

**ПОЛИФОНΙΑ
КОРОТКОПЕРИОДНЫХ
КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Д.М. Сонечкин, Н.В. Вакуленко

**Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Москва**

Принято считать, что человечество несет основную ответственность за рост температуры во всем мире в период инструментальных метеорологических наблюдений.

Но всё не так просто.

Были обнаружены некоторые сложные структуры **междугодовых и многодекадных изменений** средней **глобальной приземной температуры** воздуха.

Происхождение этих структур мы объясняем:

- **чандлеровским колебанием полюсов Земли,**
- **лунно-солнечной нутацией оси вращения Земли,**
- **циклами солнечной активности.**

Впервые продемонстрировано, что реакции климатической системы на эти внешние силы в своей целостности образуют своего рода **ПОЛИФОНИЮ**, наложенную на **общую тенденцию потепления.**

Материалы и методы

Вейвлетная функция (ВФ) –
первая производная Гауссиана
(WAVE-вейвлет)

$$G(t) = \frac{\sqrt{2}}{4\sqrt{\pi}} t \exp\left\{-t^2/2\right\}$$

Вейвлетное
преобразование
(ВП)

$$WT_b(a) = a^{-1/2} \cdot \sum_{t=1880}^{t=2020} T(t) G((t-b)/a)$$

где $T(t)$ - преобразуемый временной ряд (NCDC),

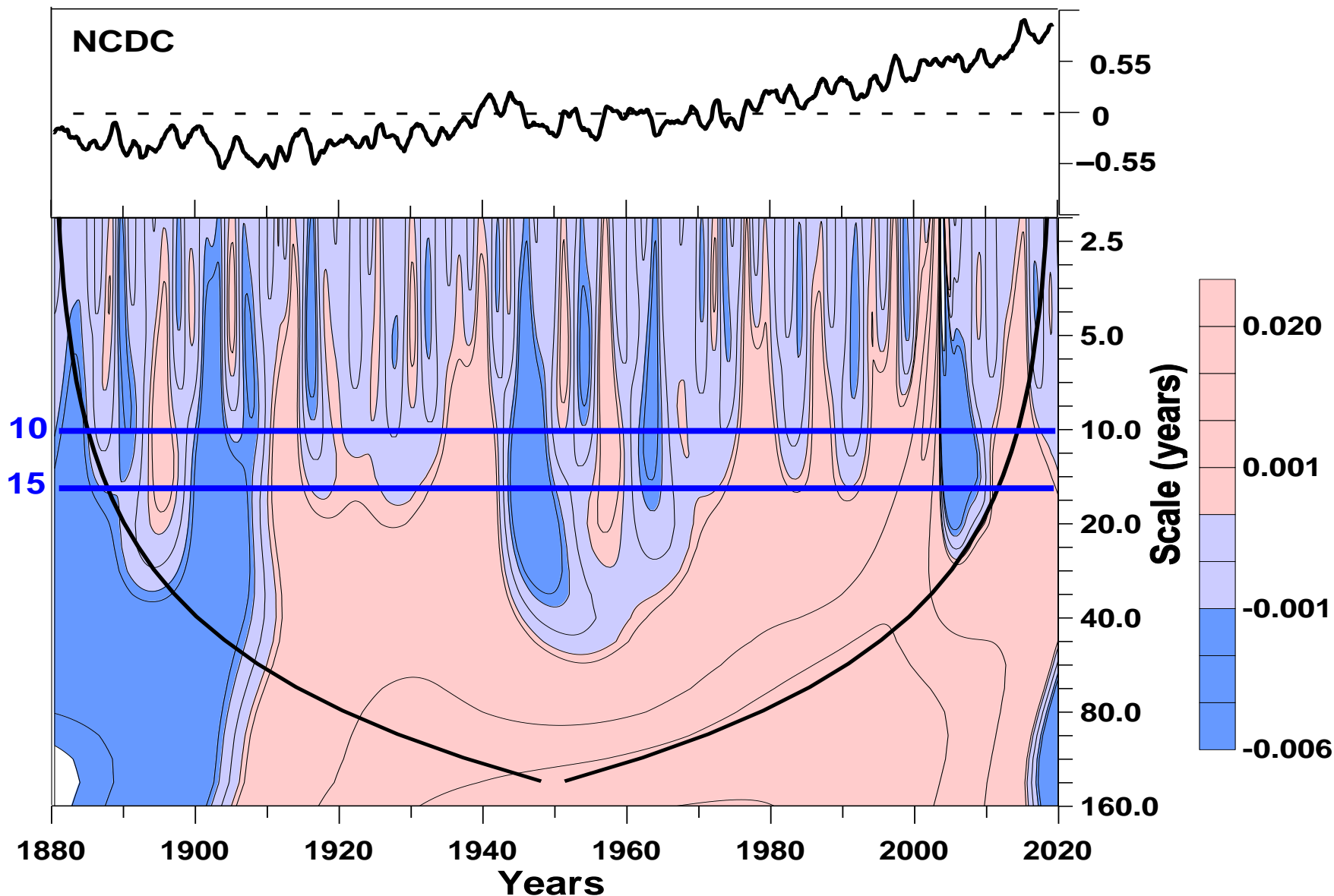
b – сдвиг по времени (1880-2020),

a – вейвлетный масштаб в годах (2-160),

$WT_b(a)$ – данные ВП с WAVE-вейвлетом измеряют локальные линейные тренды в разные моменты времени b и на разных вейвлетных масштабах a .

Результат показан на следующем слайде.

Как долго могут продолжаться задержки и паузы при нынешнем потеплении климата?



Закономерности изменений Глобальной температуры

Проводится анализ волновых структур колебаний температуры в междугодовых и многодекадных временных масштабах

