



Научный семинар ЦЭПЛ РАН

---

## Естественная и антропогенная компоненты современного потепления климата

*Д.Г. Замолодчиков  
ЦЭПЛ РАН*

*Биологический ф-т МГУ  
имени М.В. Ломоносова*

Москва, 24 марта 2015 г.

# Основные положения концепции антропогенного потепления (согласно РКИК ООН, 1992)

---

- В результате человеческой деятельности произошло существенное увеличение концентрации парниковых газов атмосферы.
- Это приводит к потеплению поверхности и атмосферы Земли и может оказывать неблагоприятное воздействие на природные экосистемы и человечество.
- Стороны РКИК ООН обязуются предпринимать меры по ограничению антропогенных выбросов парниковых газов.

- Сванте Аррениус (1859-1927) открыл парниковый эффект атмосферы.



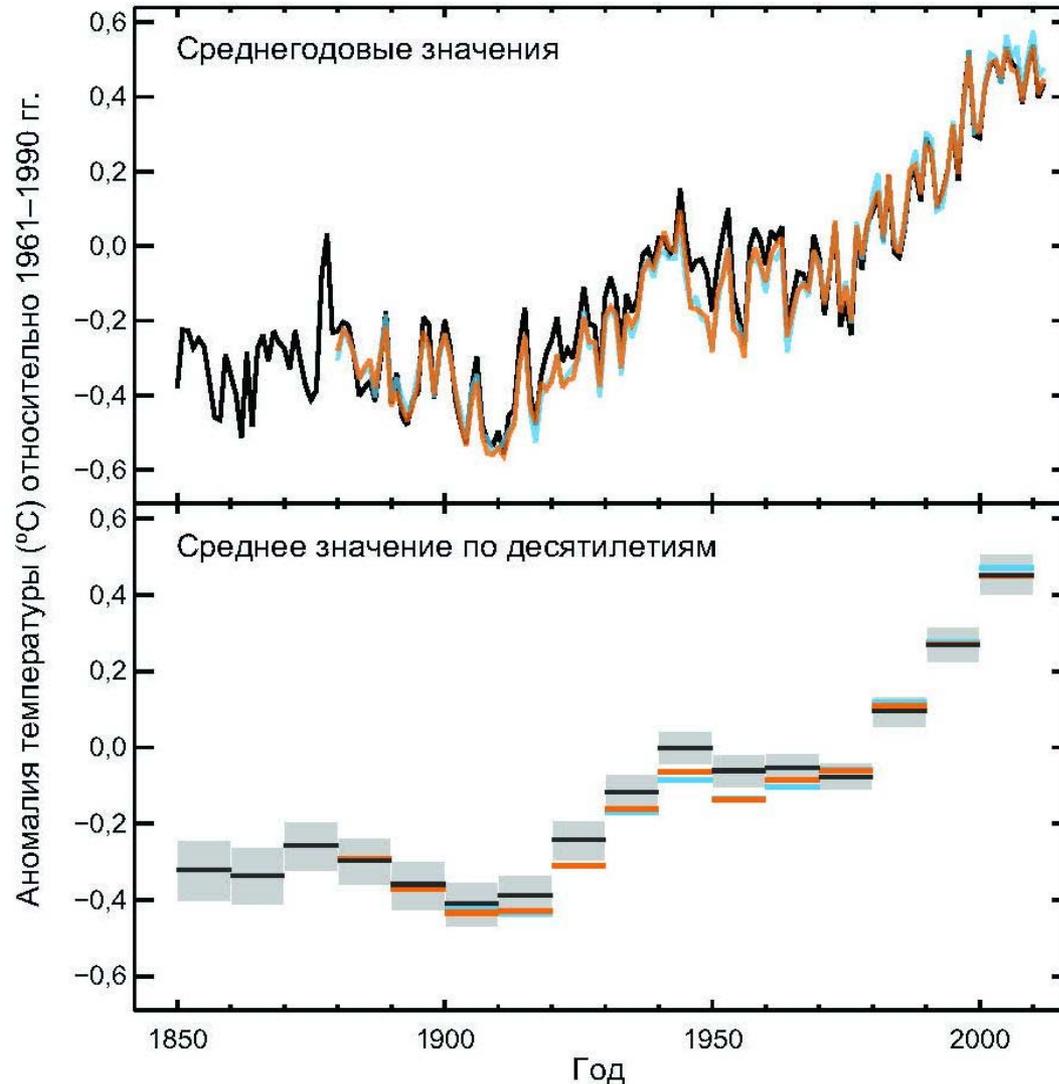
- Будыко Михаил Иванович (1920-2001) – автор концепции глобального потепления.



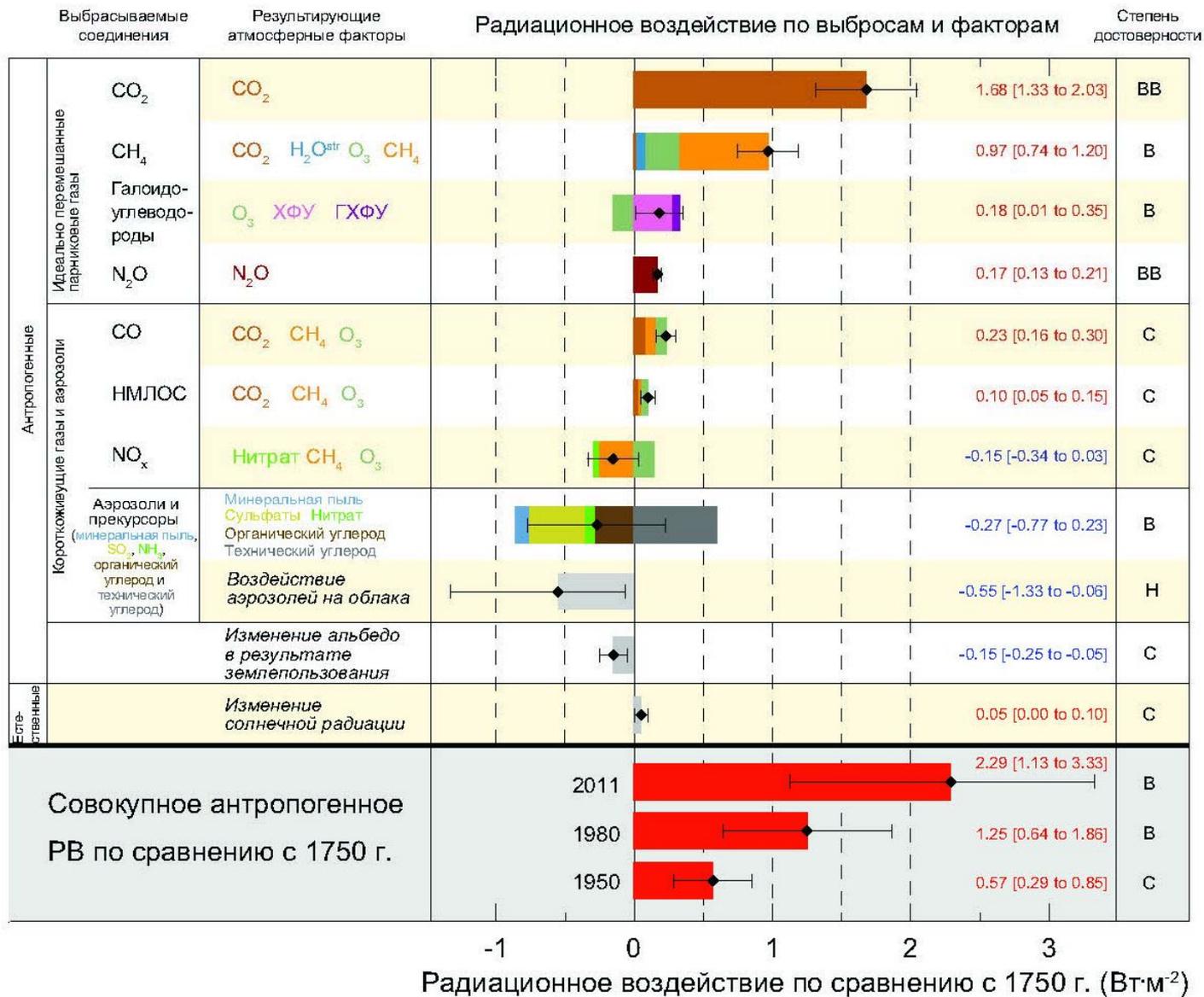
# Рост глобальной температуры согласно 5-му докладу МГЭИК

Наблюдаемая в период 1850–2012 гг. средняя глобальная аномалия совокупной температуры поверхности суши и поверхности океана

а)



