

**ЭКСТРЕМУМЫ ЛЕТНЕЙ ИНСОЛЯЦИИ ЗЕМЛИ
В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ
И ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ ГОЛОЦЕНА**

Фёдоров В.М.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**EXTREMES OF SUMMER INSOLATION OF THE EARTH
IN THE NORTHERN HEMISPHERE
AND GLOBAL CLIMATIC EVENTS OF THE HOLOCENE**

Fedorov V.M.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

On the basis of the performed calculations of the Earth's insolation according to the astronomical ephemeris DE-441 for 12 thousand years into the past, changes in the summer exposure of the Northern Hemisphere are analyzed. In the considered time interval, two extrema of summer insolation are observed in the Northern Hemisphere. The maximum summer exposure is observed about 11.5 thousand years ago, the minimum falls on the period of 1500–1600 years. The range of change in summer insolation is 22.41 W/m^2 , and the duration of the decline branch is about 10,000 years. The noted extrema are synchronized with the global climatic events of the Holocene. The summer insolation maximum corresponds to the beginning of the phase of intense degradation of the last ice sheet in Europe and North America. The minimum of summer exposure occurs at the beginning of the Little Ice Age. The previous minimum of summer insolation in the Northern Hemisphere was observed approximately 21.5 thousand years ago, which is synchronized with the maximum of the last glaciation in Europe and North America.

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-271-274

Летняя инсоляция имеет большое значение в изменениях природной системы Земли и её компонентов. Это определяется, во-первых, тем, что при увеличении летней инсоляции увеличивается температура. Следствием этого является увеличение испарения и повышение содержания водяного пара в атмосфере, что, в свою очередь, приводит к усилению парникового эффекта. В результате этого появляется дополнительное тепло, которое вновь приводит к увеличению испарения, повышению содержания водяного пара в атмосфере, усилению парникового эффекта и, вновь появлению дополнительного тепла. Эти процессы, многократно повторяясь, формируют механизм усиления потепления. Во-вторых, выделением скрытого тепла от увеличения атмосферных осадков (переход водяного пара в воду и снег или лёд). В-третьих, уменьшением альбедо за счёт сокращения площади морских льдов и ледников – нагреванием большей площади поверхности (материков и океанов) и от неё атмосферы. При сокращении летней инсоляции – очевидно, происходят обратные эффекты. В связи с

этим, мы проанализировали изменение рассчитанной нами летней инсоляции Северного полушария в голоцене. Максимум летней инсоляции в Северном полушарии отмечается в интервале приблизительно от 11350 до 11550 л.н. (рис. 1).

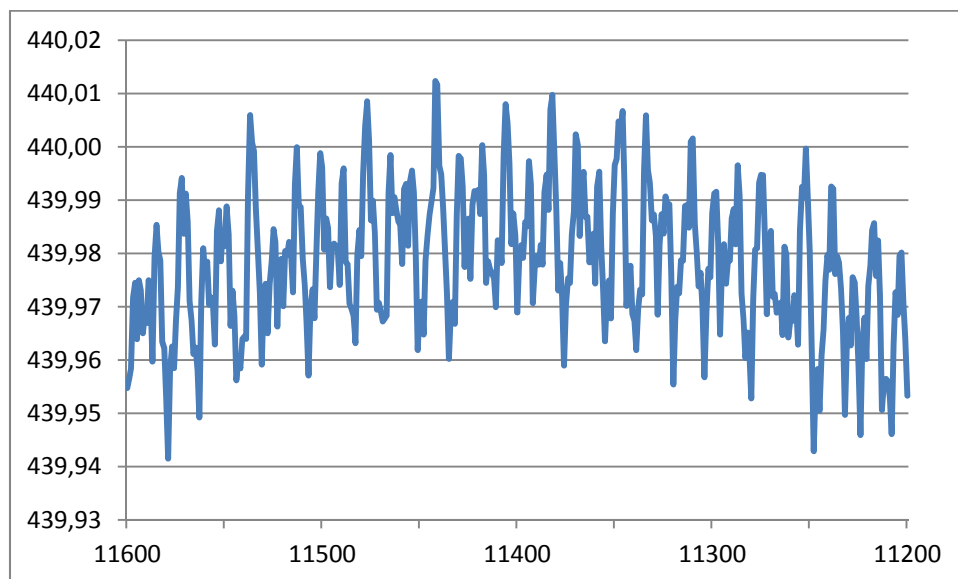


Рис. 1. Максимум летней инсоляции в Северном полушарии в голоцене.

