Модель климата ИВМ РАН. Современное состояние, перспективы развития, вероятное участие в следующей фазе международного сравнения климатических моделей

Володин Е.М., Грицун А.С., Брагина В.В., Черненков А.Ю., Тарасевич М.А.

Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН

Модель климатической системы Земли включает в себя следующие блоки:

1. Динамика атмосферы, включая модель поверхности суши и почвы
2. Динамика океана и морского льда
3. Аэрозольный блок
4. Углеродный цикл (учет эволюции углерода растений, почвы, океана)
5. Электрические явления (молнии, ионосферный потенциал)

Может включать в себя также модели:

1. Динамики ионосферы
2. Эволюции ледниковых щитов
3. Биохимии океана
4. Химии атмосферы

Модель реализована на многопроцессорных вычислительных системах с распределенной памятью.

Например, при разрешении
1.25x1 градус и 73 уровня в атмосфере (верхняя граница около 60 км)
и 0.5x0.25 градуса и 40 уровней в океане
обычно используется 1120 вычислительных ядер:
480 ядер на динамику атмосферы
480 на аэрозольный блок
160 на динамику океана

Модель используется для:

Моделирования климата и его изменений.

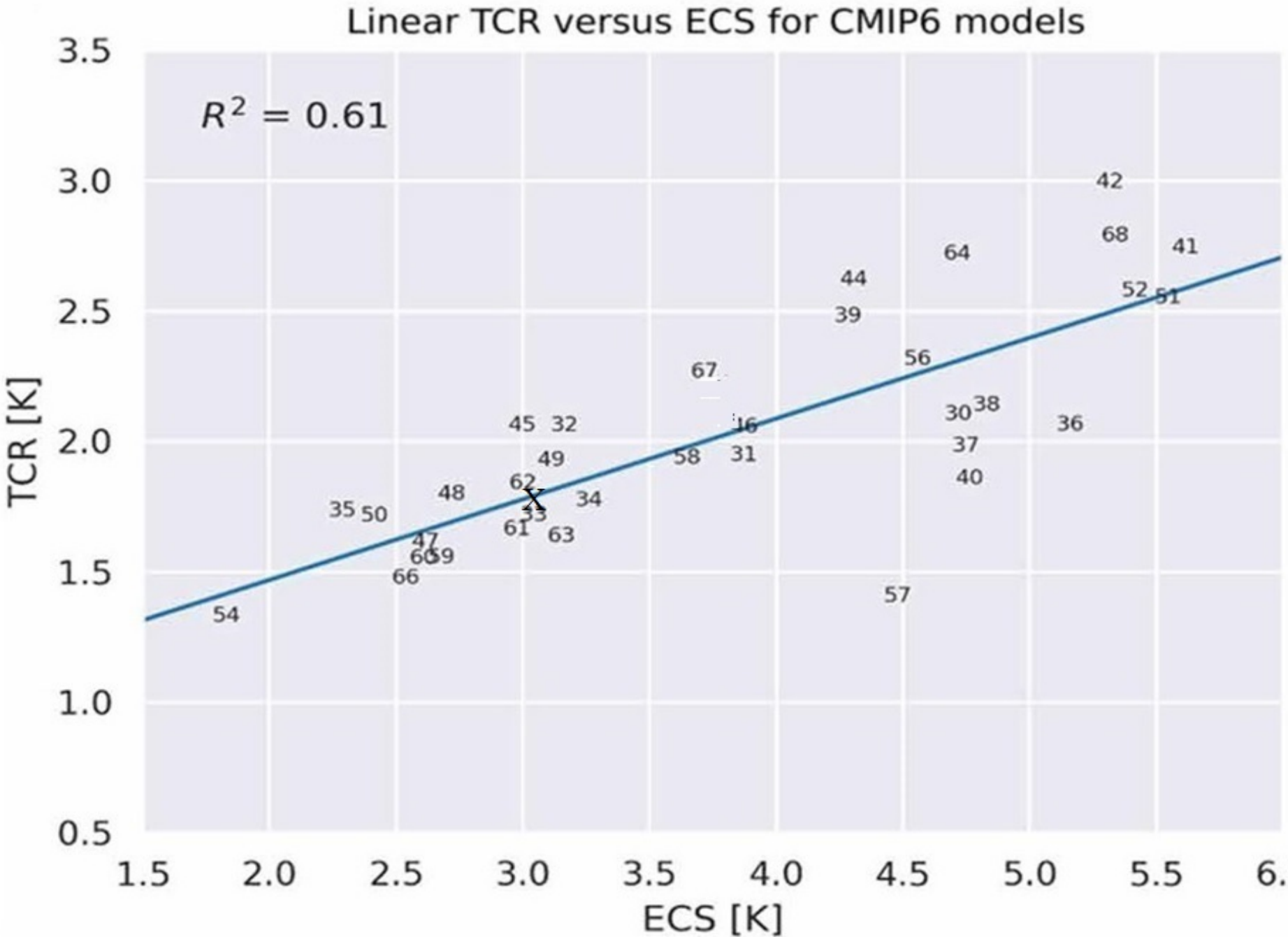
Участие в CMIP3 (2003-2004), CMIP5 (2010-2011), CMIP6 (2018-2019)

