

КЛИМАТ ЗЕМЛИ И КВАЗИДВУХСОТЛЕТНЯЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ В ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Огурцов М.Г.^{1,2}

¹Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

EARTH'S CLIMATE AND QUASI-BICENTENNIAL CYCLICITY IN VOLCANIC ACTIVITY

Ogurtsov M.G.^{1,2}

¹Ioffe Physico-Technical Institute of RAS, St. Petersburg, Russia

²Central Astronomical Observatory of RAS, St. Petersburg, Russia

Despite the long search for solar-climatic relationships, there is still no conclusive evidence of the impact of solar activity on the Earth's climate. One of the reasons for this state of affairs may be the presence of natural cycles in the Earth's climate with periods close to solar periods, but independent of solar activity and seriously distorting the solar effect. An analysis of four paleoreconstructions of the Earth's Northern Hemisphere temperature showed that they contain a quasi-200-year variation that does not correlate with the corresponding Suess solar cycle. However, in two reconstructions, the quasi-two-hundred-year cycle reveals a significant ($p < 0.03$) correlation with the corresponding variation in activity over the past 1200 years. This indicates that one of the reasons for the quasi-two-hundred-year periodicity in the Earth's Northern Hemisphere temperature may be variations in volcanic activity. Physical mechanisms of the influence of long-term variations in volcanic activity on climate are discussed.

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2024-237-240>

Введение

Глобальное изменение климата, в силу его большого влияния на все аспекты деятельности человека, стало одной из важнейших проблем современного естествознания. Одной из основных проблем при изучении глобальных изменений является выявление изменений, вызванных внешними воздействиями, поскольку их необходимо отделить от фона естественной изменчивости климата. Основная сложность такого анализа связана с краткостью имеющихся инструментальных массивов данных. Инструментальные измерения температуры обычно охватывают не более последних 100–150 лет, поэтому их недостаточно для установления пределов амплитуды долговременной изменчивости климата. Преодолеть эти трудности позволяет активно развивающаяся в последние годы палеоклиматология. За последние 15 лет получен ряд свидетельств наличия двухсотлетней (период около 200 лет) изменчивости климата Земли [1–3]. Целью данной работы является поиск квази-200-летних изменений климата и изу-

чение их возможных связей с долговременными изменениями солнечной и вулканической активности.

Результаты

В этой работе были использованы четыре самые последние реконструкции температуры Северного полушария, полученные в работах Schneider et al. [4], Wilson et al. [5], Guillet et al. [6], Büntgen et al. [7] в последние 10 лет. Эти реконструкции были получены с использованием данных о ширине годовых колец (TRW), максимальной плотности поздней древесины (MXD), содержании стабильных изотопов в земных архивах, параметрах морских и озерных отложениях, документальной информации, температуре, измеренной в буровых скважинах. Они и охватывают период до последних 2000 лет и были получены с использованием передовых методов стандартизации, которые сохраняют низкочастотную информацию. Также были использованы два самых продолжительных ряда данных о вулканической активности, полученных в работах Gao et al. [8] и Crowley and Unterman [9] из кернов Гренландии и Антарктиды. Используемые в работе ряды показаны на рисунке.

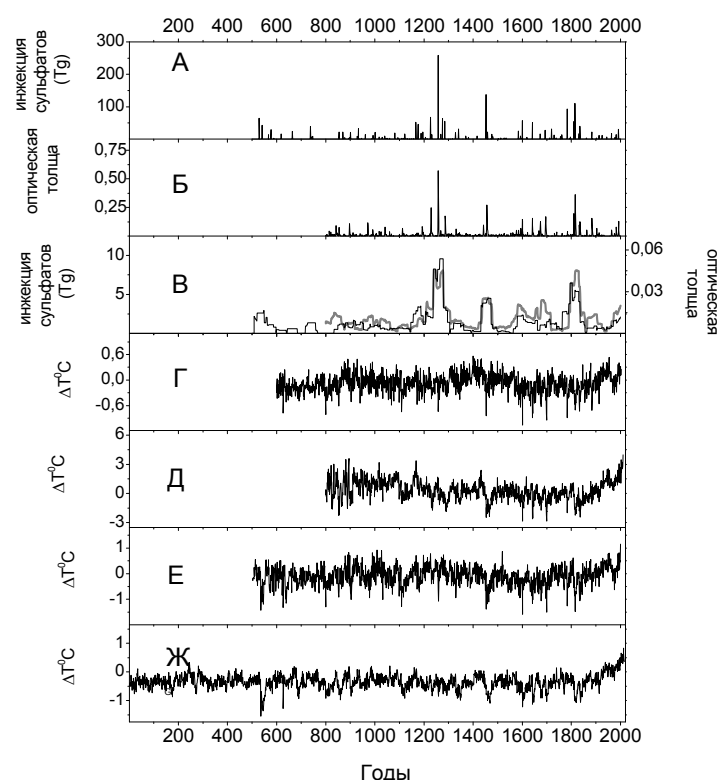


Рисунок. А – инжекция сульфатного аэрозоля в стратосферу [8]; Б – аэрозольная оптическая толщина на волне 550 нм [9]; В – сульфатные и аэрозольные данные, сглаженные по 40 годам; Г – температура в Северном полушарии Schneider et al. [4]; Д – температура в Северном полушарии Wilson et al. [5]; Е – температура в Северном полушарии Guillet et al. [6]; Ж – температура в Северном полушарии Büntgen et al. [7].