Используется комплексная ВФ Морле, где $\omega = 6.2035$

$$G(t) = \pi^{-1/4} \exp\{-i \omega t\} \exp\{-t^2/2\}$$

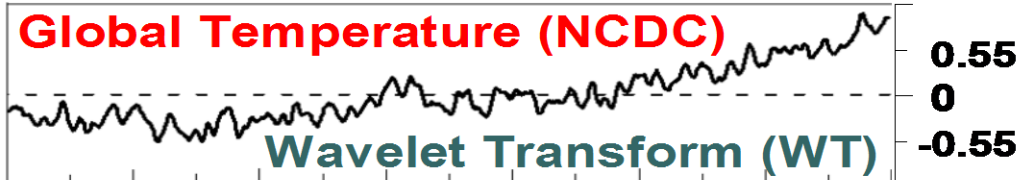
Результат ВП

$$WT_b(a) \equiv \text{Re} WT_b(a) + \text{Im} WT_b(a)$$

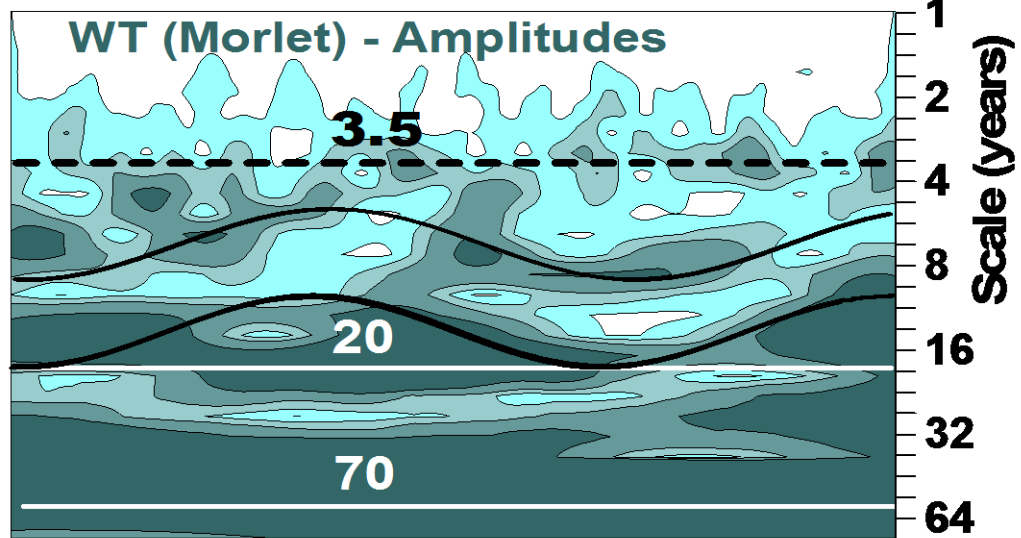
ВП- амплитуда

$$AM_b(a) = \sqrt{\left(WT_b(a)_{re}\right)^2 + \left(WT_b(a)_{im}\right)^2}$$

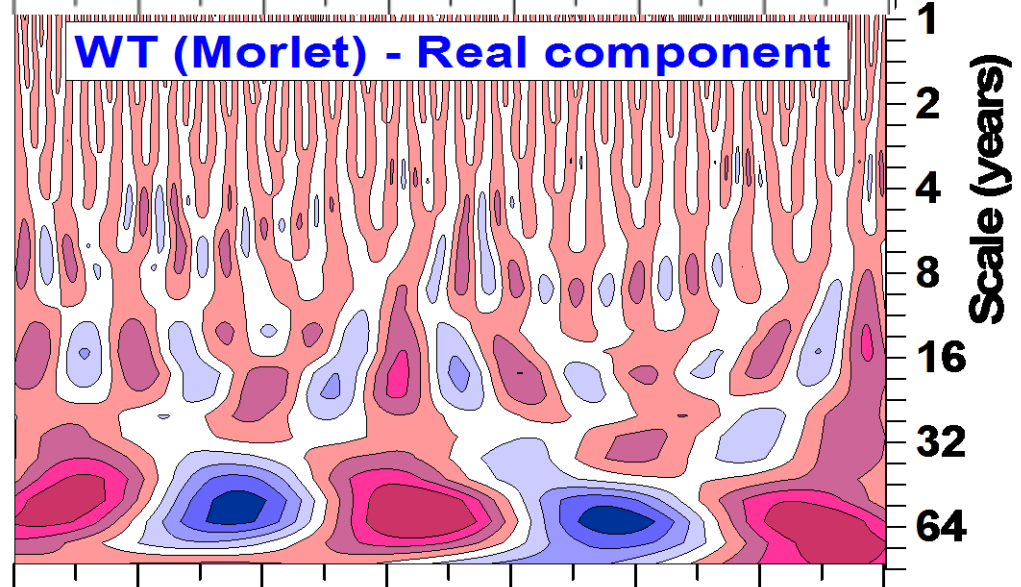
Global Temperature (NCDC)



WT (Morlet) - Amplitudes



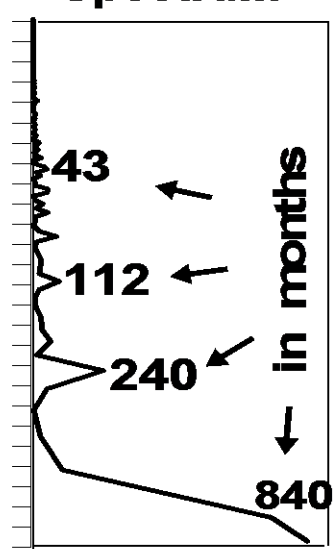
WT (Morlet) - Real component



1880 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2020

Calendar years

**Fourier
Spectrum**



S(f)

Структура междугодовых изменений температуры

Первая волновая структура –
около **3,5-летнего** вейвлетного масштаба.

