

Материалы
Международной научной конференции
ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
(Москва, 2 - 4 октября 2012 г.)

Циклические вариации климата: анализ данных, сценарии, прогноз

Любушин А.А.

главный научный сотрудник Института физики Земли РАН
доктор физ.-мат. наук

Аннотация.

По результатам анализа временных рядов древесных колец роста и реконструкции температур по составу ледовых кернов можно утверждать, что уже почти 1000 лет в динамике климата присутствует низкочастотная узкополосная составляющая с доминирующими периодами 60-70 лет. Использование этой периодичности позволило в 2001 году сделать прогноз об остановке «глобального потепления» в 2008 году и начала тренда похолодания. Обсуждаются причины возникновения периодических вариаций климата.

Cyclic climate variations: data analysis, scenarios, forecast

Lyubushin, A.A.

Chief research scientist, Institute of the Physics of the Earth RAS
Dr. Sci. (Physics & Mathematics)

Abstract

According to the results of tree rings and ice kerns time series analysis it could be confirmed the presence of narrow-banded climate variations with periods 60-70 years which exist at least 1000 years. Using these periodic climate variations allowed us to predict at 2001 the stop of "global warming" at 2008 and the beginning of global cooling trend. The reasons of periodic climate variations are discussed.

Циклические вариации климата: анализ данных, сценарии, прогноз

Любушин А.А.

главный научный сотрудник Института физики Земли РАН
доктор физ.-мат. наук

Глобальные экологические процессы: Материалы Международной научной конференции, Москва, 2-4 октября 2012 г. / Ответственный редактор В.В. Снакин. М.: Academia, 2012, 488с., стр. 66-71.

Известно, что климатическая система имеет набор периодов, из которых наиболее известны периоды Миланковича длительностью 26, 41 и 93 тыс. лет, обусловленные вариациями параметров прецессии орбиты Земли. Имеются также мульти-декадные периодичности, существование которых связано с периодичностью солнечной активности и феноменом Эль-Ниньо.

