ЦИКЛИЧНОСТЬ КОСМИЧЕСКОГО КЛИМАТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 1000 ЛЕТ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ

Птицына Н.Г., Демина И.М.

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

THE CYCLICITY OF THE COSMIC CLIMATE OVER THE PAST 1000 YEARS, TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF THE EARTH'S MAGNETIC MOMENT

Ptitsyna N.G., Demina I.M.

Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio Wave Propagation, St. Petersburg Branch, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

We studied the cyclicity of the number of sunspots SN , the number of auroras N and the magnetic moment of the Earth's MM for the period 1000–2000. The SN reconstructed based on the data of our catalogue of N . Taking into account the shielding effect of the magnetic dipole moment MM on the charged particles of the solar wind that cause auroras has made a significant contribution to the ratio of the main periods. In the original N spectrum, the most powerful was the Suess cycle, the intensity of Gleisberg's mode with periods around 100 years was much less. In the SN spectrum due to the MM impact there are two dominant components: the near-century cycle of Gleisberg, consisting of two modes with periods of 60–80 and 90–140 years, and about two-century cycle of Suess. Longwave amplitude and frequency modulation of the Gleisberg and Suess cycles with periods from 1300 to 1700 years have been detected. For Gleisberg cycles, frequency modulation with a period of 216 years, i.e. modulation of Gleisberg cycles by Suess cycle, has also been identified in the SN spectrum.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-369-372

1. Введение

Под термином «космическая погода» понимается вся совокупность электромагнитных процессов на Солнце, в межпланетной среде и околоземном пространстве, то есть солнечная, межпланетная и геомагнитная активность, влияющая на естественную и искусственную среду обитания человека. Обитание человека в естественной среде на длительных временах связано с понятием космического климата. Наиболее характерным свойством солнечной, межпланетной и геомагнитной активности является их цикличность.

В нашей работе в качестве основных элементов космического климата рассматриваются полярные сияния, тесно связанные с геомагнитной активностью, и солнечная активность, представленная числом солнечных пятен SN , реконструированная на базе нашего каталога числа полярных сияний N . Поскольку на космические частицы, вызывающие полярные сияния,

воздействует магнитное поле Земли, создающее геомагнитный экран, то магнитный момент Земли MM мы будем рассматривать как дополнительный элемент космического климата. Мы исследуем цикличность космического климата на временной шкале от 1000 до 2000 г.

2. Данные и метод исследования

Использованы данные следующих временных рядов:

(1) полярные сияния N на средних и низких широтах для периода 1000–1700 гг. [1];

(2) изменение величины магнитного момента аксиального геомагнитного диполя MM , вычисленного по археомагнитной модели *ARCH3k*, с 1000 г. до н.э. до 1990 г. н.э.) [2];

(3) новый реконструированный ряд SN , полученный на основе данных о полярных сияниях и MM в 1000–1700 гг. [1] (4) данные *SNWDC-SILSO*, версия 2.0, 1700–2000 гг.

Для анализа наших временных рядов мы использовали вейвлет анализ.

3. Результаты

На рис. 1, 2 представлены результаты вейвлет анализа рядов N , SN , MM .

Рис. 1. Временной ряд элементов космического климата и их вейвлет анализ. Слева: MM и его вейвлет преобразование на разных масштабах. а – изменение MM во времени; б, в и г – вейвлет коэффициенты ряда MM . Справа: Коэффициенты вейвлет анализа. а – ряд N , б – ряд MM , в – ряд SN . Символами отмечены локальные максимумы.

На рис. 1 отчетливо видно, что во временных вариациях 3000 летнего ряда MM все так же присутствуют периодичности, превышающие его длину (~3000 лет). Но также отчетливо выделяются 1200-летние и 600–700-

летние периодичности, которые для анализируемого нами ряда представляют собой длинноволновый тренд. Уверенно выделяется ~200–250-летняя составляющая, а также несколько менее стабильные 100–130 летние моды.

Для числа полярных сияний N (1000–1700 гг.) характерно доминирование ~200 летних периодичностей: 210–227 лет до 1500 г. и 193–197 лет – после 1550 г. В вейвлет-спектре N видны также ~100-летние периодичности, т.е. цикл Глейсберга. Однако их интенсивность значительно уступает интенсивности ~200-летнего цикла Зюсса.

Рис. 2. Вариации космического климата и модуляция их амплитуды и частоты длинноволновыми процессами. Слева: Вариации SN в 1000–2000 гг. Сплошная линия – реконструированный ряд SN , пунктирная линия – наблюдательный ряд SN , 3D поверхность – вейвлет-коэффициенты. Символы – выраженные максимумы спектра. Справа: Модуляция амплитуд и периодов циклов Зюсса и Глейсберга. Символы – полученные значения, сплошная линия – аппроксимация суммой синусоид.

Для сравнения вейвлет-спектров реконструированных и наблюдательных данных временной ряд нашей реконструкции SN в 1000–1700 гг. был дополнен данными прямых телескопических наблюдений для 1700–2000 гг. Этот синтетический ряд представлен на рис. 2 (слева) на временной шкале 1000–2000 гг.

В спектре SN получено наличие двух доминирующих составляющих: околосекулярного цикла Глейсберга, состоящего из двух мод с периодами 60–80 и 90–140 лет и околосекулярного цикла Зюсса. Учет вклада ММ существенно изменил соотношение амплитуд циклов Глейсберга и Зюсса, увеличив интенсивность околосекулярной составляющей по сравнению с исходным спектром N .

Из рис. 2 (правая панель) видно, что для всех циклов наблюдается одинаковая амплитудная модуляция длиннопериодным процессом, длина которого $\sim 1500\text{--}1700$ лет. Аналогичная длинноволновая составляющая наблюдается и в изменении периодов. Кроме того, для 80-летней ветви цикла Глейсберга отчетливо, а для 100-летней – при аппроксимации синусоидами, прослеживается частотная модуляция процессом с периодом ~ 216 лет, т.е. циклом Жюсса.

4. Заключение

В некоторые исторические эпохи вклад ММ в вариации солнечной активности, реконструированной с использованием косвенных данных, зависящих от магнитного поля Земли, мог быть гораздо более значительным, чем во время рассматриваемого интервала времени, в 1000–1700 гг. Поэтому аккуратное исследование и учет этого вклада в различные исторические эпохи представляет актуальную задачу, особенно принимая во внимание многочисленные попытки, которые предпринимаются в последнее время, по поиску распределения на временной шкале экстремальных «больших минимумов» и «больших максимумов», а также по получению долгосрочных прогнозов СА на основе ее цикличности.

Литература

1. *Птицына Н.Г., Демина И.М.* Реконструкция солнечной активности в 1000-1700 гг. по данным о полярных сияниях с учетом вклада главного магнитного поля Земли // Геомагнетизм и Аэрономия. Т. 60. С. 515-527.
2. *Donadini F., Korte M., Constable C.* Geomagnetic field for 0-3ka: 1. New data sets for global modeling // *Geochem. Geophys. Geosys.* V. 10. Q06007.