# Факторы изменения климата согласно 5-му докладу МГЭИК



# З.М. Гудкович (1925-2014) – представитель климатических скептиков

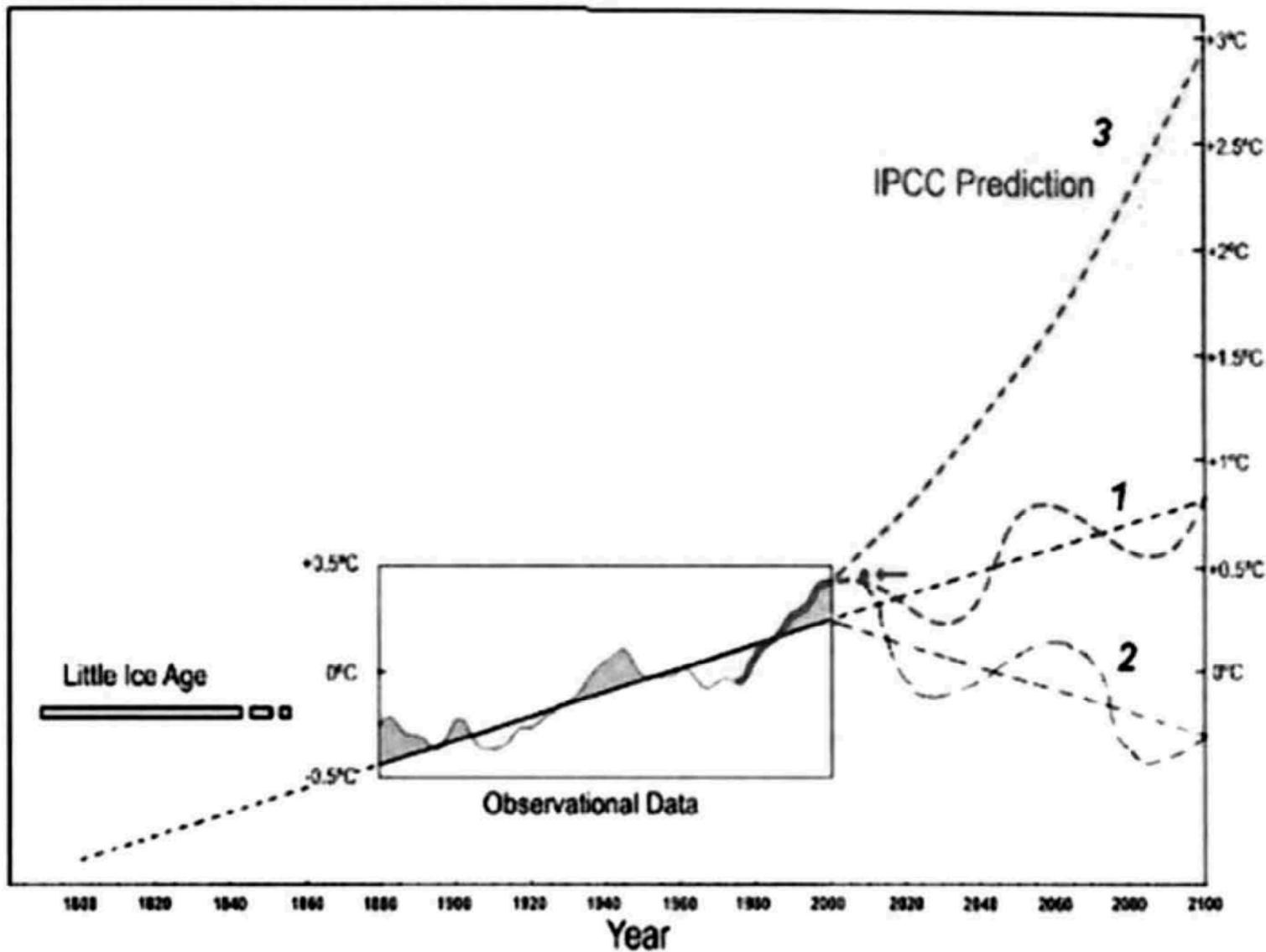
---



М.М. Сомов и З.М. Гудкович на СП-5  
(фото с сайта <http://www.polarpost.ru/>)



# Концепция естественного потепления – восходящая ветвь долговременного цикла



# Источники информации

---

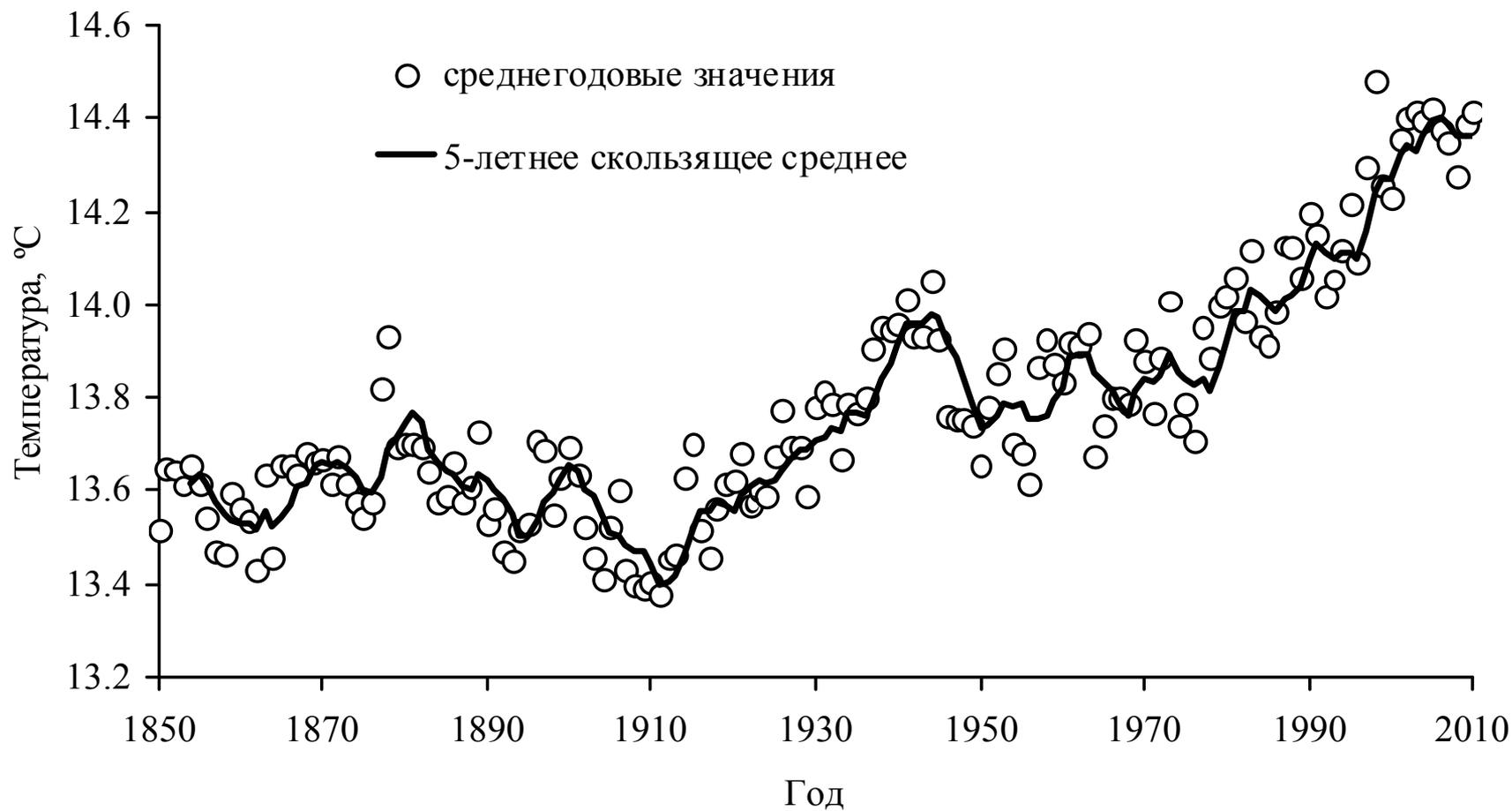
- Массив данных по аномалиям глобальной температуры за 1850-2010 гг. Центра анализа информации по диоксиду углерода (Оак Ридж, США)  
<http://cdiac.ornl.gov/trends/temp/jonescru/jones.html>
- Исторические сведения по динамике атмосферной концентрации CO<sub>2</sub> за 1850-1958 гг.  
[http://www.earth-policy.org/books/fpep/fpep\\_data](http://www.earth-policy.org/books/fpep/fpep_data)
- Данные мониторинга атмосферной концентрации CO<sub>2</sub> по станции Мауна-Лоа Национального управления океанических и атмосферных исследований (Боулдер, США)  
[http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2\\_data\\_mlo.html](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html)

# Источники информации

---

- Сеть палеоклиматических реконструкций Национального управления океанических и атмосферных исследований (Боулдер, США)  
<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/pubs/pcn/pcn.html>
- Сведения по глобальной динамике эмиссий CO<sub>2</sub> от сжигания ископаемого топлива Центра анализа информации по диоксиду углерода (Оак Ридж, США)  
[http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre\\_glob.html](http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.html)
- Прогнозные сценарии антропогенных эмиссий и атмосферных концентраций CO<sub>2</sub>, предложенные МГЭИК  
[http://www.ipcc-data.org/ddc\\_co2.html](http://www.ipcc-data.org/ddc_co2.html)

# Динамика глобальной температуры



# Обобщенное уравнение для описания динамики температуры

---

$$T = a + F(x) + c_1 \sin(c_2 + c_3 Y) + d_1 \sin(d_2 + d_3 Y)$$

$T$  – средняя глобальная температура, °C

$F(x)$  – функция тренда

$Y$  – порядковый номер года

$a$  – постоянный параметр

$c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3$  – параметры циклов.

