

МУЛЬТИДЕКАДНЫЕ ВАРИАЦИИ В СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И КЛИМАТЕ ЗЕМЛИ

Птицына Н.Г., Демина И.М.

Санкт-Петербургский Филиал ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия

MULTIDECADAL VARIATIONS IN SOLAR ACTIVITY AND THE EARTH'S CLIMATE

Ptitsyna N.G., Demina I.M.

SPbF IZMIRAN, Saint-Petersburg, Russia

In this work, the variability of solar activity, climatic indices and the Earth's magnetic field in the range of periods of 20–70 years was studied by the wavelet method. For this purpose, the instrumental series of the number of sunspots SN in 1700–2020, data on global temperature anomalies in the Earth's climate in 1880–2020, as well as the H and Z-components of the Earth's magnetic field measured in magnetic observatories of different latitudes were used. In the SN, there is a 30–40-year variation, in the climatic indices it is 60- and 20-year; and the 30–40-year variation appears after 1970. In the spectra of the Earth's magnetic field, secular variations with a period of ~60 years are visible, as well as components characteristic of solar activity.

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2024-253-256>

Введение

Солнце является источником энергии для климатической системы Земли. Климат Земли изменяется в широких пределах от нескольких до миллионов лет. Солнечная активность (СА) также подвержена квазипериодическим колебаниям, самый известный и стабильный из которых – это 11-летний цикл Швабе. Кроме того, широко изучены 22-летний цикл Хейла, ~100 цикл Глейсберга и ~200 летний цикл Зюсса. Менее изученным является диапазон периодов между циклом Хейла и циклом Глейсберга. В статье [1] выделена 30–40-летняя вариация в реконструированных числах SN в 1000–1700 гг., которая могла бы быть соотнесена с климатическим циклом Брюкнера. В данной работе исследована вариабельность СА, климатических индексов и вариаций магнитного поля Земли в диапазоне периодов 22–70 лет в эпоху прямых наблюдательных данных. Мы использовали инструментальный ряд числа солнечных пятен SN в 1700–2020 гг., данные о глобальных температурных аномалиях (индекс C) в климате Земли по инструментальным измерениям в 1880–2020 гг., а также H и Z-компоненты магнитного поля Земли МПЗ, измеренные в разноширотных магнитных обсерваториях Arti, Coimbra, Alibag в 1840–2020 гг.

Наблюдательный ряд SN

На рисунке 1 показан исходный ряд годовых значений SN (серым цветом) и ряд, сглаженный окном в 12 лет (черным цветом).

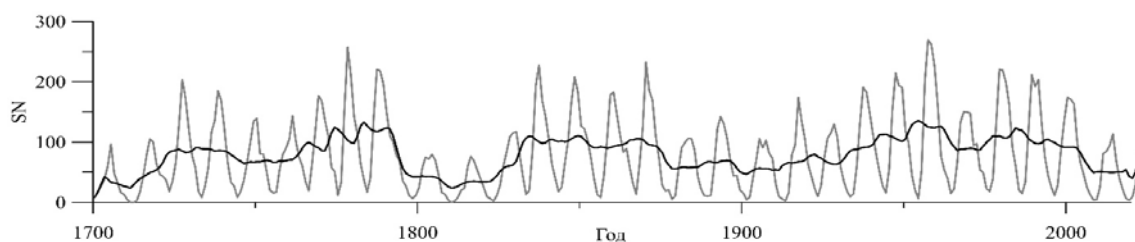


Рис. 1. Ряд числа солнечных пятен SN .

Далее было вычислено вейвлет преобразование Морле сглаженного ряда. На рисунке 2 представлено изменение модуля вейвлет коэффициентов, масштабы пересчитаны в периоды. Символами отмечены максимумы, которые мы отнесли к 30 и 40-летним составляющим.

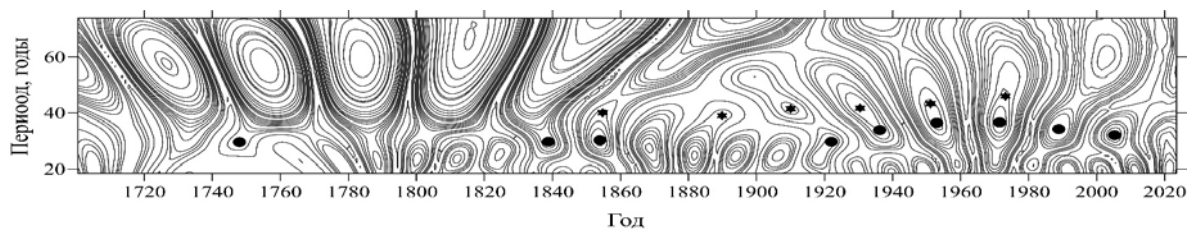


Рис. 2. Вейвлет-спектр ряда SN .

