

Косвенное свидетельство нереалистичности 2к-реконструкции глобальной температуры воздуха за последние 2000 лет

Н. В. Вакуленко¹, Н. М. Даценко², Д. М. Сонечкин^{1*}

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

* dsonech@ocean.ru

² Гидрометеорологический научно-исследовательский центр России, Москва, Россия

Аннотация

Цель. Оценивается временной энергетический спектр недавно опубликованной группой PAGES 2k 2000-летней реконструкции средней глобальной приземной температуры воздуха.

Методы и результаты. Для получения устойчивой оценки энергетического спектра 2к-реконструкции было применено непрерывное вейвлетное преобразование с вейвлетной функцией Морле. Затем был произведен расчет временного энергетического спектра этой реконструкции с последующим определением наклона спектральной плотности в двойном логарифмическом диапазоне временных масштабов от сотни до нескольких сотен лет.

Выводы. Высокочастотная часть полученного энергетического спектра с периодами примерно от 50 до 100 лет имеет характер «красного» шума, а низкочастотная часть с последующими периодами, примерно от 100 до 500 лет, оказывается имеет характер «белого» шума, т.е. спектральная плотность в нем не меняется с изменением длины периода. Это является неестественным для всех встречающихся в природе турбулентных движений. Отсюда делается вывод, что рассматриваемая 2к-реконструкция не может отражать реальные изменения глобальной приземной температуры воздуха за последние 2000 лет.

Ключевые слова: палеоклимат, 2000-летняя реконструкция, глобальная температура воздуха, вейвлетный анализ, энергетический спектр

Благодарности: эта работа была выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 20-05-00097 А).

Proxy evidence of nonreliability of the 2k-temperature reconstruction over the last 2000 years

N.V. Vakulenko^{1*}, N.M. Datsenko², D.M. Sonechkin¹

¹*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**vanava139@yandex.ru*

²*Hydrometeorological research Centre of Russia, Moscow, Russia*

Abstract

Purpose. The temporal power spectrum of the 2000-year reconstruction of the global mean near-surface air temperature recently published by the PAGES 2k group is estimated.

Methods and Results. To obtain a stable estimate of the power spectrum of the 2k-reconstruction, a continuous wavelet transform with a Morlet wavelet function was applied. Then the temporal power spectrum of this reconstruction was calculated, followed by the determination of the slope of the spectral density in the double logarithmic range of temporal scales from one hundred to several hundred years.

Conclusions. The high-frequency part of this spectrum with periods of about 50 to 100 years has the character of "red" noise, and the low-frequency part with subsequent periods of about 100 to 500 years turns out to have the character of "white" noise, i.e. the spectral density in it does not change with a change in the length of the period. This is unnatural for all naturally occurring turbulent movements. Hence, it is concluded that the considered 2k-reconstruction cannot reflect real changes in the global near-surface air temperature over the past 2000 years.

Keywords: paleoclimate, 2000-year reconstruction, global surface temperature, wavelet analysis, power spectrum

Acknowledgement: The work was supported by an RFBR grant No 20-05-00097 A.

Введение

Среди мирового сообщества климатологов широко распространено мнение, что причиной современного глобального потепления климата является деятельность человека, а именно продолжающееся уже более 250 лет увеличение концентрации в атмосфере так называемых парниковых газов (углекислого газа – CO₂ и др.). Хотя сторонники этого мнения говорят, что они твердо уверены в его справедливости, они считают необходимым дополнительно подтвердить его различными косвенными свидетельствами.

Эту беспрецедентность пытаются доказать путем реконструкций прошлых климатов в масштабах полушарий и всей Земли. Самая первая такая реконструкция была опубликована климатологом М. Манном и его американскими коллегами [1] для периода последних 600 лет, т.е. со времени так называемого Малого ледникового периода и до середины 20 века. Все это время климат действительно теплел. Реконструкция Манна с коллегами подтвердила это, хотя они неправильно использовали для реконструкции метод главных компонент. Затем Манн с коллегами опубликовали несколько более длинных реконструкций. Их отличительной особенностью было занижение так называемого Средневекового теплого периода по сравнению с современным потеплением. В последующих 2000-летних реконструкциях группа Манна частично отразила Средневековое потепление [2–4].