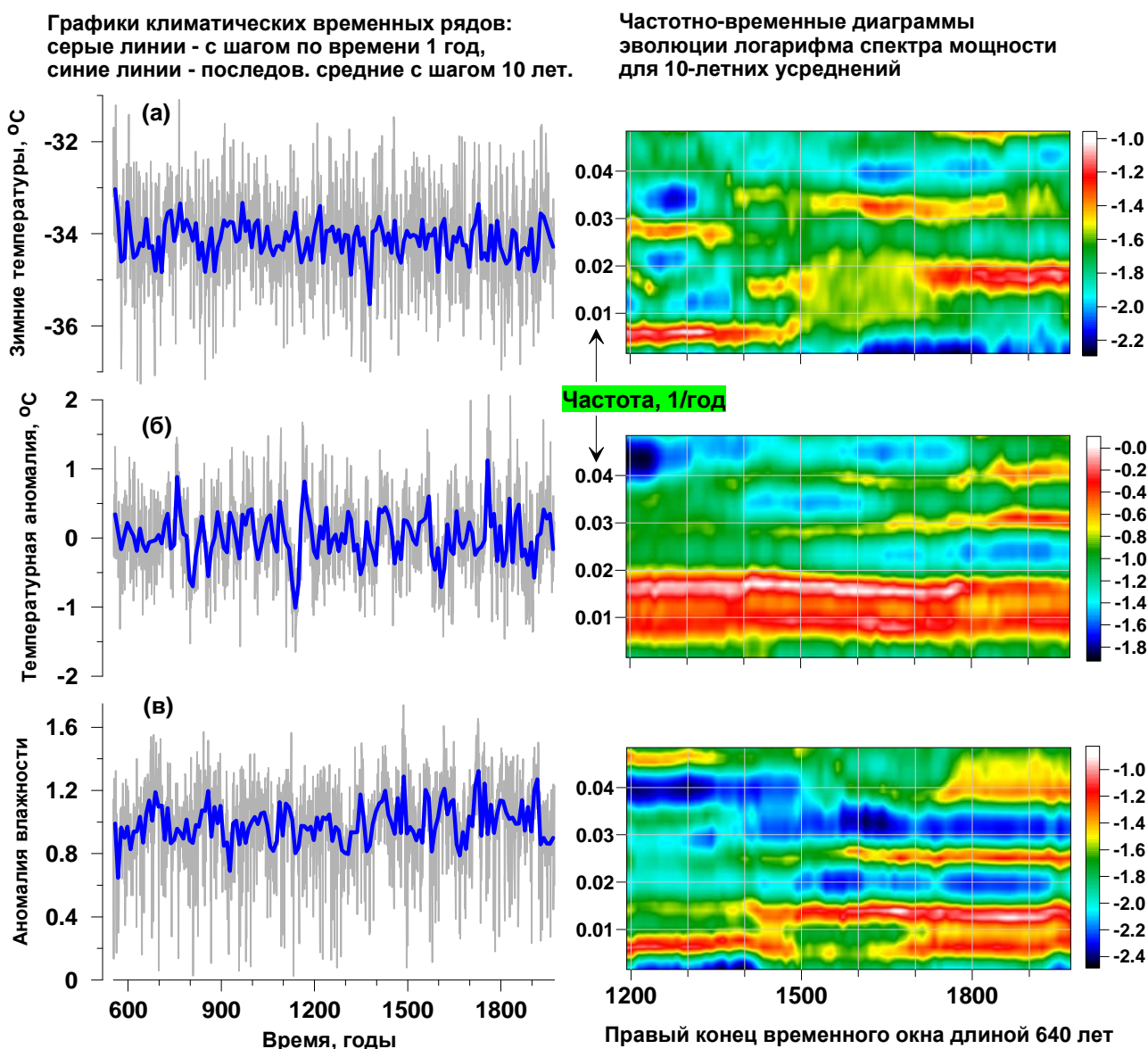


Рис.1

В данной статье мы продолжаем исследования вариаций климата с периодами 60-70 лет, результаты которых опубликованы в [1-3], основанные на анализе временных рядов инструментальных измерений глобальной температурной аномалии за период 1861-1999 гг. и временных рядов реконструкции средних зимних температур в Гренландии за период 553-1973 гг.

В статье рассматриваются прогнозы климата на ближайшие 30 лет, основанные на простых интерполяциях в будущее циклических трендов. В работе [1] был найден доминирующий период 64 года для ряда инструментальных температурных аномалий и была спрогнозирована остановка "глобального потепления" в 2008 г. По данным спектрально-временного анализа состава гренландских ледовых кернов 60-летняя периодичность существует уже как минимум 1000 лет.

Ниже использовались 3 климатических временных ряда. Сигнал (а) - реконструкция гренландских зимних температур по содержанию тяжелого изотопа кислорода O^{18} в ледовых кернах [4]. Сигнал (б) представляет собой временной ряд древесных колец роста арктической (шотландской) сосны [5] за интервал времени 500-1980 гг. Сигнал (в) представляет собой очень длинный временной ряд оценки влажности воздуха по древесным кольцам роста остистой (горной) сосны в Южной Калифорнии за период 6000 лет до н.э. - 1979 гг. [6]. На рис.1 представлены графики сигналов (а)-(в) на интервале их совместной реконструкции 553-1973 гг. и результаты спектрально-временного, подтверждающие существование во всех рядах узкополосной периодичности с периодами 60-70 лет. Тонкие линии соответствуют временным отсчетам с шагом 1 год, толстые - средним значениям за последовательные временные фрагменты длиной 10 лет, которые далее подвергнуты спектрально-временному анализу.

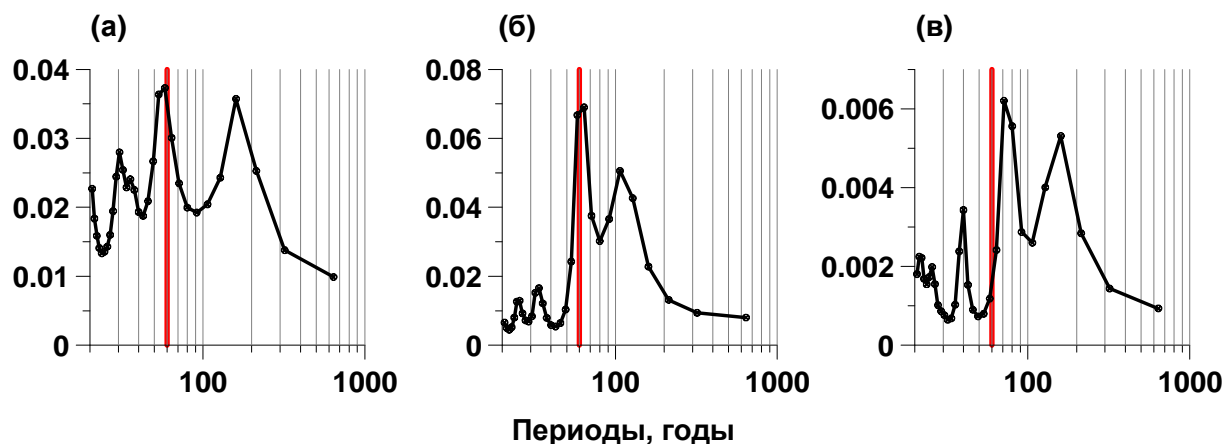


Рис.2.