Можно видеть, что в вейвлет спектре SN в период 1700–1830 гг. доминирует 60-летняя вариация, на фоне которой более коротковолновые близкие периоды не выделяются, но со смещением доминанты спектра около 1900 г. в более длинноволновую область начинают отчетливо выделяться 30-летние и 40-летние периоды.

Температурный индекс C (разность температур суша–океан dT)

Использованы данные по dT для всей акватории (а) и только по Атлантическому океану (б). Был вычтен тренд и затем вычислено вейвлет преобразование остатка. Результат показан на рис. 3 (верхние панели – данные, нижние панели – вейвлет спектр).

В вейвлет спектре температурного индекса четко доминирует около 60-летняя составляющая на всем рассматриваемом временном интервале, а также хорошо заметна 20-летняя; 30–40-летняя вариация видна только после 1970 года в индексе для акватории в целом, но не для Атлантического океана, где можно предполагать присутствие таких составляющих в период с 1860–1910 гг. Обращает на себя внимание тот факт, что в солнечной активности в этот интервал времени 60-летняя составляющая уже отсутствует.

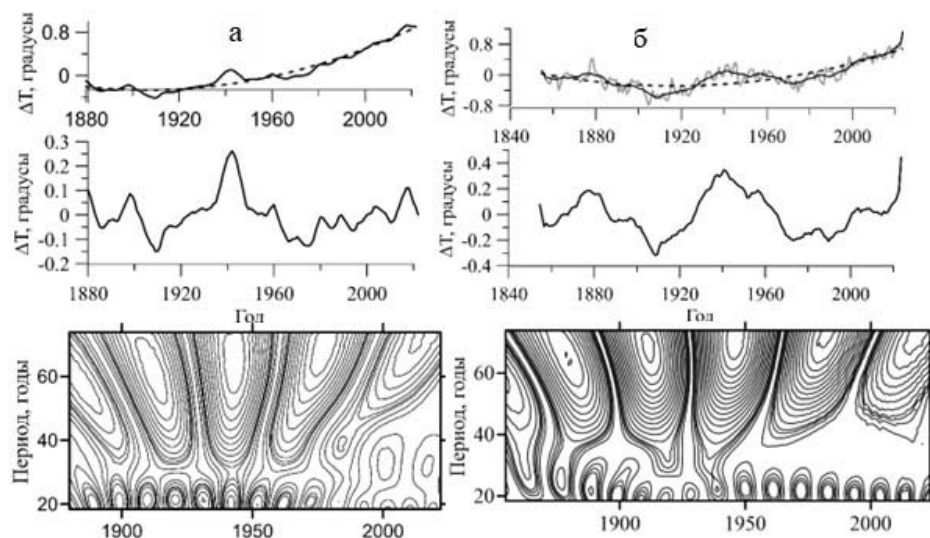


Рис. 3. Временные изменения и вейвлет-спектр температурного индекса.

Анализ данных магнитных обсерваторий

Рассматривалось изменение среднегодовых значений компонент Z и H в магнитных обсерваториях. Две обсерватории расположены в средних широтах – ARTI (рис. 4) и Coimbra (рис. 5), и обсерватория, расположенная в приэкваториальной зоне – Alibag (рис. 6). Основным критерий выбора состоял в длине и однородности данных. Из среднегодовых значений был вычтен тренд (показан пунктиром) и для остатков (показаны жирной линией) вычислено вейвлет преобразование Морле.

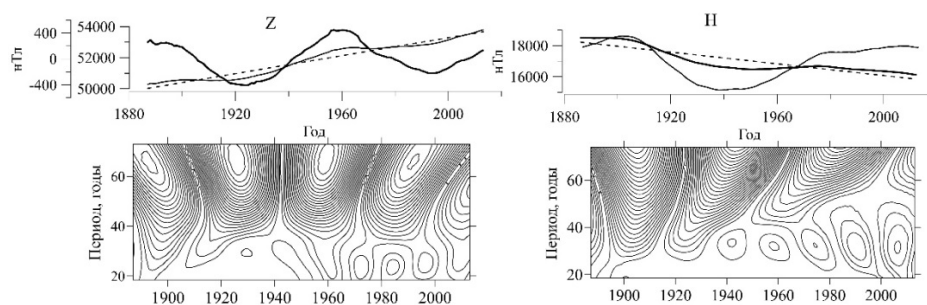


Рис. 4. Обсерватория ARTI, широта 56.43° , долгота 58.57° .