## Уравнение 1 – линейный тренд восстановления после малого ледникового периода

---

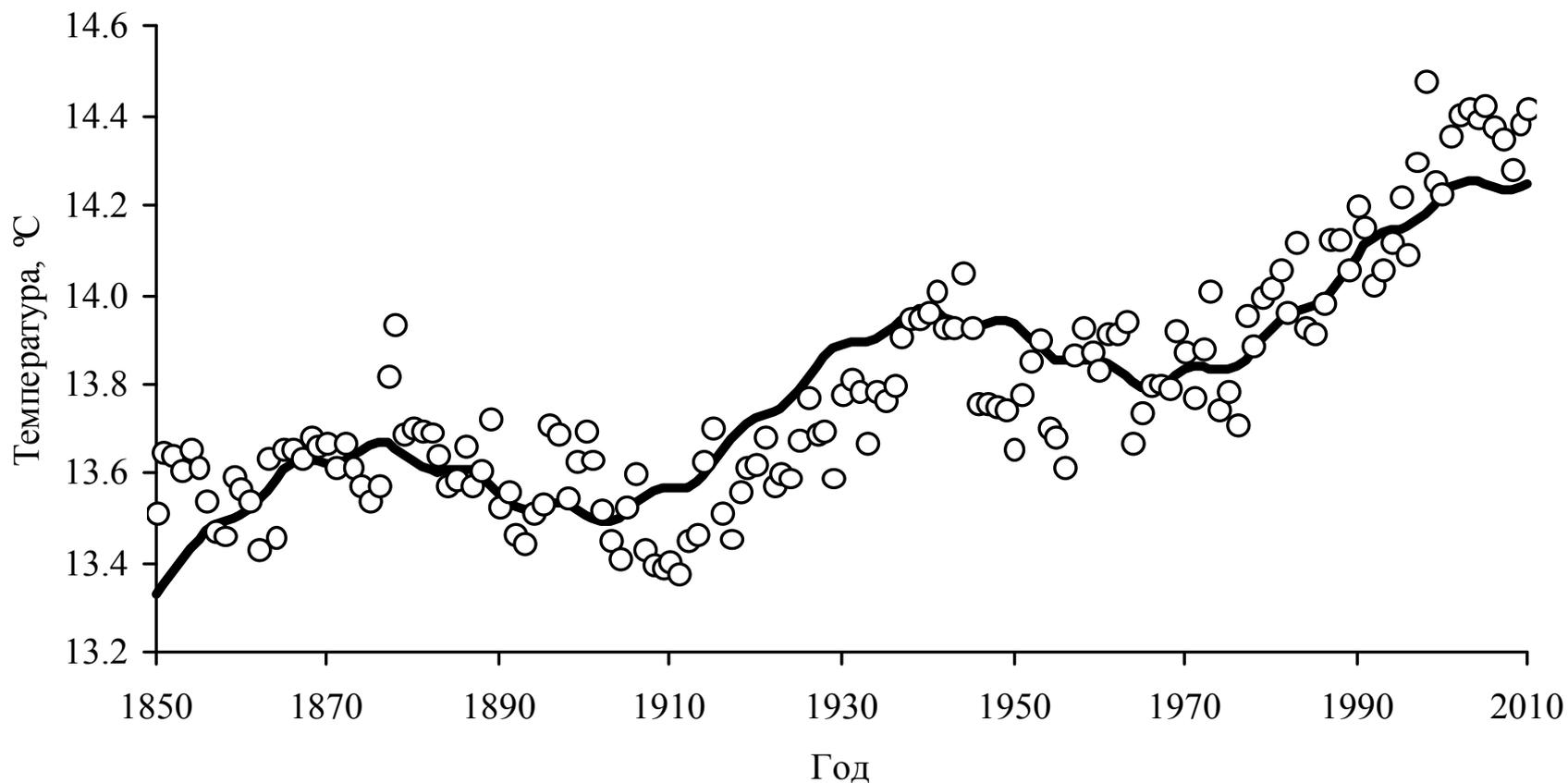
$$T = 5.03 + 0.00453 Y - \\ - 0.138 \sin(10.0 + 0.0945 Y) + \\ + 0.0187 \sin(0.600 Y)$$

$$R^2 = 0.789, P < 0.01, n = 161$$

Цикл 1: период 66 лет, амплитуда 0.3 °C

Цикл 2: период 10.5 лет, амплитуда 0.04 °C

# Описание динамики глобальной температуры уравнением 1



## Уравнение 2 – три циклические КОМПОНЕНТЫ

---

$$T = 13.8 - 0.302 \sin(0.024 Y) - \\ - 0.131 \sin(-9.40 + 0.104 Y) + \\ + 0.0222 \sin(0.600 Y)$$

