ВАРИАЦИИ ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В РИТМАХ ОЗЕРНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ГЛИН ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА

Тясто М.И.¹, Дергачев В.А.², Дмитриев П.Б.²

¹Санкт-Петербургский филиал ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

VARIATIONS OF SOLAR ACTIVITY CYCLES IN THE LACUSTRINE RIBBON CLAY RHYTHMS OF THE LATE PLEISTOCENE

Tyasto M.I.¹, Dergachev V.A.², Dmitriev P.B.²

¹IZMIRAN, St. Petersburg Branch, St. Petersburg, Russia

²A.F. Ioffe Physical-Technical Institute, St. Petersburg, Russia

To study the nature of possible changes in solar activity during the far transitional climatic period of the late Dryas cold snap, two lacustrine ribbon clay samples were studied, one of which belongs to the period of this cold snap (sample of lake Meerfelder Maar, Western Germany, 12878–11636 years BP), and the other before it (sample of lake Hitchcock, New England, 17500–13500 years BP).

Using the method of constructing a combined spectral periodogram, the cyclic structures of these two ribbon clay samples were found that can be attributed to modern cycles of solar activity: the Schwabe, Hale, Bruckner, Gleisberg, and Suess-de Vries cycles. Special attention was paid to the study the period variations of the revealed quasi-periodic components before and during the late Dryas cooling by constructing a sample estimate of the normalized spectral density of the studied data in a sliding time window of up to one thousand years.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-293-296

Введение

Похолодание позднего Дриаса (ППД) около 12700 лет назад – одно из самых резких изменений климата, обнаруженных в палеоклиматических данных северного полушария Земли. В подобных случаях ленточные глины – слоистые отложения приледниковых озер – идеально подходят для изучения динамики таких резких климатических изменений. Эти глины состоят из многократно повторяющихся, ежегодно оседающих тонких слоев ледниковой мути, которая содержит летом в основном тонкозернистый песчаный материал, а зимой – глинистый [1]. По толщине таких пар годовичных отложений (так называемых варвов), мощность которых обычно меньше 1 мм, но иногда достигает и нескольких сантиметров, можно судить об интенсивности таяния ледника, а тем самым, об изменении климата в то далекое доисторическое время. Благодаря исследованиям чередования годовичных пар слоев (ритмов) многочисленных образцов ленточных глин (кернов озерных донных отложений), в их структурах были обнару-

жены цикличности, указывающие на возможную связь этих ритмов с солнечной активностью [2].

Поэтому в настоящей работе для изучения характера возможного изменения солнечной активности в тот далекий переходный климатический период резкого похолодания позднего Дриаса были исследованы два образца ленточных глин, один из которых относится к периоду этого похолодания – образец озера Meerfelder Maar, Western Germany, 12878–11636 лет BP [3], а другой до него – образец озера Hitchcock, New England, 17500–13500 лет BP [4].

Исходные данные

Исследуемые временные ряды представляют собой измерения толщины ежегодных слоев донных отложений кернов озер: Hitchcock, New England (рис.1а) и Meerfelder Maar, Western Germany (рис.1б). Первый ряд данных состоит из пяти образцов донных отложений, взятых в различных местах озера, значения толщины слоев которых, измеренные в см, были прологарифмированы, чтобы устранить собственные тренды кернов, а затем приведены к математическому ожиданию, равному нулю, и дисперсии, равной единице. Эти операции позволили получить непрерывный погодичный временной ряд длительностью 4000 лет [4]. Второй временной ряд представляет собой измеренные в мм толщины годовых слоев донных отложений озера одного керна, который охватывает интервал времени 1242 года [3]. Данные доступны в сети интернет [5, 6].

Рис. 1. Значения толщины слоёв ежегодных донных отложений ленточных глин двух образцов, которые относятся к периоду похолодания позднего Дриаса (около 12700 лет тому назад): а – озера Hitchcock, New England, 17500–13500 лет BP; б – озера Meerfelder Maar, Western Germany, 12878-11636 лет BP.

Метод и результаты обработки данных

Для изучения ритмов ленточных глин с целью выявления в них периодов квазипериодических компонентов был применен модифицированный метод спектрального анализа – построение комбинированной спектральной периодограммы (КСП), где выборочная оценка нормированной спектральной плотности (ВОНСП) [7] для исходного временного ряда и его нескольких высокочастотных компонентов (ВЧК), отфильтрованных при помощи высокочастотного фильтра [8] с заданными значениями частоты среза фильтра на половине мощности сигнала (которым во временной области соответствуют значения 7, 17, 31, 59, 83 и 127 лет), вычисляется в зависимости от «пробного» периода. Затем все эти оценки накладываются друг на друга на одном и том же поле графика, образуя КСП. Более полно метод изложен в работе [9].