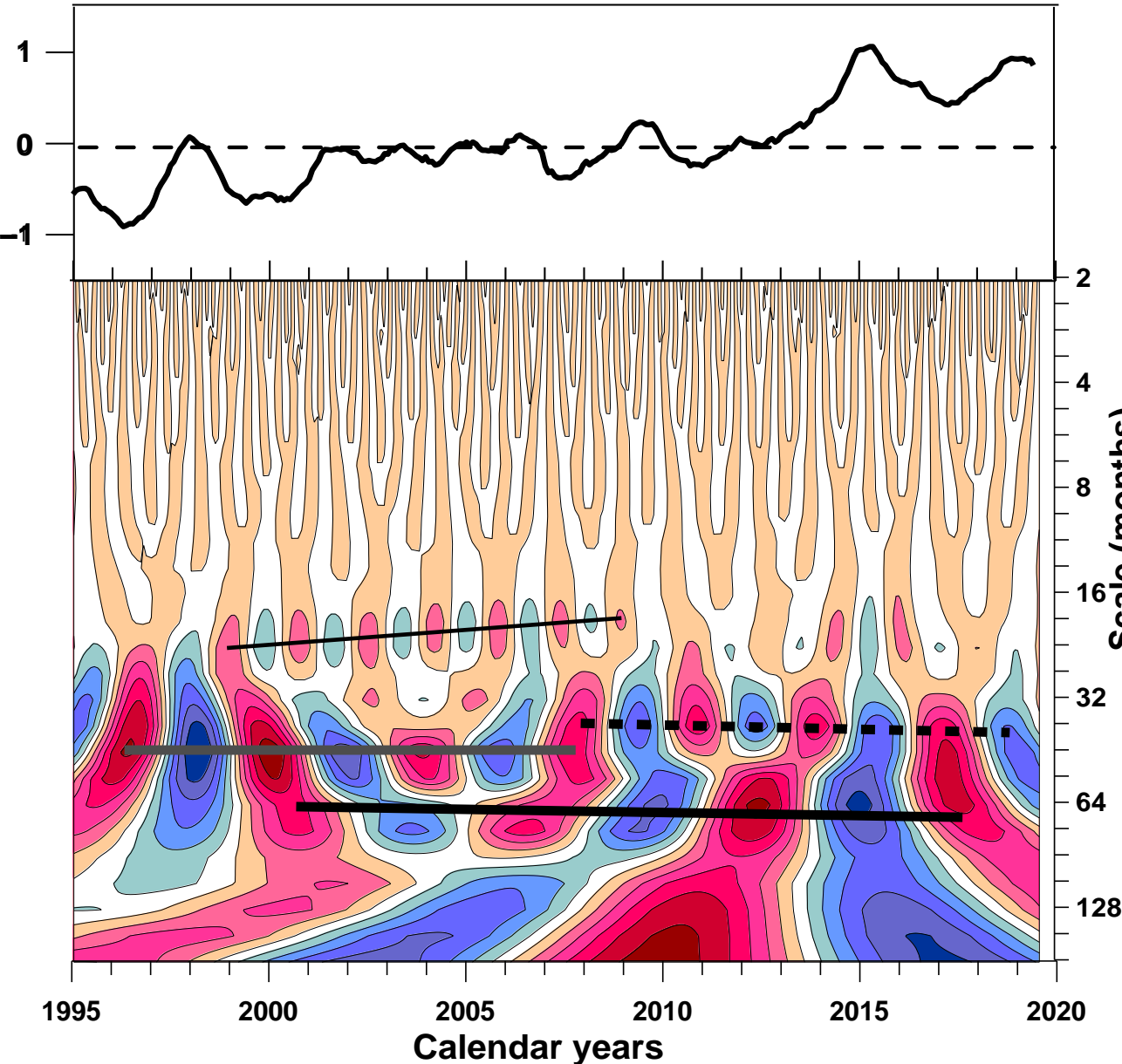
Это есть проявление цикличности **Эль-Ниньо–Южное колебание** (ЭНЮК) в динамике глобальной температуры , причем существует **двунаправленная связь** между ЭНЮК и глобальной температурой. Эта связь не является равномерной во времени, поэтому колебания полосы 3,5 года – прерывистые.

На картине **Real-компоненты ВП 3,5 летние** колебания глобальной температуры в междугодовых временных масштабах отражают чередование **Эль-Ниньо / Ла-Нинья**. Это известный факт.

Прерывистость междугодовых колебаний глобальной температуры в **43-мес. полосе** является **уникальной особенностью**.

Это показано на следующем слайде в **увеличенном масштабе с 1995 по 2020 гг.**

Картина реальной компоненты ВП показывает, что есть несколько полос увеличенных амплитуд ВП, которые существуют в течение конечных интервалов календарных лет.



1–1996-2008 (серая)
Период=45мес.~ 4 г.

2–2008-2019(пунктир)
Период=40 мес.~3.5г.
 (3x1.2 -чандлер.кол.,
 период El-Nino)

42 мес. период ЭНЮК
 является резонансом
 между ИТЦЗ и
 чандлер.колебанием:
42 = 7*6=3*14

3–2001-2018 (черная)
Период~65 мес.
 (~5.5 лет=1/2 цикла
 солнечных пятен)

4–1999-2010 (тонкая)
Период=18 мес.
 (like El-Nino –
 2002, 2004,
 2005-6 и 2007 гг.)

Структура многодекадных изменений глобальной температуры

Вторая волновая структура –

полоса двух увеличенных амплитуд ВП с общим периодом ~ 90 л.

