ВАРИАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ГЛАВНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ВО ВТОРОМ ТЫСЯЧЕЛЕТИИ Н.Э.

Демина И.М., Птицына Н.Г.

*Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (СПбФ ИЗМИРАН),
Санкт-Петербург, Россия*

VARIATIONS OF THE SOLAR ACTIVITY AND MAIN MAGNETIC FIELD OF THE EARTH IN THE SECOND MILLENNIUM C.E.

Demina I.M., Ptitsyna N.G.

St-Petersburg Filial of IZMIRAN, St. Petersburg, Russia

We studied variations of sunspot numbers SN reconstructed from observed number of auroras N in 1000–1700. Taking into account the shielding effect of the magnetic dipole MM on the charged particles of the solar wind that cause auroras has made a significant contribution to the ratio of the main periods. Compared to the N spectrum, the SN spectrum shows a redistribution of maxima in favor of increasing the power of components close to the Gleisberg cycles – periods of 92, 119 and 155 years. The patterns of 11-year cyclicity in 1000–1900 were obtained.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-131-134

1. Введение

Считается, что вариации солнечной активности (СА) указывают на соответствующие вариации солнечного динамо. Однако при реконструкции СА назад на шкалу тысячелетий используются индикаторы СА, которые явно или неявно зависят от изменений климата, геомагнитного поля и других факторов внесолнечного происхождения. Неучет этих факторов может ошибочно интерпретироваться как наличие (или отсутствие) вариаций в характеристиках солнечного динамо и гелиосферы. При изучении вариаций в числе солнечных пятен SN в 1000–1700 гг., реконструированных из числа наблюдаемых среднеширотных полярных сияний N , мы учитывали экранирующее влияние магнитного диполя MM на заряженные частицы солнечного ветра, которые вызывают сияния.

2. Методы и данные

Метод реконструкции описан в [1]. Реконструкция SN в 1000–1700 гг. [2] учитывает влияние геомагнитного диполя MM , который представлен археомоделью ARCH3k.1 [3]. Реконструированный ряд SN , который мы использовали для анализа вариаций, показан на рис. 1. Очевидно, что временной ряд SN представляет собой не стационарный процесс и тем более не гармонический сигнал, поэтому в отношении его вариаций можно говорить только об основных средних периодичностях. Для получения оценок

коротковолновых составляющих сначала была выделена длинноволновая часть с помощью сглаживающих кубических сплайнов. Далее анализ проводился для каждой из составляющих отдельно. Осредненные оценки основных периодов получены интегральным преобразованием Фурье. Значимость составляющих оценивалась корреляционным анализом.

Рис. 1. Временной ряд реконструированного числа солнечных пятен SN вместе с ошибкой (серая полоса), а также изменения магнитного диполя MM по *ARCH3k* [3].

3. Результаты

Полученные периодограммы представлены на рис. 2 для длинноволновых составляющих (50–300 лет), и на рис. 3 – для коротковолновых (5–30 лет).

Рис. 2. Периодограммы характеристик СА в 1000–1700 гг. Черная линия – наша реконструкция SN ; серая – число полярных сияний на средних и низких широтах N ; штриховая – реконструкция SN на основе данных о радионуклидах [4]. Цифры – периоды соответствующих максимумов.

Длинноволновая часть. В спектрах нашей реконструкции SN доминирует период 227 лет (около-200-летний цикл Зюсса/де Врие), а также группа периодов семейства Гляйсберга – основной 119 лет, 155 лет и 92 года. В рядах N полярных сияний доминирует вариация с периодом 230 лет, а

мощность периодов Гляйсберга, которые также присутствуют в спектре (158, 125, 96 лет), гораздо меньше. Т.о., за счет учета MM в спектре SN происходит перераспределение значений в максимумах в пользу увеличения мощности составляющих от 90 до 170 лет. При этом наблюдается хорошее согласие с периодами ряда SN , полученного по данным о радиоуглероде в кольцах деревьев и ^{10}Be в полярных льдах [4].

Коротковолновая часть: эволюция в 1000–1900 гг. Как видно из рис. 1, коротковолновые составляющие заметно меняются во времени, поэтому их периодограммы были рассчитаны в скользящем окне (рис. 3). На рис. 3 видно доминирование 11-летнего цикла СА. Амплитуда цикла демонстрирует вариации, которые повторяют известное чередование продолженных максимумов и минимумов СА (минимумы Оорта, Вольфа, Шперера и Маундера). Чтобы снизить влияние этого чередования, была введена нормировка на средний квадрат амплитуды сигнала для каждого среза (рис. 3б). Более подробно изменения в структуре периодичностей представлены на рис. 4. для более короткого двухсотлетнего периода.

Рис. 3. Эволюция спектральных составляющих SN во времени (1000–1900 гг.). Слева – единая нормировка, справа – нормировка на амплитуду каждого среза.

Рис. 4. Динамика короткопериодных циклов SN в 1500–1700 гг.

Период 1500–1700 гг. содержит максимум СА (~1570–1610 гг.) и минимум Маундера (1645–1705 гг.). В максимуме СА видно наличие четкого 11-летнего и 22-летнего циклов. В минимуме Маундера 11-летний цикл

раздваивается и вырождается. Выраженный 11-летний цикл вновь появляется в конце 17 в. (рис. 3). Период 22-летнего цикла в минимуме Маундера становится плавающим, удлиняется до 30 лет, а также уменьшается по амплитуде.

4. Заключение

В длинноволновой части спектра SN (50–300 лет) анализ выявил пик в 227 лет, близкий к около-200-летнему периоду Зюсса, а также периоды в 92, 119 и 155 лет, принадлежащие семейству около-100-летних циклов Гляйсберга. По сравнению со спектром N , в спектре SN видно перераспределение значений в максимумах в пользу увеличения мощности составляющих 90–170 лет.

В коротковолновой части спектра SN (5–30 лет) доминирует выявленный ранее 11-летний цикл и несколько менее явственный 22-летний. Эти циклы в 1000–1700 гг. претерпевают эволюцию по мере периодического увеличения и уменьшения СА. В период минимума Маундера 11-летний цикл раздваивается и вырождается. В конце 17 в. режим возвращается к упорядоченности – генерации 11-летнего цикла.

Можно заключить, что во втором тысячелетии н.э. исключение экранирующего влияния геомагнитного экрана на частицы солнечного ветра, вызывающие сияния, внесло существенный вклад в соотношение основных периодов в реконструированном ряде SN , полученном на основе ежегодного числа полярных сияний N .

Литература

1. Птицына Н.Г., Демина И.М., Тясто М.И. Вариации авроральной активности и главного магнитного поля Земли за триста лет (1600–1909 гг.) // Геомагнетизм и Аэрономия. Т. 58. № 6. С. 818–827. 2018.
2. Птицына Н.Г., Демина И.М. Новая реконструкция солнечной активности в 1000–1700 гг. XXIII Всероссийская конф. Солнечная и солнечно-земная физика. 2019. 7 – 11 октября 2019 г. СПб. 2019.
3. Donadini F., Korte M. and Constable C. Geomagnetic Field for 0-3ka: 1. New Data Sets for Global Modeling // *Geochem. Geophys. Geosys.* V. 10. 2009.
4. Steinhilber F., Abreu J.A., Beer J., et al. 9400 year cosmogenic isotope data and solar activity reconstruction. IGBP PAGES/WDC Paleoclimat. Data. Contr. Ser. # 2012-040. NOAA/NCDC Paleoclimat. Program Boulder CO, USA. 2012.