На рис.2 представлены графиков оценки спектров мощности каждого из сигналов, полученные усреднением оценок от всех временных окон на частотно-временных диаграммах на рис.1. Вертикальные красные линии выделяют период 60 лет - видно, что во временных рядах (а) и (б) период 60 лет является доминирующим, тогда как в сигнале (в) доминирующим является

период 70 лет. Таким образом, этот рисунок доказывает, что узкополосная составляющая с периодами 60-70 лет присутствовала в вариациях климатических временных рядов по крайней мере уже около 1000 лет.

Инструментальные данные о глобальной температурной аномалии, а также отдельно для аномалий в Северном и Южном полушарии взяты из [7]. Для построения прогноза сделаем следующие операции с инструментальными данными температурной аномалии. Оценим параметры линейного тренда и вычтем его из анализируемого ряда значений. Для остатка после вычитания линейного тренда подберем наилучшую гармонику с некоторым периодом и

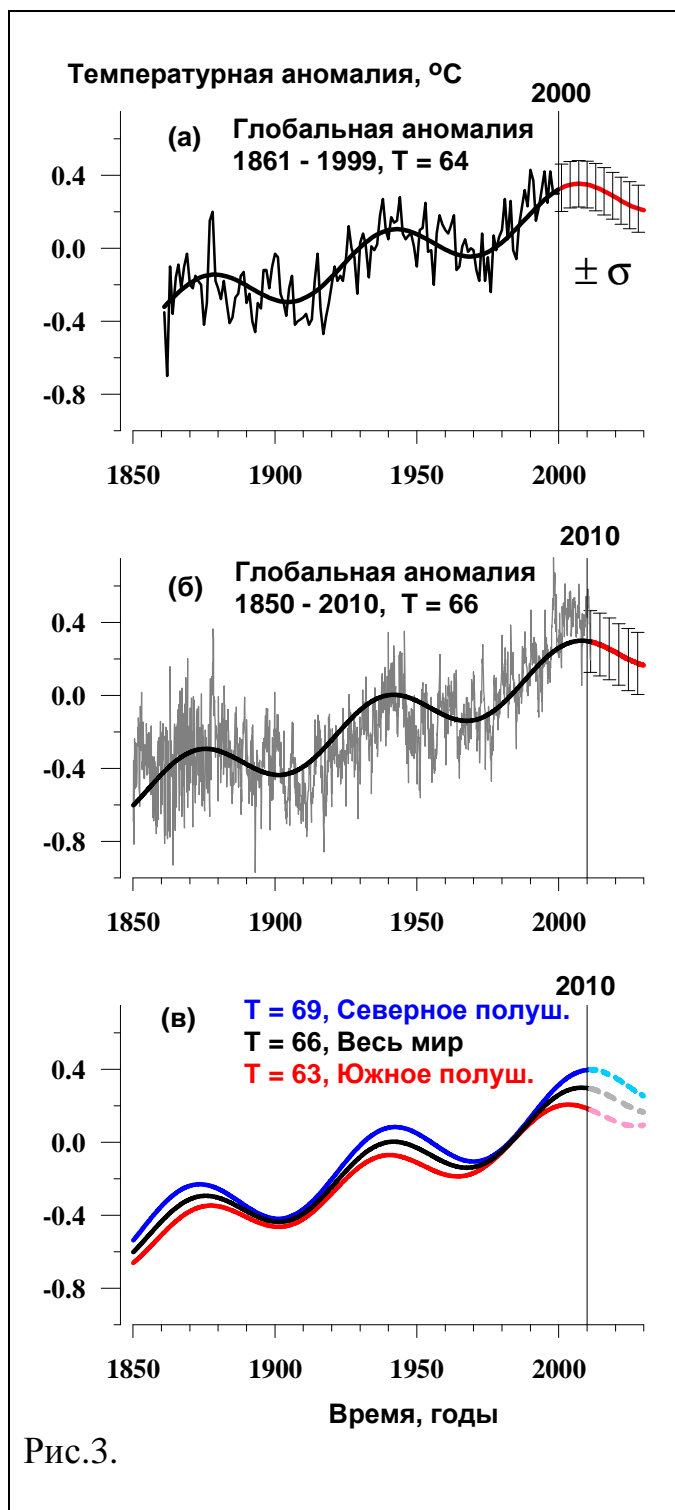


Рис.3.