Каждая из синусоид охватывает октаву шкалы времени:

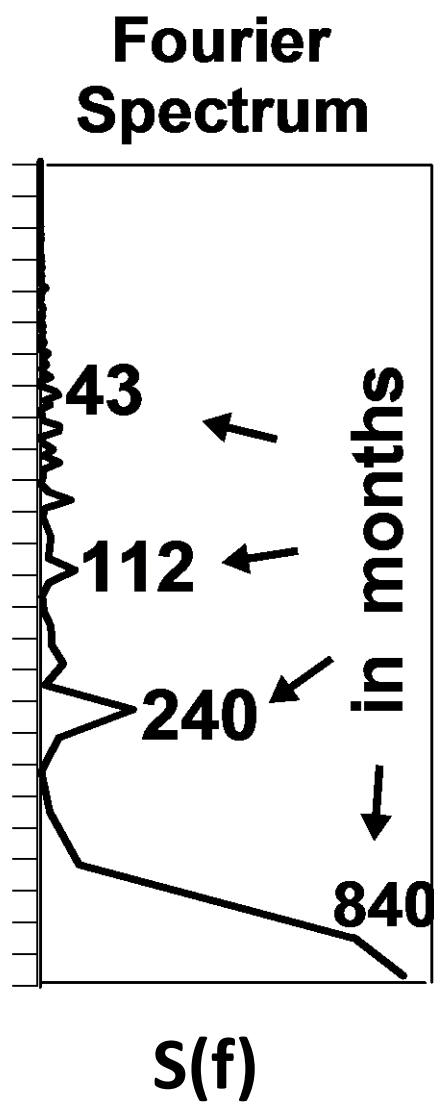
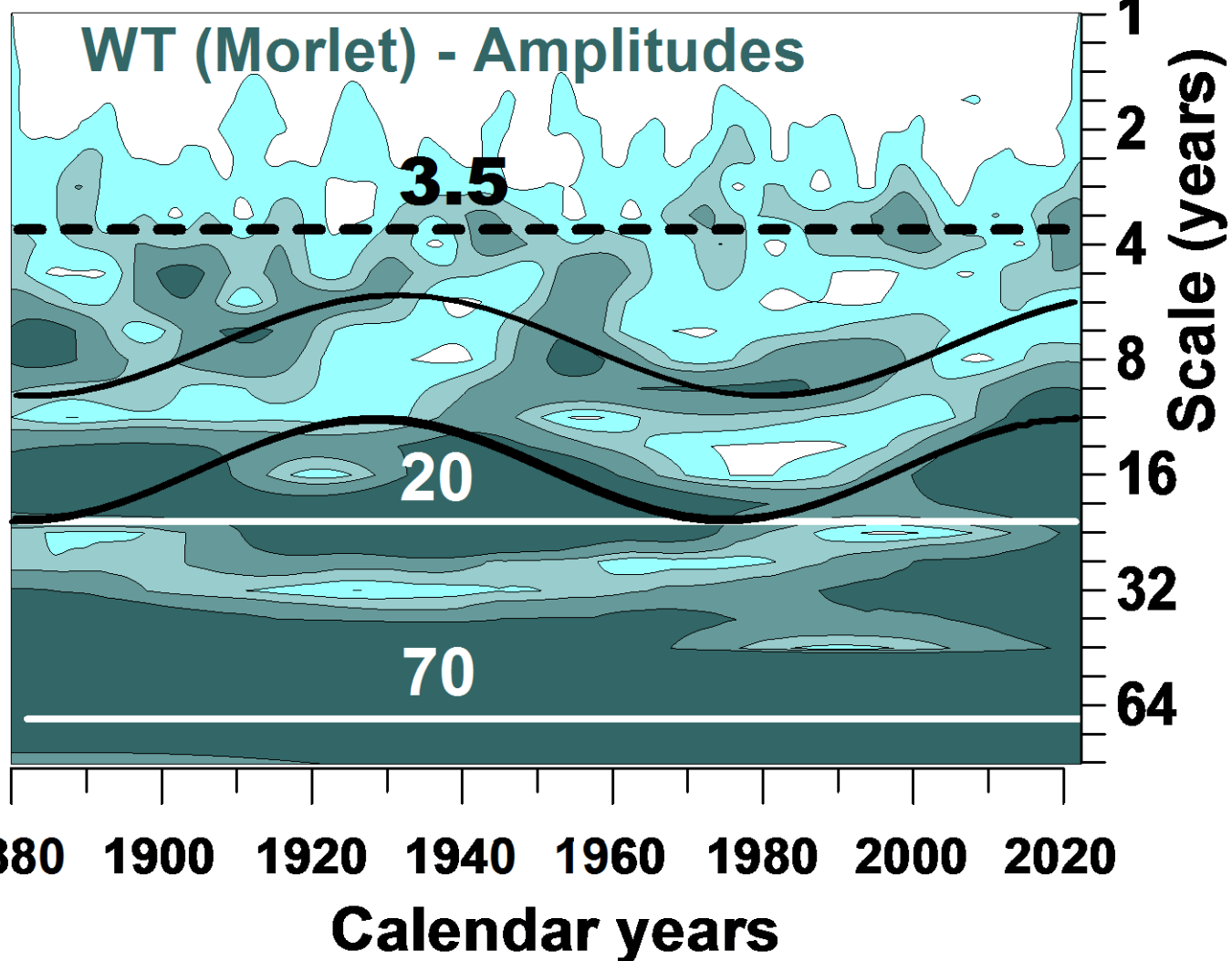