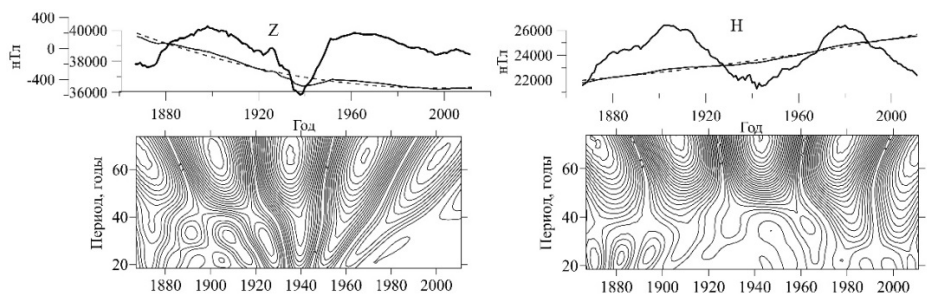


Рис. 5. Обсерватория COIMBRA, широта 40.22° , долгота -8.42° .

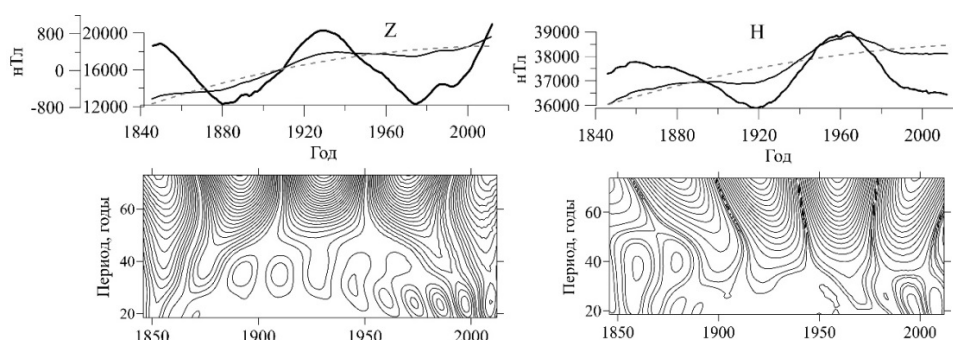


Рис. 6. Обсерватория ALIBAG, широта 18.62° , долгота 72.88° .

В изменениях компонент МПЗ проявляются, в первую очередь, вариации главного поля (ГМПЗ), связанные с внутренними источниками. В частности, это 60-летние вариации, которые хорошо видны в вейвлет спектре Z-компоненты среднеширотных обсерваторий (рис. 4 и 5), но отсутствуют в СА в этот период времени. С влиянием СА может быть связано наличие 30–40-летних составляющих, поскольку вариации ГМПЗ с такими периодами фильтруются проводящей мантией. В H-компоненте всех обсерваторий и в Z-компоненте обсерватории Alibag присутствуют периоды, длина которых превышает 70 лет. Эти периоды не могут быть выделены в силу недостаточной длины ряда, но характер изменения вейвлет спектра позволяет предполагать их присутствие. Эти составляющие соответствуют вариациям цикла Глейсберга в СА.

Отметим присутствия 60-летних вариаций и в магнитных вариациях, и в изменении климатического индекса С. Скорее всего вариации последнего связаны с проявлением опосредованного влияния на климат процессов, протекающих в жидком ядре.

Заключение

Получено, что в изменении климатических параметров наблюдаются периодические составляющие, присущие как вейвлет спектрам СА, так и спектрам МПЗ. Мы предполагаем, что МПЗ может оказывать влияние на климат через космические лучи КЛ. Частицы КЛ ответственны за ионизацию атмосферы и продукцию озона, который играет значительную роль в климатических вариациях [2]. В свою очередь, изменение потока КЛ, с одной стороны зависит от изменений СА, а с другой стороны, модулируется МПЗ. Однако ответ на вопрос о влиянии СА на вариации климата и о возможном вкладе в этот процесс МПЗ как медиатора требует дальнейших исследований.

Литература

1. Птицына Н.Г., Демина И.М. // Геомагнетизм и Аэрономия. 2024. Т. 64. № 2. С. 217–229.
2. Kilifarska N. // Bulgar. J. Phys. 2021. V. 47. P. 4–13.