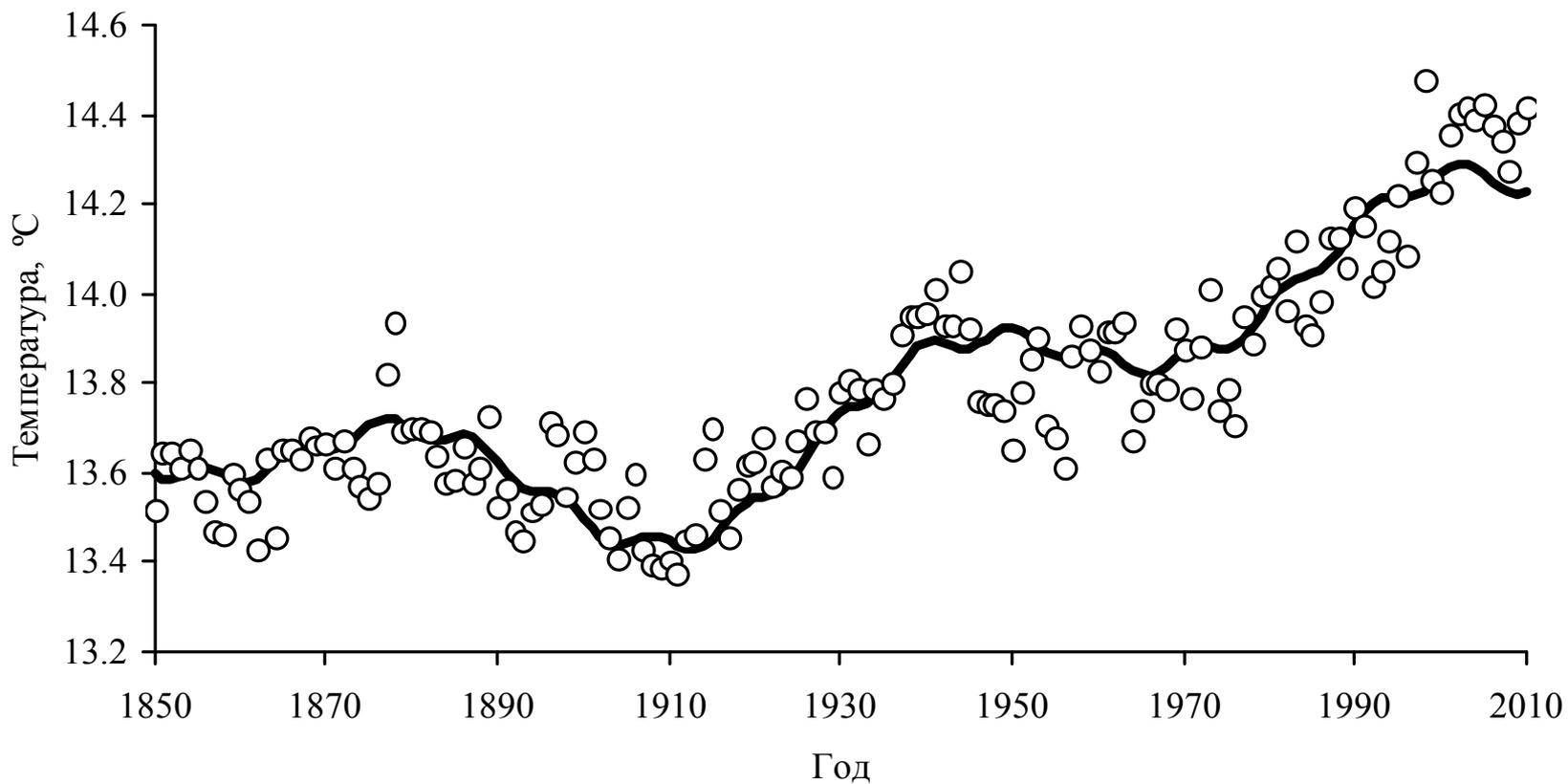
$$R^2 = 0.852, P < 0.01, n = 161$$

Цикл 1: период 230 лет, амплитуда 0.6 °C

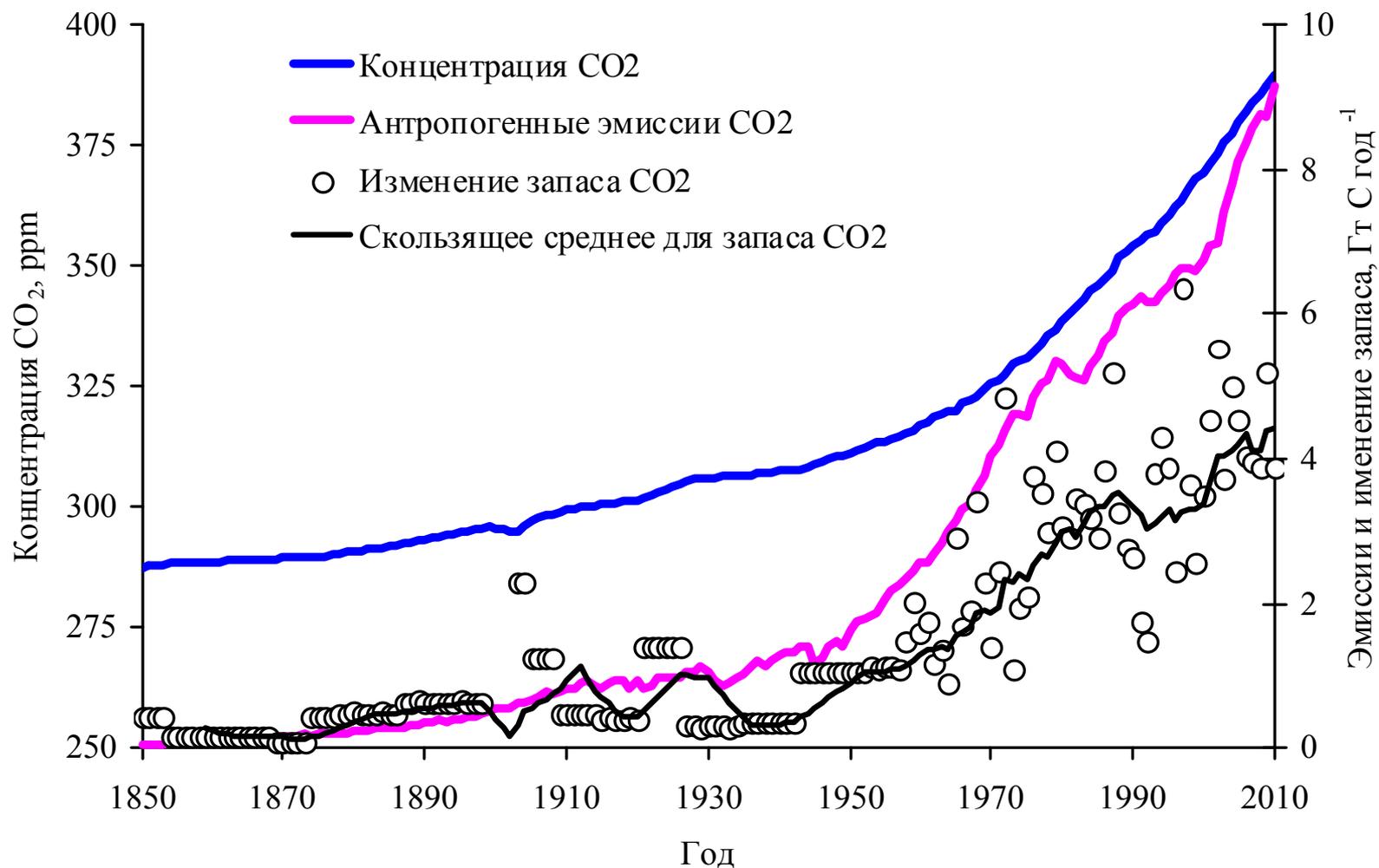
Цикл 2: период 66 лет, амплитуда 0.3 °C

Цикл 3: период 10.5 лет, амплитуда 0.04 °C

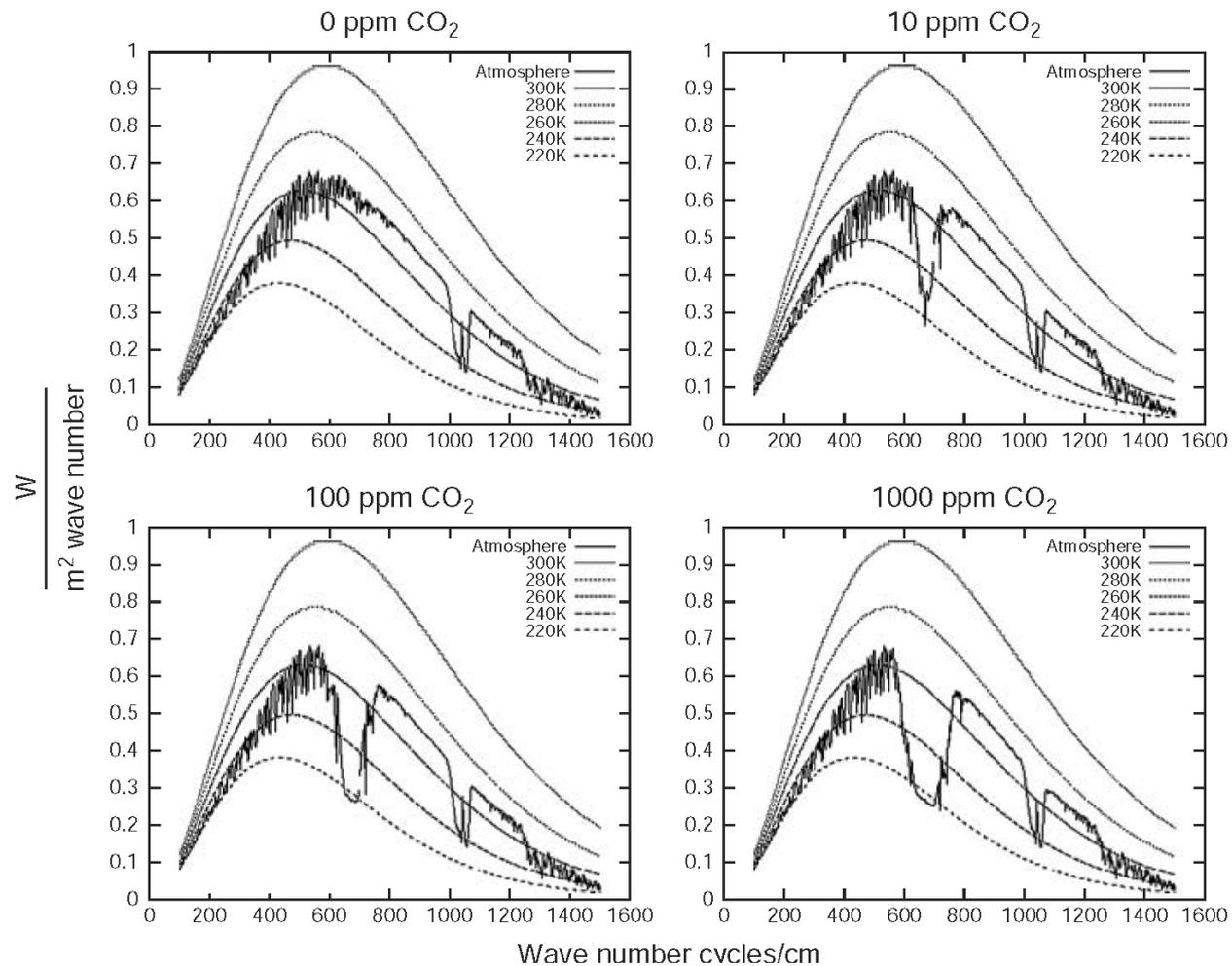
# Описание динамики глобальной температуры уравнением 2



# Динамика концентрации $\text{CO}_2$ , антропогенных эмиссий $\text{CO}_2$ и изменения запаса $\text{CO}_2$ атмосферы



# Исчерпание полосы поглощения – механизм формирования логарифмической связи между температурой и концентрацией CO<sub>2</sub>



Уравнение 3 – логарифмическая связь с концентрацией CO<sub>2</sub> и два циклических процесса

---

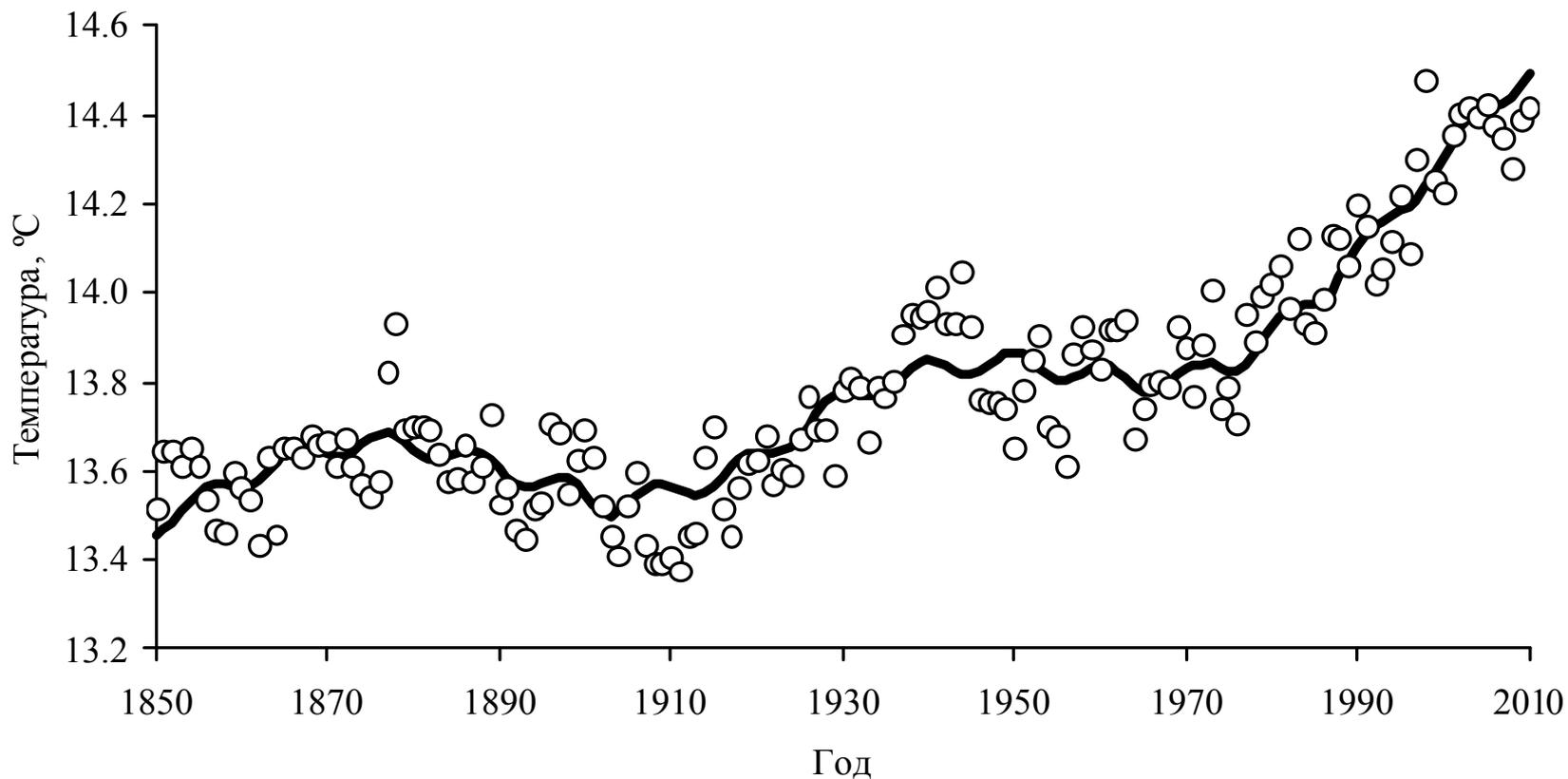
$$T = -2.46 + 2.82 \ln(\text{CO}_2) - \\ - 0.101 \sin(15.7 + 0.0914 Y) + \\ + 0.0247 \sin(0.600 Y)$$