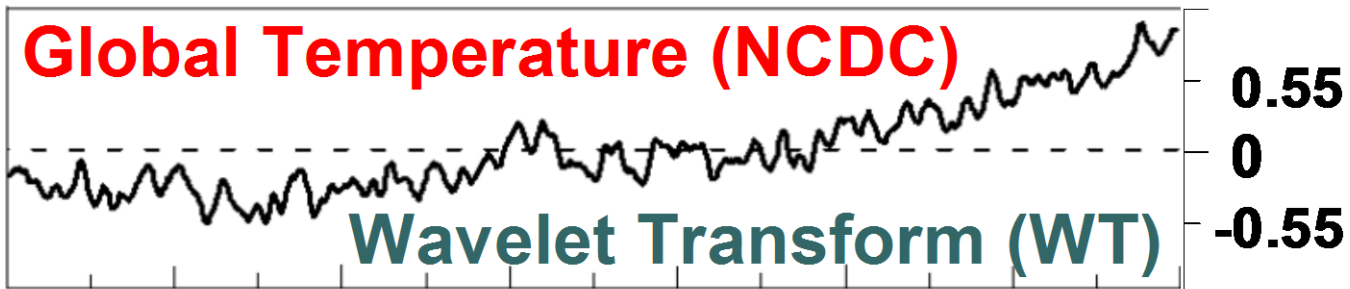
1-ая октава – $\sim 5-10$ лет, а 2-ая октава – $\sim 10-20$ лет.