вычислим ее значения для будущего интервала времени заданной длины. Наконец, вернем устраненный общий линейный тренд. Оценка стандартного отклонения остатка задаст интервалы ошибок прогноза. Для нахождения периода тренда был использован следующий прием. Заддим некоторый интервал пробных значений периодов. Для каждого периода циклического тренда из этого интервала можно найти гармонику, наилучшим образом аппроксимирующую ряд температурных аномалий после исключения общего линейного тренда. При этом остаток после исключения циклического тренда с заданным периодом будет характеризоваться некоторым значением дисперсии остатка, зависящим от периода. Период найдем из условия минимума этой остаточной дисперсии.

На рис.3(а) представлен прогноз 2001 года, опубликованный в 2003 г. На рис.3(б) - аналогично построенный прогноз до 2030 года по данным 1850-2010 гг. Видно, что оба прогноза совпадают с хорошей точность. Наконец, на рис.3(в) представлены вместе прогнозы отдельно для Северного полушария, всего мира и Южного полушария. Видно, что Южное полушарие начало раньше охлаждаться и

раньше вернется к потеплению.

Заметим еще раз, что сигнал (в) на рис.1 имеет длительность почти 8000 лет, от 6000 г. до н.э. до 1979 г. Верхний график на рис.4 визуализирует последовательность 10-летних усреднений за всю длительность реконструкции, а нижняя частотно-временная диаграмма дает оценку эволюции логарифма спектра мощности в диапазоне периодов от 40 до 600 лет в скользящем временном окне длиной 640 лет (64 10-летних отсчета).

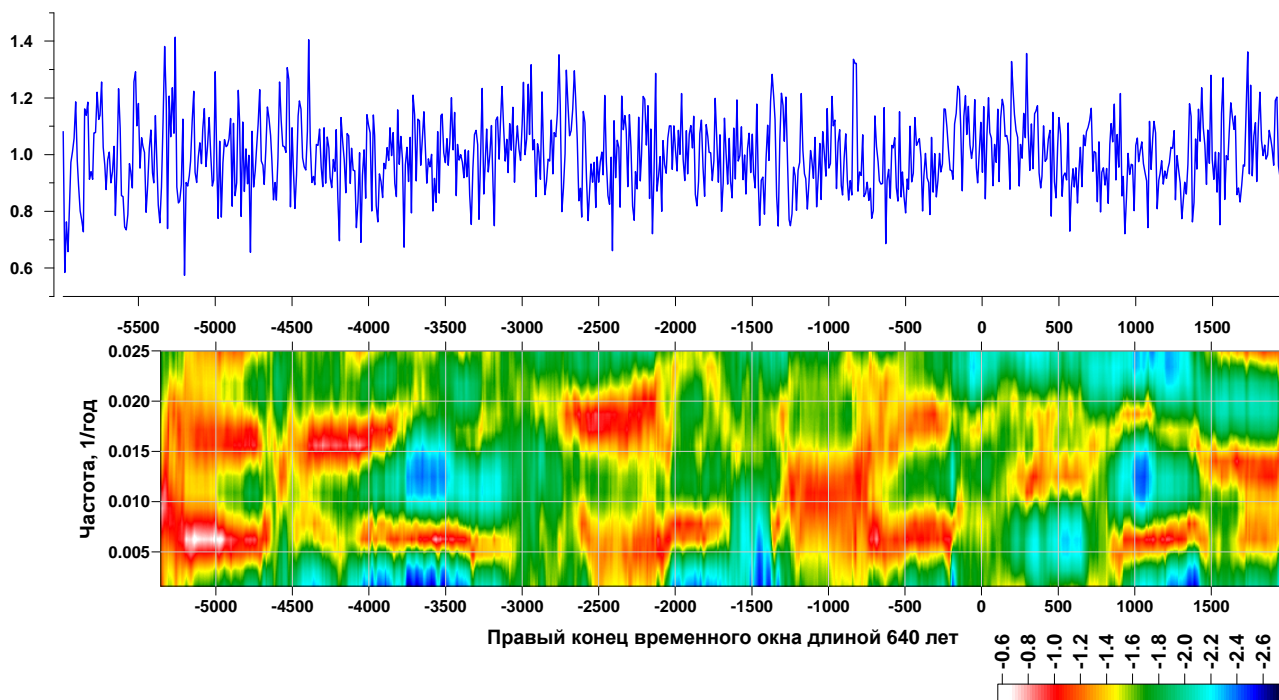


Рис.4. Пояснения в тексте.