Воспроизведение исторических изменений климата 1850-2014г.

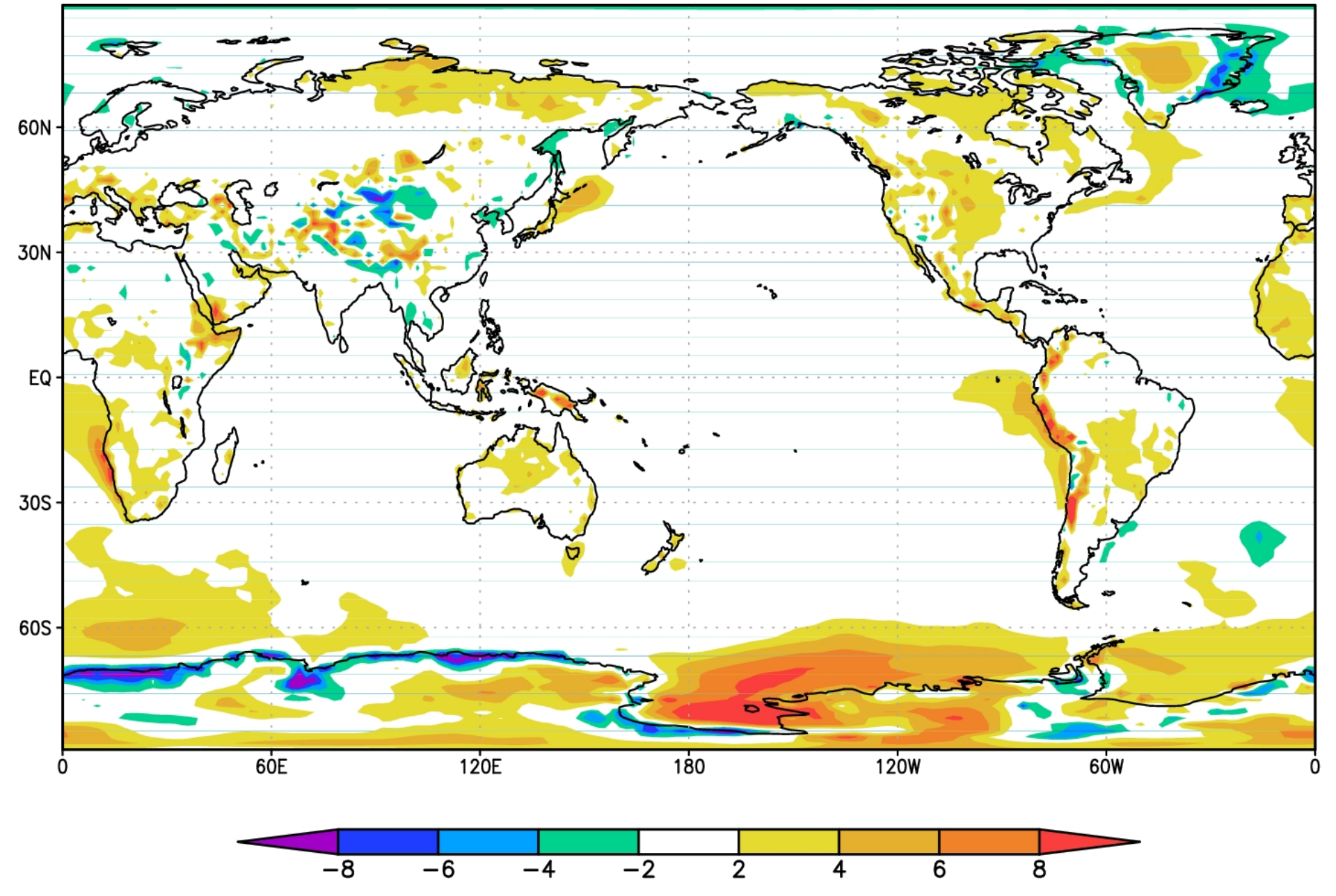
Оценка вероятных будущих изменений климата в 21 веке при различных сценариях