Фурье и вэйвлетный анализ показали, что в спектрах температурных и вулканических рядов присутствуют двухвековые (периоды 195–250 лет) вариации. Периоды этих вариаций близки к периоду солнечного цикла Зюсса. Однако, значимой корреляции между квази-200-летними периодичностями в температуре Северного полушария и реконструкциях солнечной активности [10–12] не было обнаружено. А вот квази-200-летние циклы в температурных реконструкциях Wilson et al [5] and Büntgen et al. [7] коррелируют с соответствующими вулканическими периодичностями со значимостью $p < 0.05$. Коэффициент корреляции максимален, когда задержка между вулканической активностью и температурным откликом составляет 20 лет. Анализ, проведённый с использованием четырех палеореконструкций температуры Северного полушария, выявил отрицательную корреляцию между двухсотлетними циклами в температуре и вулканической активности, хотя не все они достаточно значимы. Краткосрочное влияние вулканических извержений на климат хорошо известно. Оно связано с выбросом пепла и серных газов, которые превращаются в сульфатные аэрозоли, отражающие солнечную радиацию. Однако имеются данные о том, что кластеры вулканических извержений могут поддерживать охлаждение поверхности в течение столетий [13] и даже тысячелетий [14] благодаря системе обратных связей между океаном, атмосферой и морскими льдами. Для более надежных выводов о влиянии долговременных изменений вулканической активности на климат Земли желательно получить новые длительные палеореконструкции, основанные на полностью независимых индивидуальных индикаторах.

Литература

1. *Raspopov, O.M.; Dergachev V.A.; Esper J.; et al.* The influence of the de Vries (~200-year) solar cycle on climate variations: Results from the Central Asian Mountains and their global link // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2008, 259, 6-16.
2. *Ogurtsov, M.; Veretenenko, S.; Lindholm, M.; Jalkanen, R.* Possible solar-climate imprint in temperature proxies from the middle and high latitudes of North America // *Adv. Space Res.*, 2016, 57, 1112-1117.
3. *Liu, X.Q.; Dong, H.L.; Yang, X.D.; et al.* Late Holocene forcing of the Asian winter and summer monsoon as evidenced by proxy records from the northern Qinghai–Tibetan Plateau // *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2009, 280, 276–284.
4. *Schneider, L.; Smerdon, J.E.; Büntgen, U.; et al.* Revising midlatitude summer temperatures back to A.D. 600 based on a wood density network // *Geophys. Res. Lett.*, 2015, 42, 4556–4562.
5. *Wilson, R.; Anchukaitis, K.; Briffa, K.; et al.* Last millennium northern hemisphere summer temperatures from tree rings: Part I: The long term context // *Quat. Sci. Rev.*, 2016, 134, 1–18.
6. *Guillet, S.; Corona, C.; Khodri, M.; et al.* Climate response to the Samalas volcanic eruption in 1257 revealed by proxy records // *Nat. Geosci.*, 2017, 10, 123-128.
7. *Büntgen, U.; Allen, K.; Anchukaitis, K.J.; et al.* The influence of decision-making in tree ring-based climate reconstructions // *Nat. Commun.*, 2021, 12, 3411.

8. Gao, C.; Robock, A.; Ammann C. Volcanic forcing of climate over the past 1500 years: An improved ice core-based index for climate models // J. Geophys. Res., 2008, 113, D23111.
9. Crowley, T.; Unterman, M. Technical details concerning development of a 1200 yr proxy index for global volcanism // Earth System Science Data, 2013, 5, 187–197.
10. Delaygue, G.; Bard, E. An Antarctic view of Beryllium-10 and solar activity for the past millennium // Clim. Dyn., 2011, 36, 2201-2218.
11. Steinhilber, F.; Abreu, J.A.; Beer, J.; et al. 9,400 years of cosmic radiation and solar activity from ice cores and tree rings. Proc. Nat. Acad. Sci., 2012, 109(16), 5967-5971.
12. Roth, R.; Joos, F. A reconstruction of radiocarbon production and total solar irradiance from the Holocene ^{14}C and CO_2 records: Implications of data and model uncertainties // Climate of the Past., 2013, 9, 1879-1909.
13. Zhong, Ya., Miller, G., Otto-Bliesner, B. et al. Centennial-scale climate change from decadal-paced explosive volcanism: A coupled sea ice-ocean mechanism // Climate Dynamics, 2011, 37, 2373-2387.
14. Baldini, J., Brown, R., Mcelwaine, J. Was millennial scale climate change during the Last Glacial triggered by explosive volcanism? // Scientific Reports, 2015, 5: 17442.