$$R^2 = 0.866, P < 0.01, n = 161$$

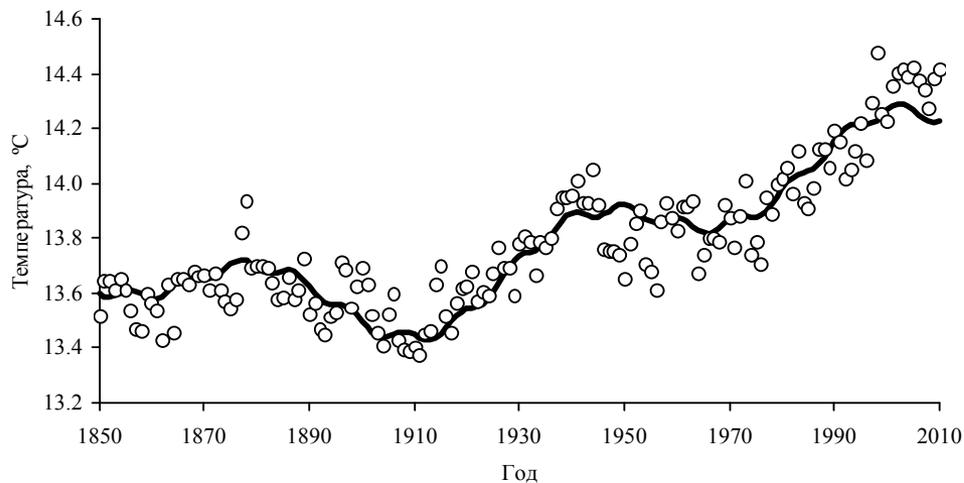
Цикл 1: период 69 лет, амплитуда 0.2 °C

Цикл 2: период 10.5 лет, амплитуда 0.05 °C

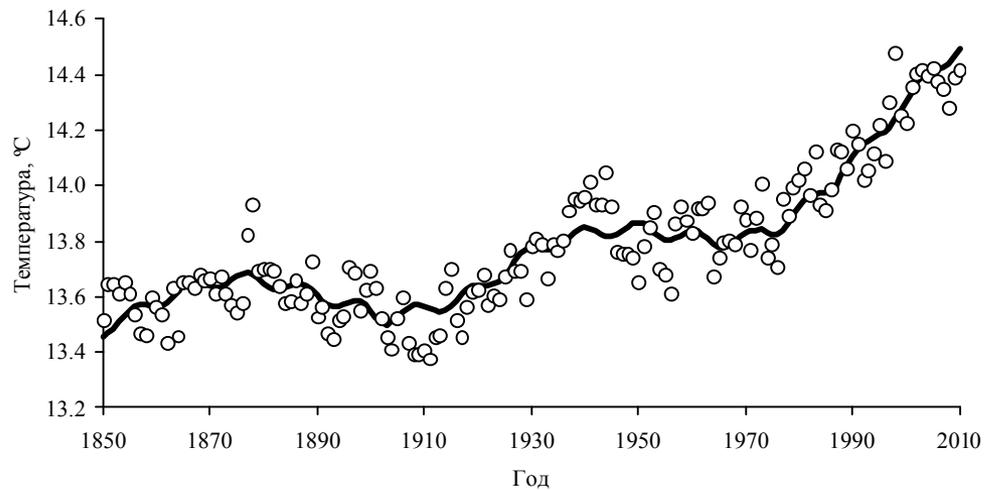
# Описание динамики глобальной температуры уравнением 3



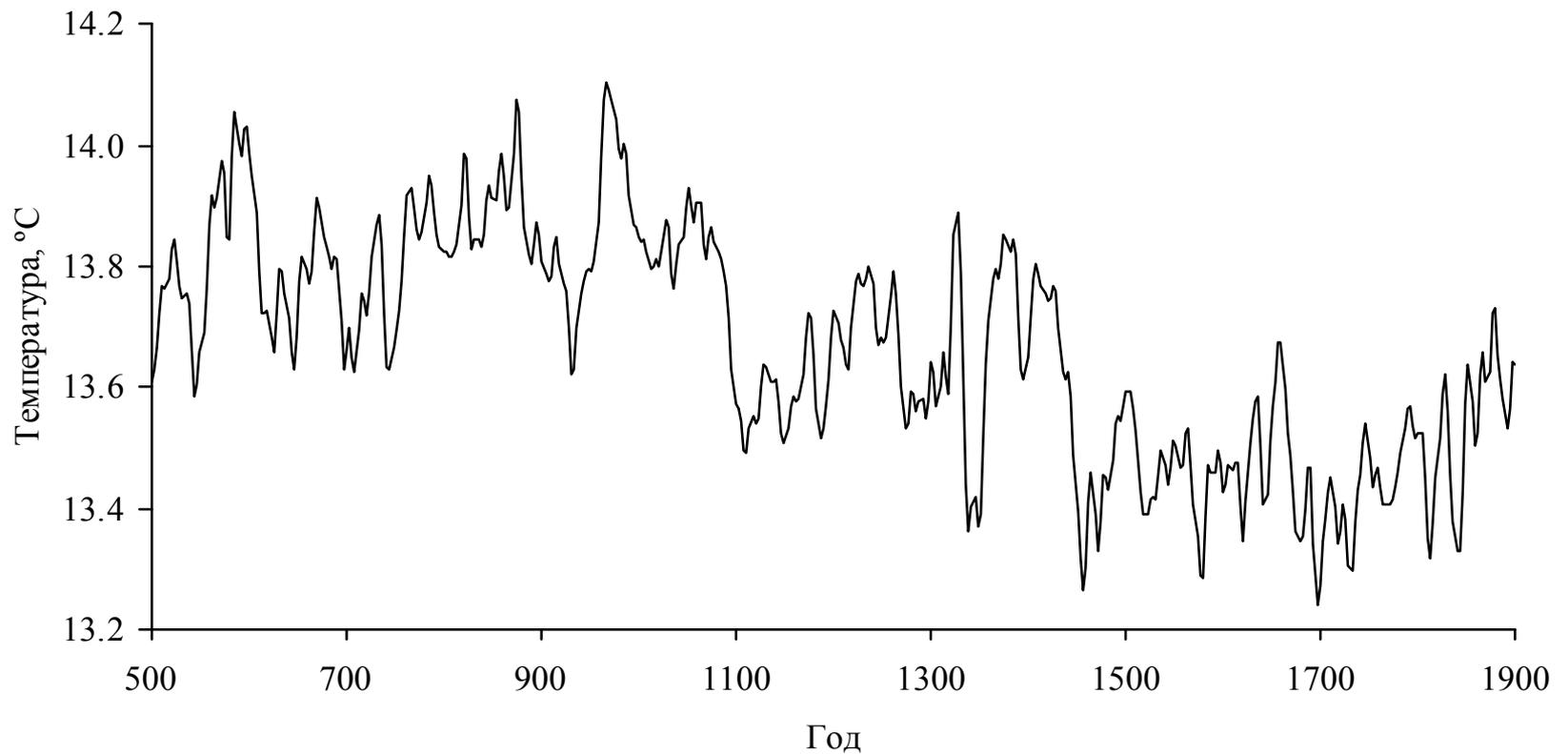
# Какое уравнение лучше?



Уравнение 3  
 $R^2=0.866$



# Реконструкция палеоклимата



Mann et al., 2008

## Уравнение 4 - описание палеореконструкции тремя циклами

---

$$T = 13.7 - 0.193 \sin(-1.35 + 0.00357 Y) - 0.0622 \sin(-0.852 + 0.0303 Y) - 0.0266 \sin(3.55 + 0.0973 Y)$$