Первое серьезное сомнение в справедливости этого было представлено в 2000-летней реконструкции средней приземной температуры воздуха для северного полушария, опубликованной А. Мобергом с российскими и шведскими коллегами [5]. В ней Средневековый теплый период был показан почти неуступающим Современному потеплению. Причиной тому было использование для реконструкции не только косвенных индикаторов температуры с годичным временным разрешением (как дендрохронологии в реконструкциях Манна с коллегами), но и низко-разрешающих индикаторов, которые, взамен, сохраняли

способность запоминать вариации температуры с периодами в сотни лет. Затем появились похожие реконструкции, где Средневековый теплый период даже превосходил Современный теплый период. Помимо реконструкции Моберга имеются более поздние реконструкции, которые показывают средневековое потепление на том же уровне, что и современное, например [6, 7].

Заметим, что реконструкции, в которых практически отсутствовало Средневековое потепление, получили название «Хоккейная клюшка», а те, где они были соизмеримы с Современным потеплением, получили название «Бумеранг». До сих пор нет явных доказательств того, которые из этих двух типов реконструкций ближе к истине. Поэтому продолжают появляться все новые реконструкции обоих типов [8–13]. В том числе, недавно опубликована в престижном журнале новая «Хоккейная клюшка» [14].

Авторы этой реконструкции утверждают, что они собрали для этой реконструкции беспрецедентно большое число косвенных палеоклиматических индикаторов, как с высоким, так и с низким временным разрешением. Все же отметим, что индикаторы с высоким разрешением количественно сильно преобладали. Важной явилась новая методика реконструкции. В статье она описана недостаточно полно, и нельзя понять зависит или нет климатическая норма средней глобальной температуры воздуха от концентрации в атмосфере углекислого газа в соответствующие моменты времени. Что касается любых палеоклиматических индикаторов, то они позволяют найти отклонения от этой нормы. Авторы статьи декларируют, что для оценки этих отклонений они используют такие известные статистические методы как байесовский подход, главные компоненты и др. К сожалению, как это конкретно делается, в статье не изложено.

Это вызывает определенные сомнения в допустимости того, как эти статистические методы могут работать в задаче о реконструкции прошлых климатов. Так, например, отклонения от вышеупомянутой нормы температуры наверняка были иногда очень велики. Однако метод главных

компонент не может быть хорошим для таких больших отклонений. Он неявно предполагает «гауссовость» распределений вероятностей всех температурных отклонений, и игнорирует «хвосты» распределений, к которым принадлежат очень большие отклонения.

Метод обработки и результаты

Принимая во внимание вышеуказанное и другие сходные сомнения в безупречности рассматриваемой 2к-реконструкции с методической точки зрения, в данной статье рассматривается только сама 2к-реконструкция как таковая. То, насколько эта реконструкция является реалистичной, исследуется тем же методом, который был использован в статье [15] для сравнительного анализа основных из ранее опубликованных температурных реконструкций как по типу «Хоккейной клюшки», так и «Бумеранга». Этот метод состоит в расчете временных вейвлетных энергетических спектров всех анализируемых реконструкций с последующим сравнением наклонов их спектральных плотностей в двойном логарифмическом диапазоне временных масштабов от сотни до нескольких сотен лет.