Максимум летней инсоляции синхронизируется с глобальным палеогеографическим событием: переходом от холодной плейстоценовой к тёплой голоценовой эпохе. Это событие, продолжительностью около 2000 лет, в основном датируется временем 12000–10000 лет. В Европе его начало связывают с наступлением активной фазы разрушения Скандинавского ледникового щита и отступанием его от морен Сальпауселькя, в Северной Америке с завершением стадии Валдерс [2].

Переход от холодной плейстоценовой к тёплой голоценовой эпохе находит чёткое отражение в изотопно-кислородном составе ледовых кернов Гренландии и о. Девон, полигонально-жильных льдов Восточной Сибири, а также раковин фораминифер из донных осадков. Этот переход фиксируется в изменениях флористических и фаунистических комплексов и ареалов обитания, в изменении уровня Мирового океана и археологических данных мезолитических стоянок. Всё это указывает на значительные изменения природы в этот период. Темпы деградации ледников в это время увеличивались в 2–3 раза и более.

Минимум летней инсоляции отмечается в интервале от 1400 до 1600 г.н.э. (рис. 2). Этот минимум синхронизируется с глобальным палеогеографическим событием – Малым ледниковым периодом (МЛП). Анализ летописей, дневников путешественников, исторических документов, фотографий, гравюр, произведений живописи, с упоминанием разрушений, производимых ледниками, наблюдения за появлением дрейфующих арктических льдов у берегов Исландии, результаты палеоботанических, гляцио-

логических исследований подтверждают достоверность и масштабность этого события.