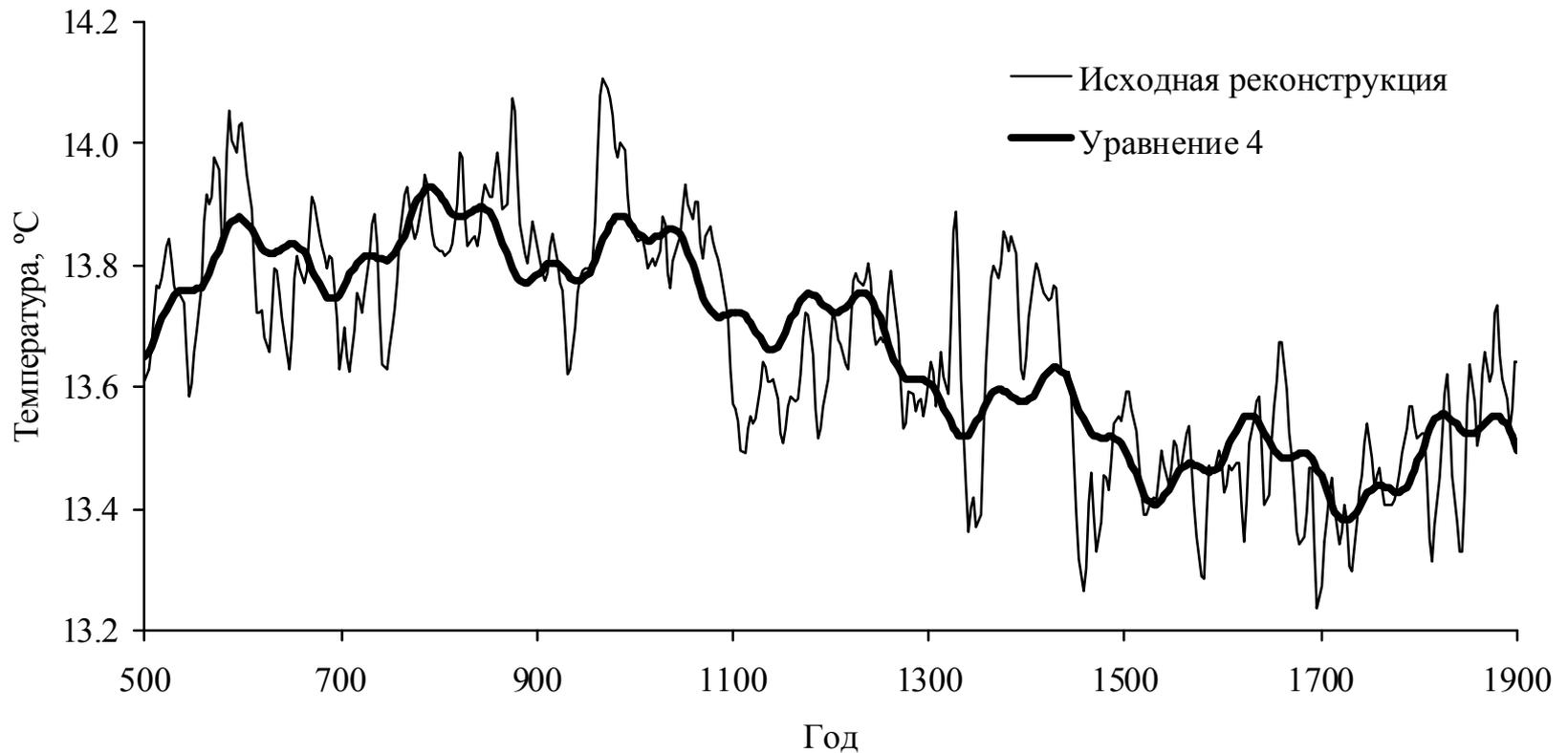
$$R^2 = 0.678, P < 0.01, n = 468$$

Цикл 1: период 1759 лет, амплитуда 0.4 °C

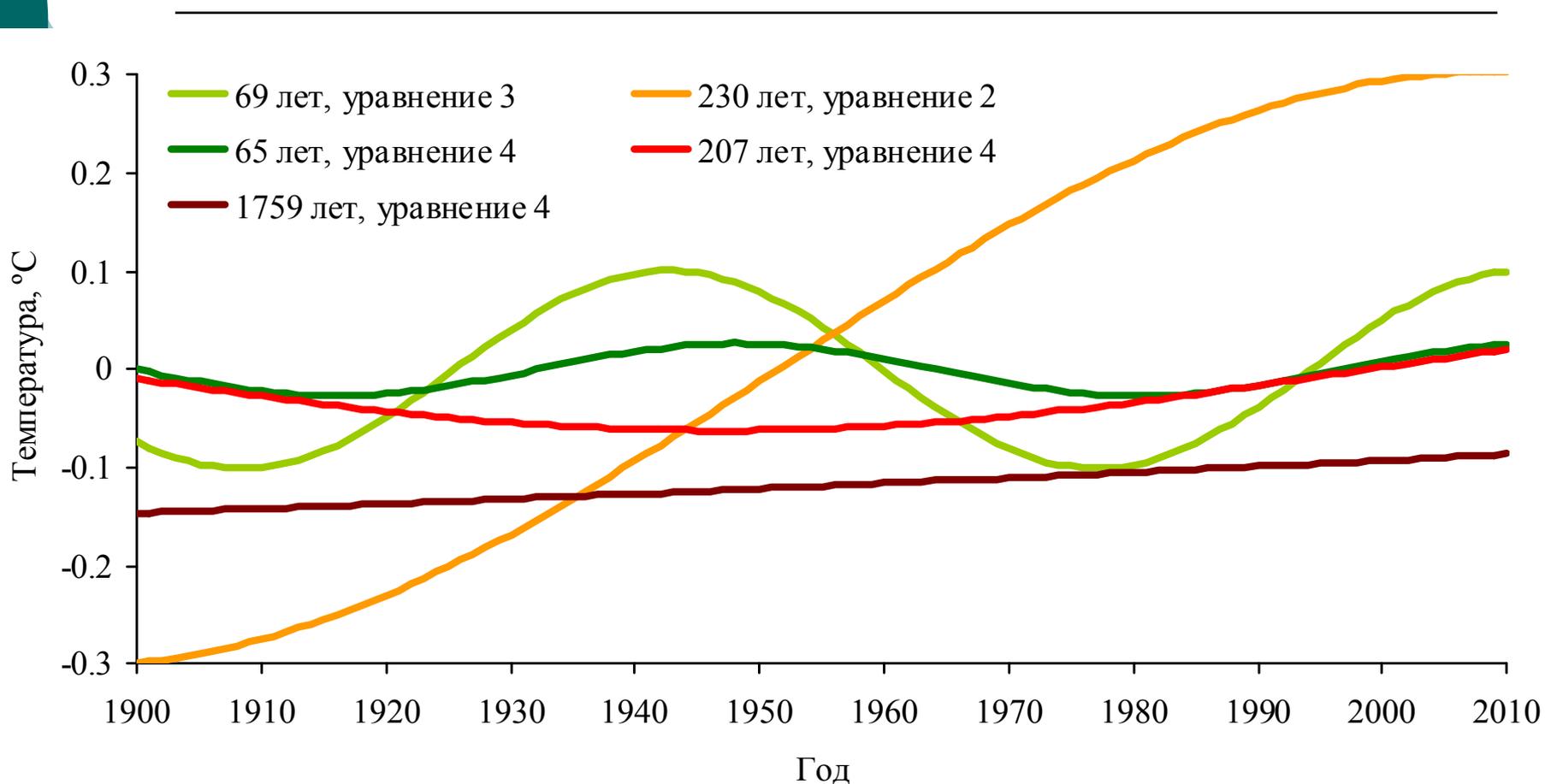
Цикл 2: период 207 лет, амплитуда 0.1 °C

Цикл 3: период 65 лет, амплитуда 0.05 °C

# Описание реконструкции палеоклимата уравнением 4



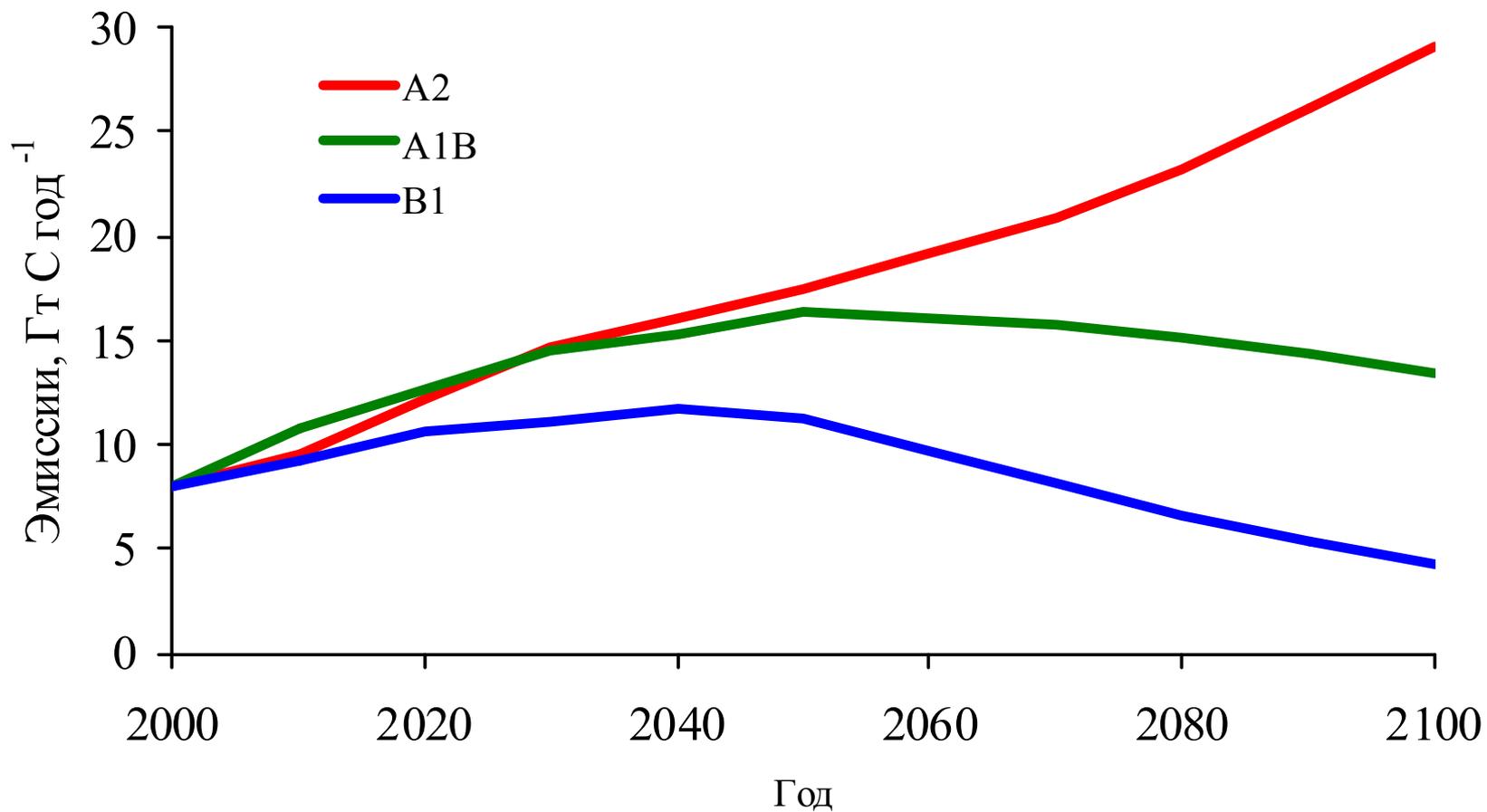
# Сравнение хода потенциальных циклических компонент в 1900-2100 гг.