Результат обработки исходных данных выше упомянутым методом, а именно: КСП образцов ленточных глин и значения выявленных квазипериодов их ритмов, приведен на верхних панелях рис. 2 и рис. 3 (черные линии и цифры). Для сравнения совпадения выявленных циклов ритмов ленточных глин и циклов СА, известных в настоящее время, была смоделирована последовательность абстрактного погодичного индекса СА длительностью тысяча точек (1000 лет), содержащая все основные известные на данный момент времени циклы СА: Швабе, Хейла, Брюкнера, Гляйсберга и Зюсса-де Врие; в виде полигармонической модели, состоящей из семи гармоник с периодами: 11, 22, 32, 65, 85, 110 и 200 лет, и амплитудами, равными единице. Затем ВОНСП, вычисленная для этой модели СА, была наложена на КСП образцов (серые линии и цифры на верхних панелях рис. 2 и рис. 3).

Из этих рисунков следует, что квазипериоды ритмов ленточных глин как до, так во время ППД совпадают с циклами СА или образуют на их местах мультиплеты, что может быть вызвано взаимной модуляцией их квазипериодических компонентов. Особо следует отметить, что главным отличием КСП образцов ленточных глин является наличие мощной квазипериодичности 41 год до ППД и наличие двух мощных квазипериодов 7 и 16 лет во время ППД, и что во время ППД циклы ленточных глин смещены относительно циклов СА в сторону меньших значений. Для изучения возникновения на КСП квазипериодов в виде мультиплетов ВОНСП была вычислена для исходных данных в скользящем временном окне величиной до 1001 года (нижние панели рис. 2 и рис. 3).

Из этих рисунков видно, что образование мультиплетов вызвано дрейфом и расщеплением (что может быть вызвано взаимной модуляцией квазипериодических компонентов) квазипериодов ритмов ленточных глин на протяжении существования временных рядов. Причем характерного отличия в структурах КСП как до, так и во время ППД не обнаруживается, за исключением существования стабильного периода в 41 год, который существует до ППД и исчезает перед его наступлением.

Рис. 2. КСП (верхний рисунок) и ВОНСП (нижний рисунок) вычисленные для значений толщины слоёв отложений образца ленточных глин озера Hitchcock, New England (17500–13500 лет ВР). ВОНСП вычислена в скользящем временном окне шириной 1001 год.

Рис. 3. КСП (верхний рисунок) и ВОНСП (нижний рисунок) вычисленные для значений толщины слоёв отложений образца ленточных глин озера Meerfelder Maar, Western Germany (12878–11636 лет ВР). ВОНСП вычислена в скользящем временном окне шириной 341 год.

Выводы

Анализ вариаций толщины ежегодных слоев донных отложений образцов озера Meerfelder Maar, Western Germany (12878-11636 лет ВР) и озера Hitchcock, New England (17500–13500 лет ВР) позволил выявить в их структурах квазигармонические компоненты с периодами, которые могут быть отнесены к основным современным циклам солнечной активности: Швабе, Хейла, Брюкнера, Гляйсберга и Зюсса-де Врие.

Литература

1. Жемчужников Ю.А. // Труды Геол. ин-та АН СССР. 1963. Вып.86. 72 С.
2. Тясто М.И., Дергачев В.А., Дмитриев П.Б. // Тр. Всероссийская ежегодная конф. по физике Солнца: «Солнечная и солнечно-земная физика - 2019». СПб: ГАО РАН, 2019. С.153.
3. Brauer A., Haug G.H., Dulski P. et al. // Nature Geoscience. 2008. V. 1. P. 520.
4. Rittenour T.M., Brigham-Grette J., Mann M.E. // Science. 2000. V. 288 (5468). P. 1039.
5. <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/8656>
6. <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/5480>
7. Дженкинс Г., Баттис Д. Спектральный анализ и его приложения. Вып.2. М.: Мир. 1972. 287 С.
8. Alavi A.S., Jenkins G. M. // Appl. Statist. 1965. V.14. P.70.
9. Tyasto M. I., Dmitriev P.B., Dergachev V.A. // Advances in Space Research. 2020. V. 66. P. 2476.