Мы предполагаем, что Солнце несет ответственность за возникновение **частотной модуляции** декадных температур.

Период 90 лет – супергармоника (1:2) 180-летнего периода вращения Солнца вокруг центра масс солнечной системы.

Период ~ 7 -лет возникает из разницы между годовой частотой и частотой чандлеровского колебания
($1/12 - 1/14 = 1/84 \text{ m}^{-1} = 1/7 \text{ y}^{-1}$).

Период ~ 14 -лет – это удвоение 7-летнего периода.

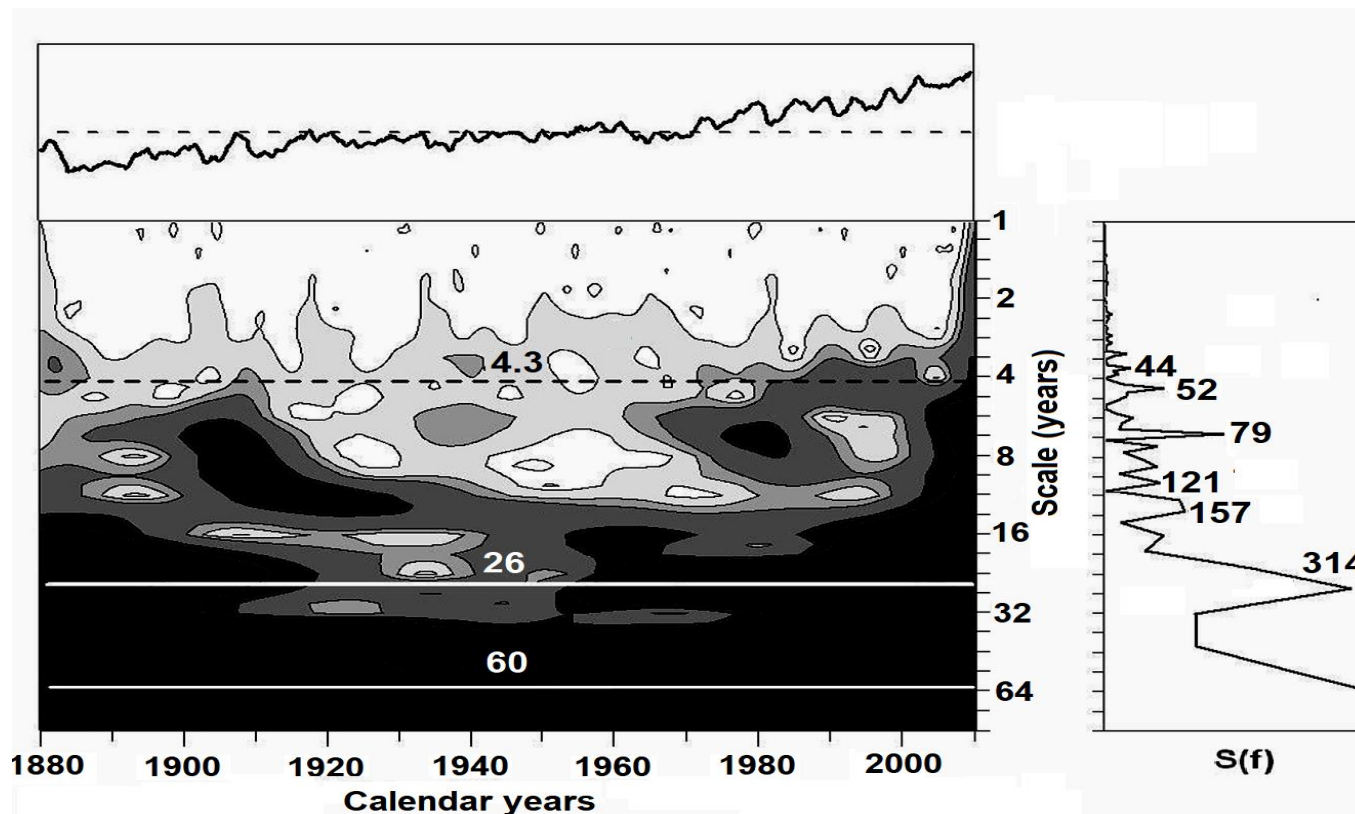


Картина амплитуд ВП (ВФ Морле)

ряда средней глобальной приземной температуры воздуха, полученного на выходе длительного интегрирования климатической модели ECMWF (Европейский центр среднесрочных прогнозов, проект – CMIP5).

Установлено,

- что в модели не учитывается чандлеровское колебание;
- **26-летний** спектральный пик является результатом переоценки воздействия на климат извержения вулканов;
- **60-летнее** колебание воспроизводится в целом, без деталей.



Структуры многодекадных температурных изменений

Реконструкция многодекадных колебаний температуры с помощью обратного ВП с ВФ Морле