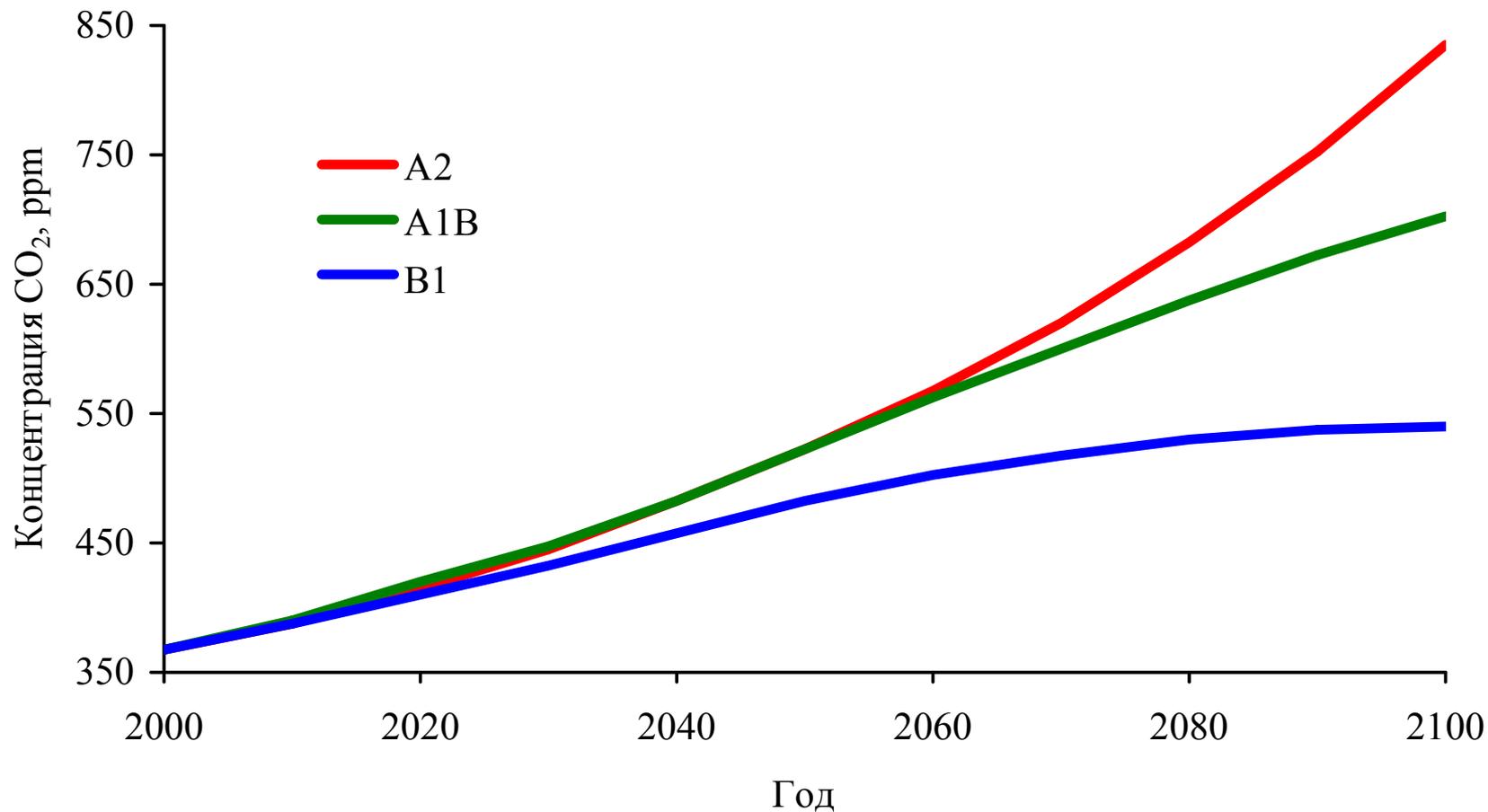
# Сравнение оценок вклада CO<sub>2</sub> в парниковый эффект атмосферы

Источник	Парниковый эффект CO <sub>2</sub> , °C	Доля от суммарного эффекта (33 °C), %	Глобальная температура без CO <sub>2</sub> , °C
Уравнение 3	16.9	51	-2.5
Kiehl, Trembert, 1997; Монин, Шишков, 2000	7-8	23-25	6-7
Lacis et al., 2010	-	-	-21

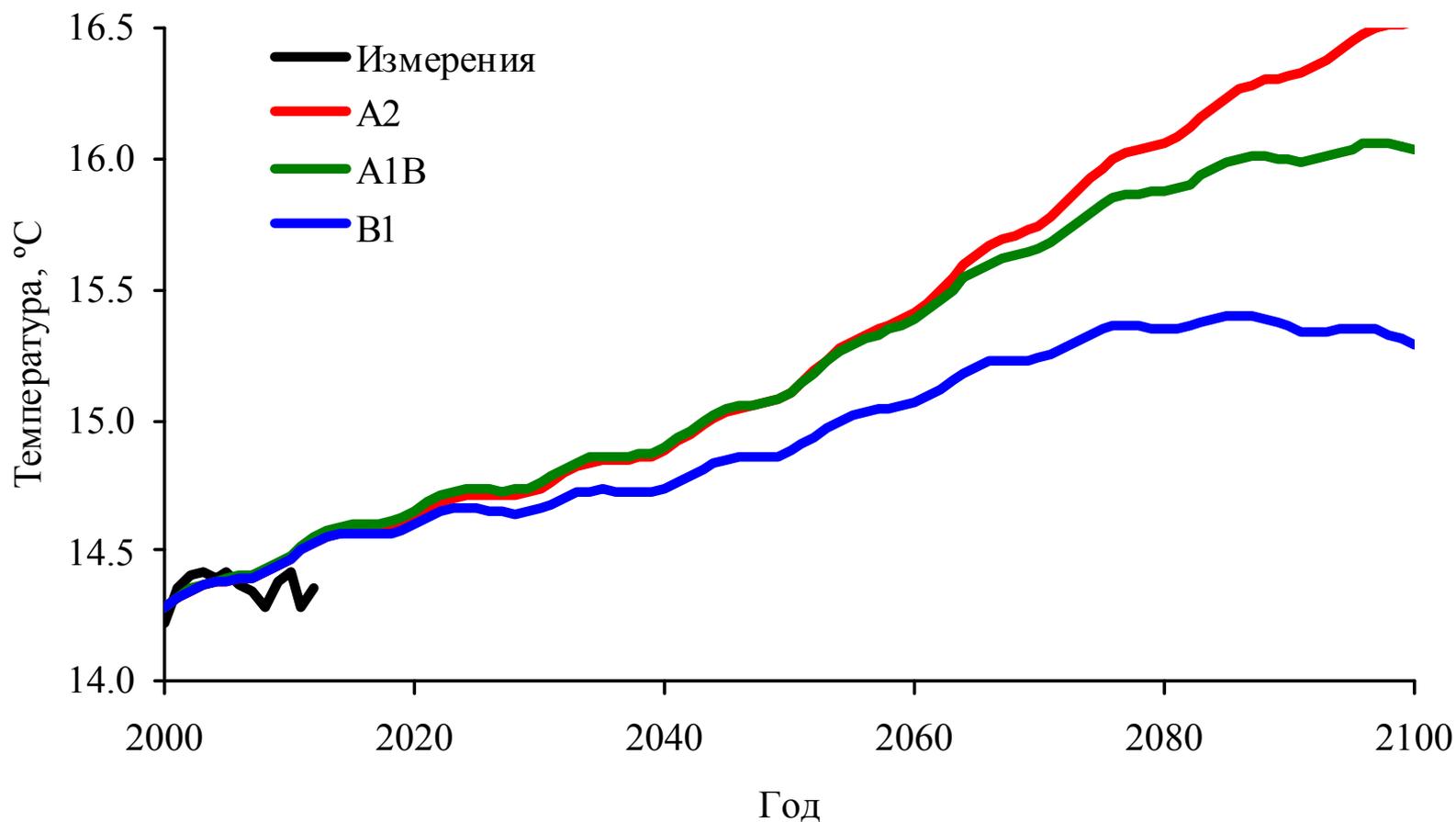
# Сценарии роста антропогенных выбросов МГЭИК



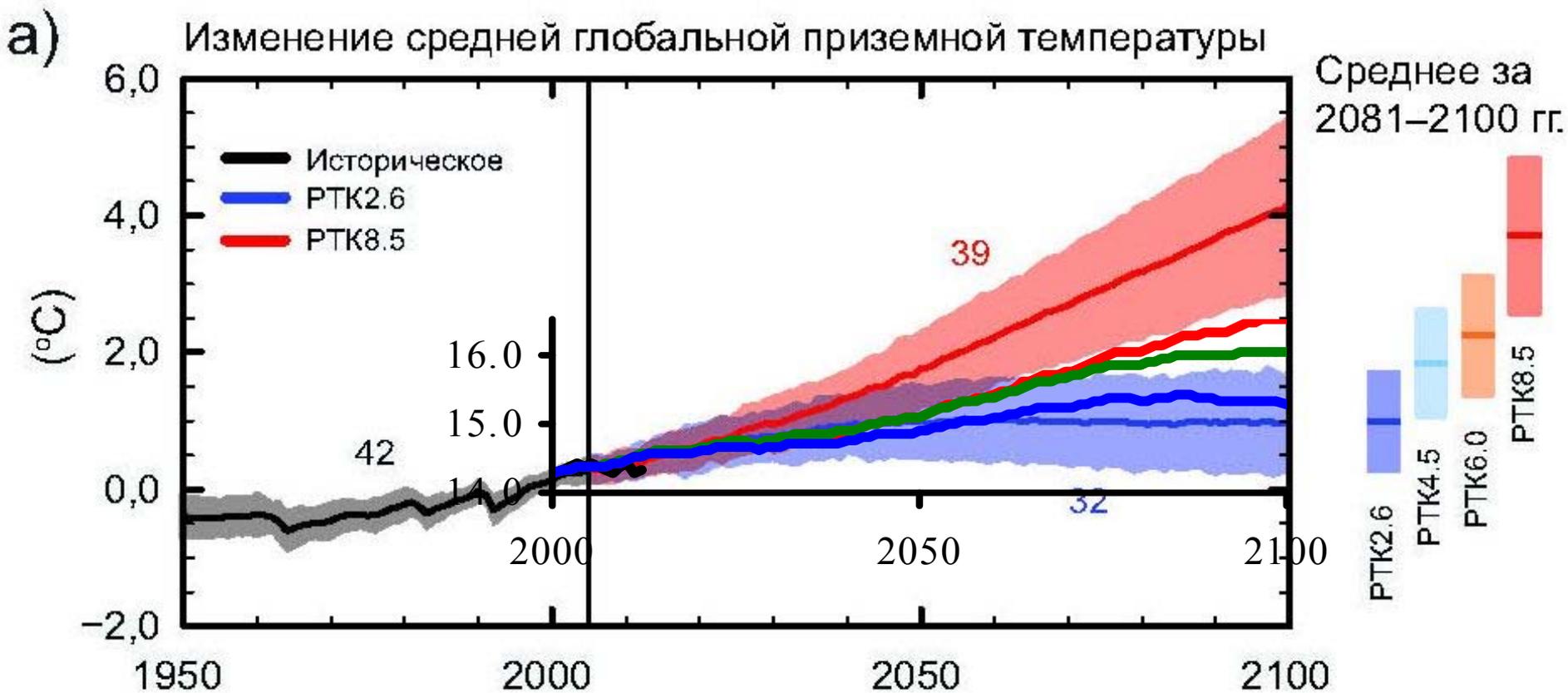
# Прогноз изменения концентрации CO<sub>2</sub> по модели BERN для сценариев МГЭИК