Из представленной на рис.4 частотно-временной диаграмме видно, что отдельные периодические компоненты рождаются, живут и умирают, чтобы возродиться вновь, но с другими доминирующими периодами. Заметны также интервалы времени, когда не существовало никаких ярко выраженных монохроматических низкочастотных компонент. Такие интервалы времени можно назвать "низкочастотным хаосом". Подобная качественная классификация поведения климатических временных рядов может иметь отношение к вопросу о существовании интервалов времени слабой и сильной предсказуемости климата. Заметим, что существование сильных монохроматических компонент в вариациях сигнала позволяет резко увеличить как эффективность, так и "дальнобойность" прогноза временного ряда за счет использования циклических трендов с периодом той монохроматической компоненты (периодичности), которая преобладает в данный период времени. Если преобладающих монохроматических компонент не существует, то такая схема прогноза не работает и приходится довольствоваться обычным прогнозом на основе корреляций соседних значений временного ряда, который может быть эффективен лишь на 1-2 шага вперед, то есть возможность долгосрочного прогноза пропадет.

Возникает естественный вопрос о причинах возникновения узкополосных вариаций климата. Часто такую причину ищут во внешних воздействиях на Землю, в том числе и астрономического происхождения, по аналогии с периодами Миланковича, забывая, что причиной может быть сама нелинейная хаотическая динамика климата. Известно, что даже простые 3-мерные нелинейные системы обладают аттракторами с несколькими притягивающими центрами, причем траектория системы при вхождении в ту или иную часть аттрактора может совершать на первый взгляд периодические осцилляции, чтобы потом, совершенно непредсказуемо, перейти к вращению относительно другого притягивающего центра аттрактора [8]. С нашей точки зрения нелинейная климатическая система обладает сложным аттрактором с несколькими притягивающими центрами. Вхождение климата в тот или иной центр аттрактора проявляется в возникновении узкополосных вариаций климатических параметров с различными периодами, которые можно использовать для прогноза. Нам в определенном смысле "повезло", что мы живем в эпоху, когда климат находится в одной из частей своего аттрактора с периодами 60-70 лет и эти узкополосные вариации могут быть использованы для краткосрочного прогноза на 20-30 лет вперед.

Литература.

1. Klyashtorin L.B. and A.A. Lyubushin (2003). On the coherence between dynamics of the world fuel consumption and global temperature anomaly. – *Energy & Environment*, vol.14, No.6, 773-782 (December 2003)
2. Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. (2005) Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М., Изд-ство ВНИРО (Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии), 2005. 235с.
3. Lyubushin A.A., Klyashtorin L.B. Short term global dT prediction using (60-70)-years periodicity. *Energy & Environment*, 2012, vol. 23, No.1, pp.75-85.
4. Dansgaard, W., Johnsen, S. J., Reeh, N., Gundestrup, N., Clausen, H. B., Hammer, C. U. (1975) Climatic changes, Norsemen and modern man. *Nature* 255: 24-28.
5. Briffa K.R., Bartholin T.S., Eckstein D., Jones P.D., Karlen W., Schweingruber F.W., Zetterberg P. (1990) A 1400 year tree-ring record of summer temperatures in Fennoscandia. *Nature*, 346: 434–439.
6. Graybill, D.A., M.R. Rose, and F.L. Nials, Tree-rings and climate: implications for Great Basin paleoenvironmental studies, High Level Radioactive Waste Management: Proceedings of the Fifth Annual International Conference, 2569{2573, 1994. Methuselah Walk data are available from <http://robjhyndman.com/tsdldata/data/ca535.dat>
7. Lawrimor J., M.Halpert, J.Bell, M.Menne, B.Lyon, R.Schnell, K.Gleason, Easterling, W.Thiaw, W.Wright, R.Heim Jr., D.Robinson, L.Alexander (2001) Climate Assessment. *Bull. of the American Meteorological Society*: Vol.82, No.6:1304-1380, <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>
8. Шустер Г. (1988) Детерминированный хаос. Введение. М., Мир, 240с.