2013, с. 12-16.

Рецензент: д. ф-м. н., профессор Макаров В.П.