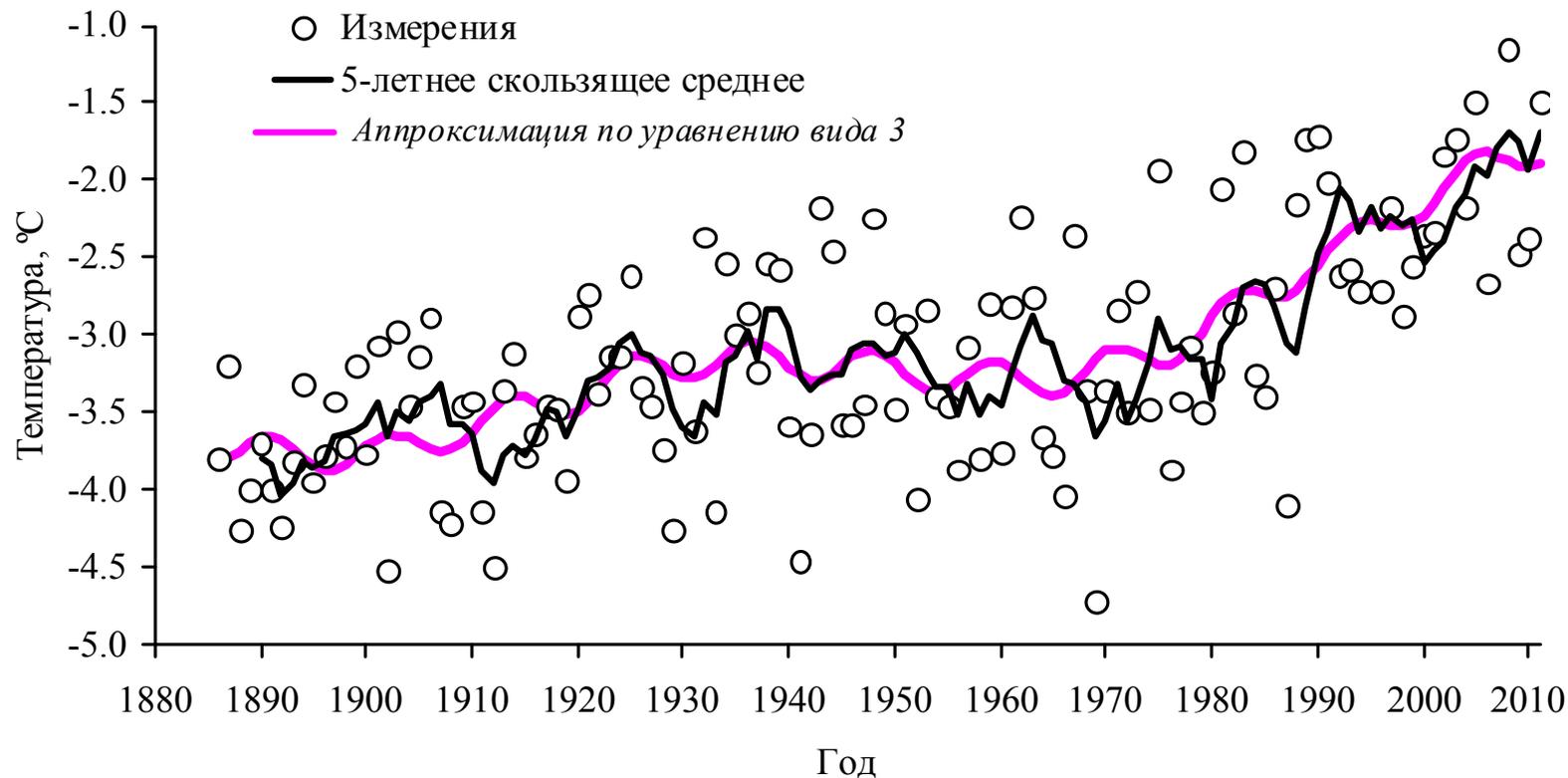
# Прогноз глобальной температуры по уравнению 3



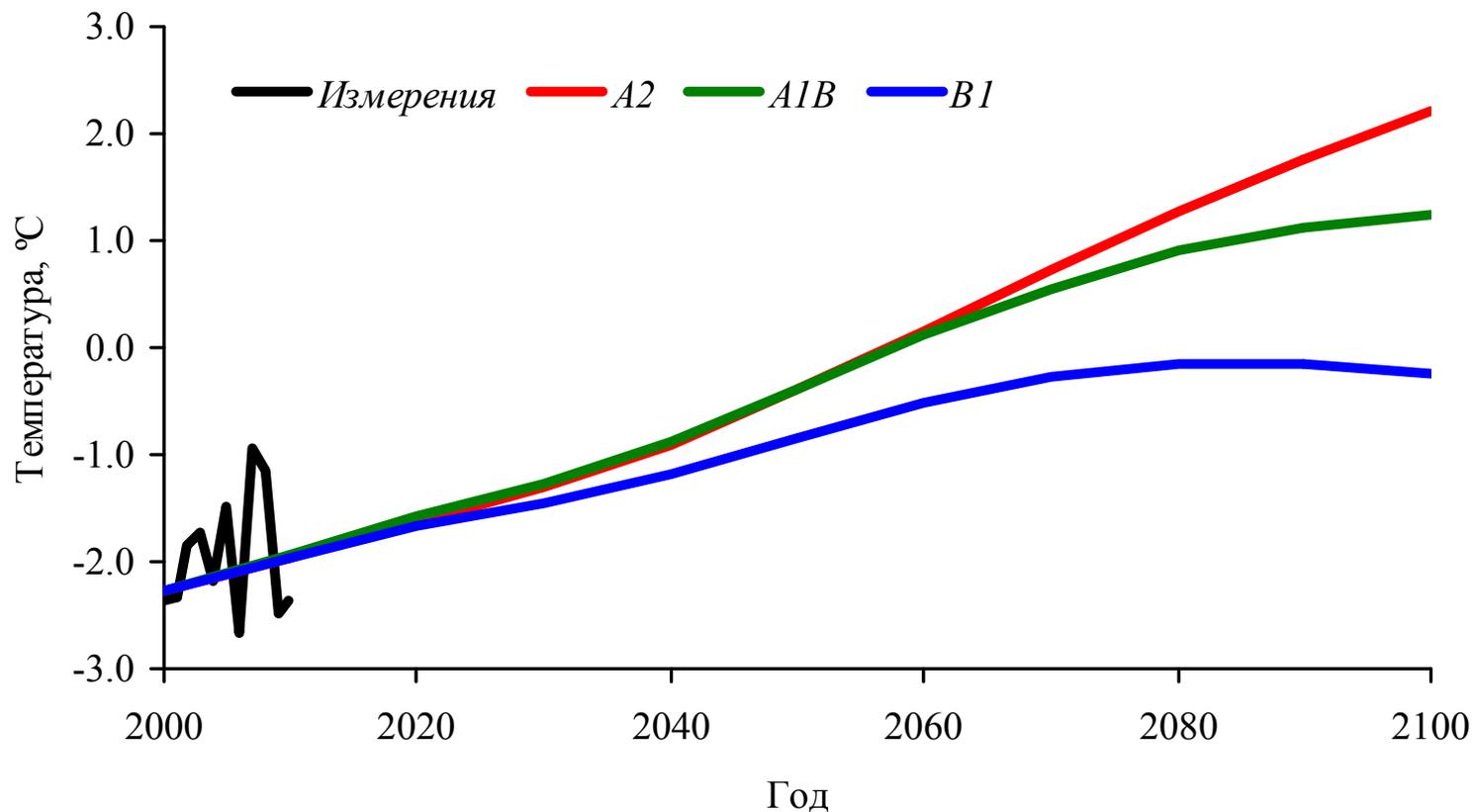
# Сравнение температурных прогнозов МГЭИК и по уравнению 3



# Динамика температуры в России и ее аппроксимация уравнением вида 3



# Прогноз роста температуры в России по уравнению вида 3



# Выводы

---

- Современное потепление климата лучшим образом описывается с привлечением фактора, связанного с антропогенным ростом атмосферной концентрации  $\text{CO}_2$ .
- Естественные циклические процессы с периодами 10.5 и 69 лет вносят вклад в динамику глобальной температуры, модулируя темпы ее изменения вплоть до возникновения кратковременных похолоданий.
- Прогнозы МГЭИК по жестким сценариям выбросов примерно в 2 раза завышают рост температуры.

# Публикации

---

- Замолодчиков Д.Г. Естественная и антропогенная концепции современного потепления климата // Вестник Российской академии наук. 2013. Т. 83. № 3. С. 227-235.
- Замолодчиков Д.Г. Антропогенная и естественная компоненты динамики температуры на территории России // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». 2013. № 1. С. 36-42.
- Замолодчиков Д.Г. Естественная и антропогенная компоненты современных изменений глобальной температуры // Доклады Академии наук. 2014. Т. 456. № 3. С. 351-354.

**Спасибо за  
внимание!**