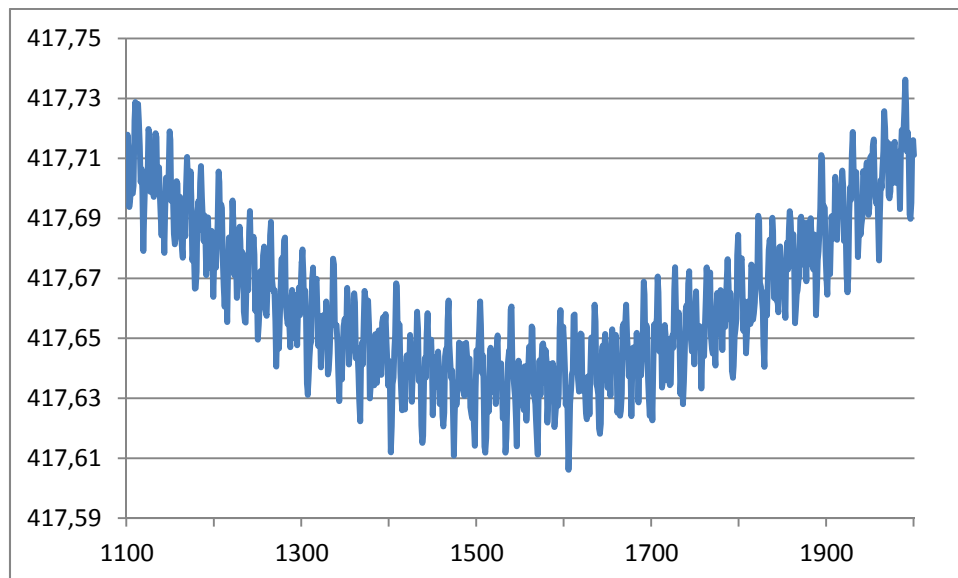


Рис. 2. Минимум летней инсоляции в Северном полушарии

Известно, что малая ледниковая эпоха имела длительность примерно от 1450 до 1850 гг. с максимумом в период с 1550 по 1880 гг. [5, 6]. На протяжении всей эпохи отмечалось увеличение площади арктических льдов, что имело важные последствия для Исландии и Гренландии. Между 1780 и 1820 гг. температура воздуха в Северной Атлантике была примерно на 1° – 3°C ниже, чем в настоящее время. Известно, что, начиная с 1500 г. леса в центральной Европе, особенно в горных районах, сильно деградировали. Активизировались горные ледники Европы, Азии и Северной Америки. МЛП – таким образом, событие, достоверно установленное в климатической истории Земли [4].

В качестве основных причин МЛП называют уменьшение солнечной активности, увеличение вулканической активности, особенности циркуляционных процессов в атмосфере и океане. Однако наряду с возможным участием отмеченных факторов в глобальном похолодании, вряд ли ими ограничиваются все причины этого палеогеографического события. Чёткая его синхронизация с минимумом летней инсоляции Северного полушария, очевидно, указывает на то, что именно летняя инсоляция Северного полушария является основным фактором МЛП.

Абсолютный максимум летней инсоляции Северного полушария ($440,01 \text{ Вт/м}^2$) отмечается 11442 л.н., абсолютный минимум ($417,61 \text{ Вт/м}^2$) в 1604 г. н.э. Размах изменения равен $22,41 \text{ Вт/м}^2$, а продолжительность ветви спада составляет около 10000 лет. Если ветви роста и спада равновесные, то предшествующий МЛП минимум летней инсоляции в Северном полушарии должен приходиться на время около 21500 л.н., которое син-

хронизируется с максимумом развития последнего покровного оледенения в Европе и Северной Америке. Отмеченный цикл изменения летней инсоляции определяется циклом долготы перигелия, в течение которого перигелий земной орбиты пересекает её кардинальные точки (равноденствия и солнцестояния). Период цикла долготы перигелия составляет около 21000 лет [1]. Этот цикл также называется климатической прецессией, с которой в основном связаны отмечаемые в начальных разделах для хронологических периодов голоцена изменения облучения Земли по широтам и сезонам. Вероятно, МЛП имел ограниченное развитие в связи с тем, что минимум летней инсоляции в Северном полушарии отмечался на фоне увеличения годового меридионального градиента инсоляции (МГИ), которым регулируется меридиональный перенос радиационного тепла в системе океан – материк. Увеличение МГИ началось около 9500 л.н. и связано с уменьшением наклона оси вращения, период изменения которого составляет около 41000 лет [1, 3].

Таким образом, глобальные палеогеографические события голоцена (переход от холодной плейстоценовой эпохи к теплой голоценовой и МЛП) синхронизируются с экстремумами летней инсоляции в Северном полушарии. Следовательно, летнее облучение Северного полушария может быть причиной этих событий, а преимущественной областью их возникновения и развития является Северное полушарие Земли.

Литература

1. *Миланкович М.* Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.-Л.: ГОНТИ, 1939. 208 с.
2. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* История климата. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 408 с.
3. *Федоров В.М.* Проблема меридионального переноса тепла в астрономической теории климата // Геофизические процессы и биосфера, 2019. Т. 18. № 3. С. 117–128. DOI: 10.21455/GPB2019.3-8
4. *Федоров В.М., Фролов Д.М., Веласко Эррера В.М.Н., и др.* Роль радиационного фактора в глобальных климатических событиях позднего голоцена // Геофизические процессы и биосфера, 2021. Т. 20, № 3. С. 5–19
5. *Büntgen U., Hellmann L.* The Little Ice Age in Scientific Perspective: Cold Spells and Caveats // Journal of Interdisciplinary History, 2014. V. 44. Issue 3. Pp. 353–368 doi:10.1162/JINH_a_00575
6. *Degroot D.* The frigid Golden Age: climate change, the Little Ice Age, and the Dutch Republic. New York.: Cambridge University Press, 2018. P. 1560–1720.