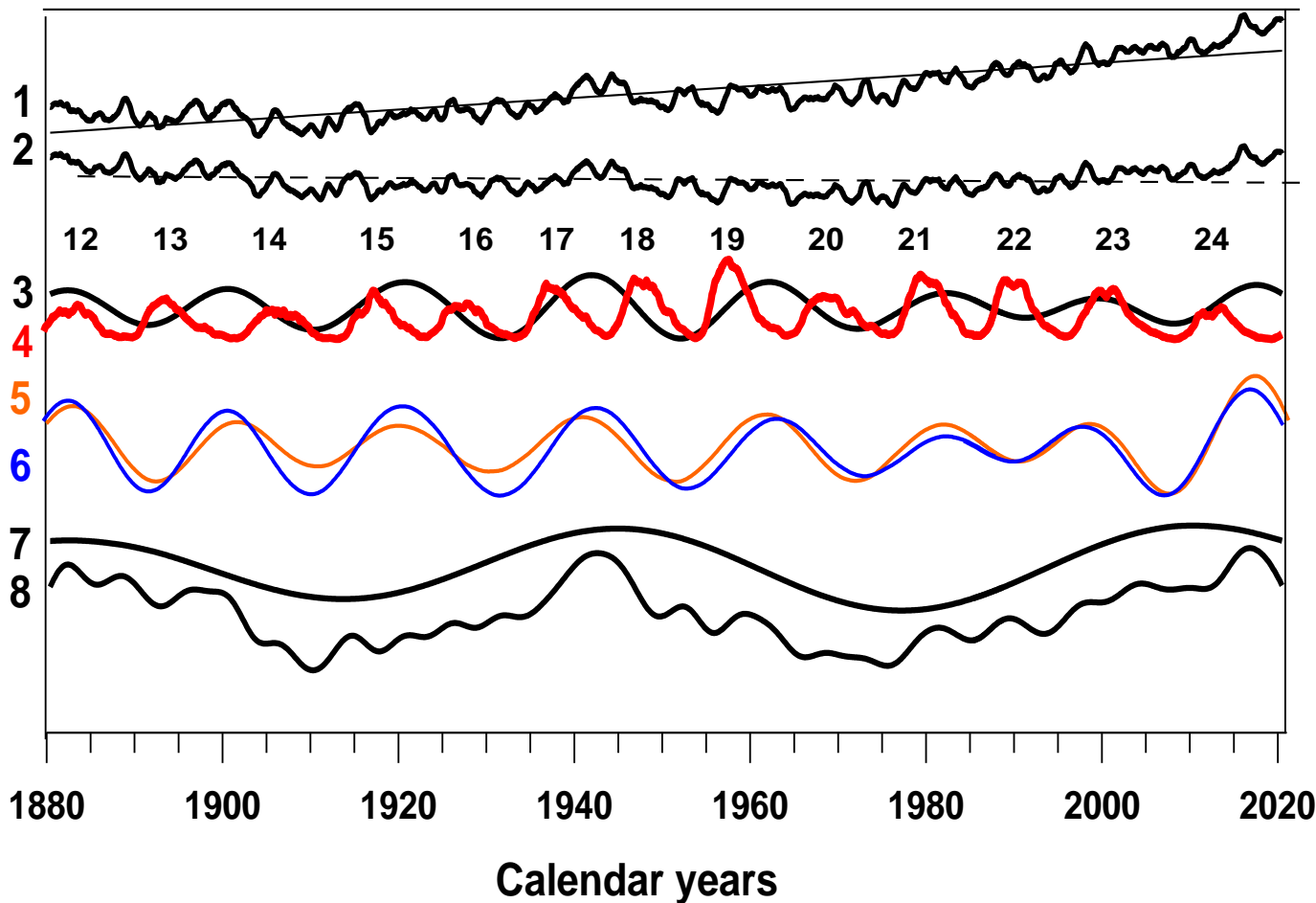
$$\hat{T}(b) = \sum_{a=4}^{a=90} WT_b(a)$$

Третья и четвертая волновые структуры -

структуры ВП, соответствующие пикам в спектре Фурье (NCDC) 20 лет и 70 лет, выглядят как чистая гармоника

с постоянными периодом и амплитудой на протяжении 140 лет инструментальных наблюдений, что является прямой (почти линейной) реакцией климатической системы на 22-летний цикл гелиомагнитной активности Хейла и 60-летний цикл, который является супергармоникой 1:3 цикла вращения Солнца вокруг центра масс Солнечной системы(180 лет) .

При обратном ВП эти волновые структуры восстанавливают конкретную форму многодекадных изменений, наблюдаемых во временных рядах глобальной температуры



- 1 – NCDC;
- 2 – NCDC без тренда;
- 3 – 20-лет.колебание, узкополосное обр. ВП ряда NCDC;
- 4 – **Sunspots**;
- 5 – 20-лет. колебание, узкополосное обр. ВП ряда CRUTEM3 (суша);
- 6 – 20-лет. колебание, узкополосное обр. ВП ряда HadSST4 (море);
- 7 – 70-лет. колебание, узкополосное обр. ВП ряда NCDC;
- 8 – кноидальная волна, широкополосное обратное ВП ряда NCDC.

Заключение

- Было подтверждено, что
 - ЧАНДЛЕРОВСКОЕ колебание полюсов Земли,
 - ЛУННО-СОЛНЕЧНАЯ нутация оси вращения Земли,
 - циклы СОЛНЕЧНОЙ активностивлияют на глобальную климатическую систему во временных масштабах **лет и десятилетий**.
- Впервые было обнаружено, что реакции климатической системы на эти внешние силы имеют внутреннюю упорядоченность, и поэтому их можно увидеть в реальных метеорологических наблюдениях как структуру типа музыкальной **полифонии**.
- Установлено, что механизм влияния цикла солнечной активности заключается в **частотной модуляции**. Это объясняет, почему это влияние трудно распознать в метеорологических наблюдениях.
- Современные климатические модели **не воспроизводят структуры десятилетних** вариаций реальной **глобальной** температуры.