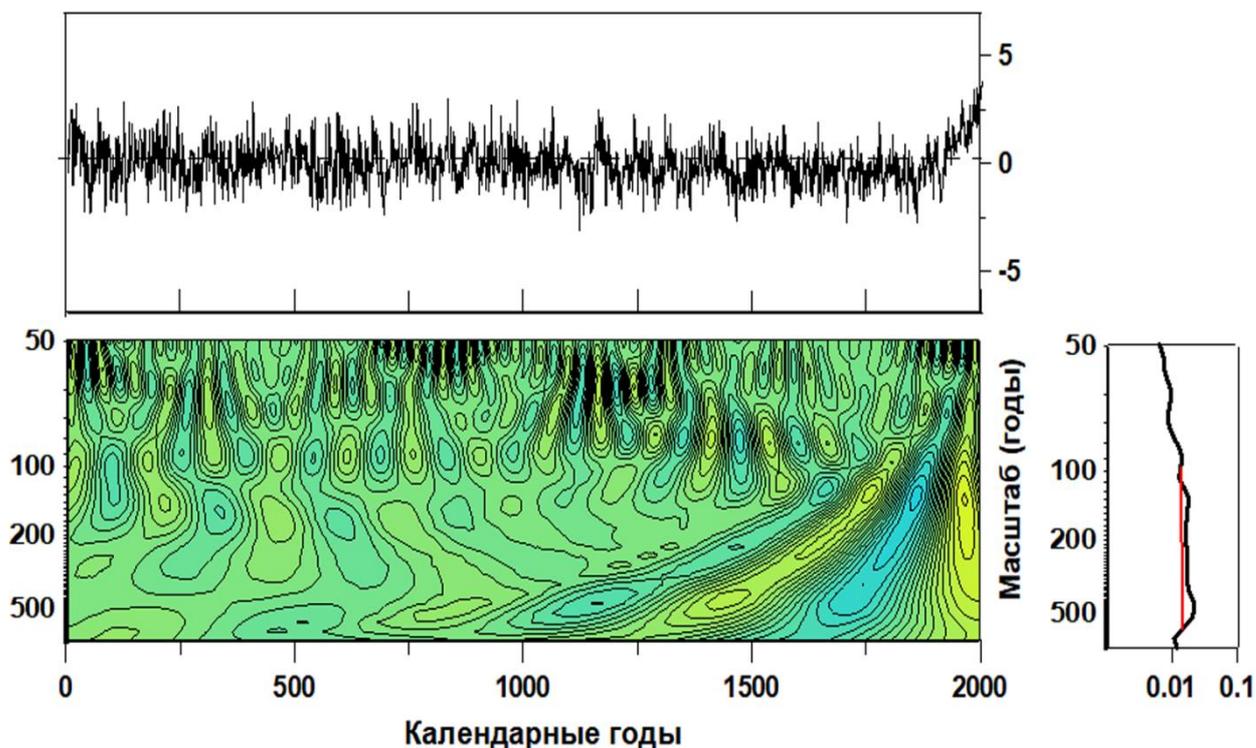
Для получения устойчивой оценки временных энергетических спектров 2к-реконструкций было использовано непрерывное вейвлетное преобразование с вейвлетной функцией Морле, причем рассматриваемые ряды первоначально центрировались и нормировались для удобства сравнения спектров друг с другом. Затем для получения сглаженной оценки временного энергетического спектра вычислялись средние значения квадратов вещественной компоненты вейвлетного преобразования для каждого вейвлетного масштаба. Отличие этой оценки от простой оценки спектра с помощью периодограммы состоит в большей устойчивости к шумам и конечности рядов.

Отметим, что в [14] опубликована не одна, а семь 2к-реконструкций, каждая из которых содержит ансамбль из 1000 реконструкций, построенных с использованием разных наборов палеоклиматических индикаторов и разных статистических приемов. Однако, все они используют одну и ту же

климатическую норму средней глобальной температуры воздуха. Эта реконструкция полностью определяет многовековые и тысячелетние вариации реконструированного хода приземной температуры воздуха во всех вариантах 2к-реконструкций. Палеоклиматические индикаторы при этом влияют только на реконструкции короткопериодных (менее столетия) вариаций температуры.

В задаче о природе современного глобального потепления эти последние вариации не имеют значения, поскольку они имеют выраженный региональный характер. По этой причине в данной статье все иллюстрируется на примере только одной 2к-температурной реконструкции средней глобальной приземной температуры воздуха, метод «композит плюс масштабирование» – (GMST (CPS-1000)).

Эта выбранная 2к-температурная реконструкция показана в верхней части рис. 1. Ниже нее на рис. 1 показана картина вещественной компоненты этой 2к-реконструкции, а правее этой картины показана вычисленная по ней оценка временного энергетического спектра рассматриваемой 2к-температурной реконструкции. На спектре прямой тонкой красной линией показан средний наклон в диапазоне масштабов от примерно 100 до 500 лет. Видно, что этот наклон близок к нулю, т.е. низкочастотная часть, показанного спектра, является белым шумом. Для сравнения видно, что спектр более короткопериодных колебаний является явно красным.



Р и с. 1. Вверху - одна из типичных 2к-реконструкций для средней глобальной приземной температуры воздуха по данным статьи [15]. Внизу – картина вещественной компоненты вейвлетного преобразования этой реконструкции с помощью вейвлетной функции Морле. Справа – вейвлетная оценка временного энергетического спектра этой реконструкции. Средний наклон спектра в диапазоне масштабов от примерно 100 до 500 лет показан тонкой красной линией

Заключение

Таким образом, недавно опубликованная 2к-температурная реконструкция, общая форма которой соответствует типу «Хоккейная клюшка», т.е. показывающая общий тренд похолодания с начала Нашей эры и вплоть до Малого ледникового периода, а затем показывающая резкий переход к Современному глобальному потеплению, имеет тот же характер своего временного энергетического спектра, что был ранее найден в статье [15] для всех тысячелетних температурных реконструкций, относящихся к типу «Хоккейной клюшки». А именно, высокочастотная часть этого энергетического спектра (периоды менее примерно 100 лет) имеет характер «красного» шума, а следующая низкочастотная часть имеет характер «белого» шума.

Появление «белого» шума в вариациях турбулентных движений реального мира является совершенно неестественным. Это дает основание полагать, что 2к-температурная реконструкция, как и все ранее

опубликованные тысячелетние температурные реконструкции, имеющие общую форму «Хоккейной клюшки», является нереалистической.

Список литературы

1. *Mann M. E., Bradley R. S., Hughes M. K.* Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries // *Nature*. 1998. Vol. 392. P. 779–787. <https://doi.org/10.1038/33859>
2. *Mann M. E., Bradley R. S., Hughes M.K.* Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations // *Geophysical Research Letters*. 1999. Vol. 26. P. 759–762. <https://doi.org/10.1029/1999GL900070>
3. Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia / M. E. Mann [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 2008. Vol. 105. P. 13252–13257. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805721105>
4. Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly / M. E. Mann [et al.] // *Science*. 2009. Vol. 326. P. 1256–1260. <https://doi.org/10.1126/science.1177303>
5. Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data / A. Moberg [et al.] // *Nature*. 2005. Vol. 433. P. 613–617. <https://doi.org/10.1038/nature03265>
6. *Loehle C. A.* 2000-Year Global Temperature Reconstruction Based on Non-Treering Proxies // *Energy & Environment*. 2007. Vol. 18, iss. 7. P. 1049–1058. <https://doi.org/10.1260/095830507782616797>
7. *Christiansen B., Ljungqvist F. C.* Challenges and perspectives for large-scale temperature reconstructions of the past two millennia // *Reviews of Geophysics*. 2017. Vol. 55, iss. 1. P. 40–96. <https://doi.org/10.1002/2016RG000521>
8. *Crowley T. J., Lowery T.* How warm was the Medieval Warm Period? // *A Journal of the Human Environment*. 2000. Vol. 29, iss. 1. P. 51–54. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.1.51>

9. *Esper J., Cook E. R., Schweingruber F. H.* Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability // *Science*. 2002. Vol. 295. P. 2250–2253. <https://doi.org/10.1126/science.1066208>
10. Climate response to the Samalas volcanic eruption in 1257 revealed by proxy records / S. Guillet [et al.] // *Nature Geoscience*. 2017. Vol. 10, iss. 2. P. 123–128. <https://doi.org/10.1038/ngeo2875>
11. Possible causes of data model discrepancy in the temperature history of the last Millennium / R. Neukom [et al.] // *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. 7572. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25862-2>
12. East Asian warm season temperature variations over the past two millennia / H. Zhang [et al.] // *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. 7702. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26038-8>
13. The influence of decision-making in tree ring-based climate reconstructions / U. Büntgen [et al.] // *Nature Communications*. 2021. Vol. 12, iss. 1. 3411. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23627-6>
14. *PAGES 2k Consortium*. Consistent multidecadal variability in global temperature reconstructions and simulations over the Common Era // *Nature Geoscience*. 2019. Vol. 12. P. 643–649. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0400-0>
15. Сравнительный анализ спектров 2000-летних реконструкций средней приземной температуры воздуха Северного полушария / Н. М. Даценко [и др.] // *Метеорология и Гидрология*. 2021. 46. № 10. С. 5–13. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2021-10-5-13>