Моделирование климата прошлых эпох:

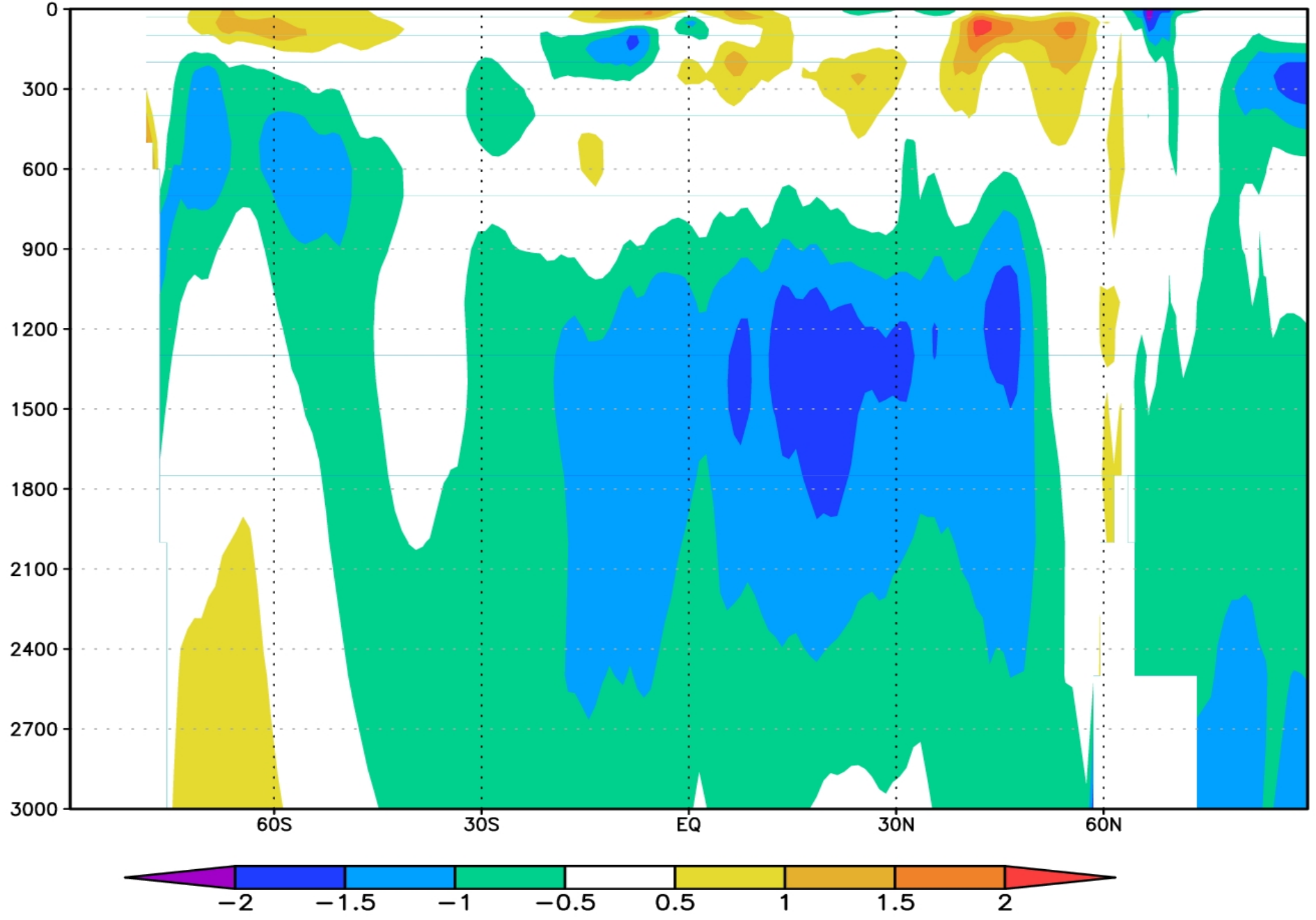
Равновесная чувствительность и неравновесный отклик моделей CMIP6 и INMCM6



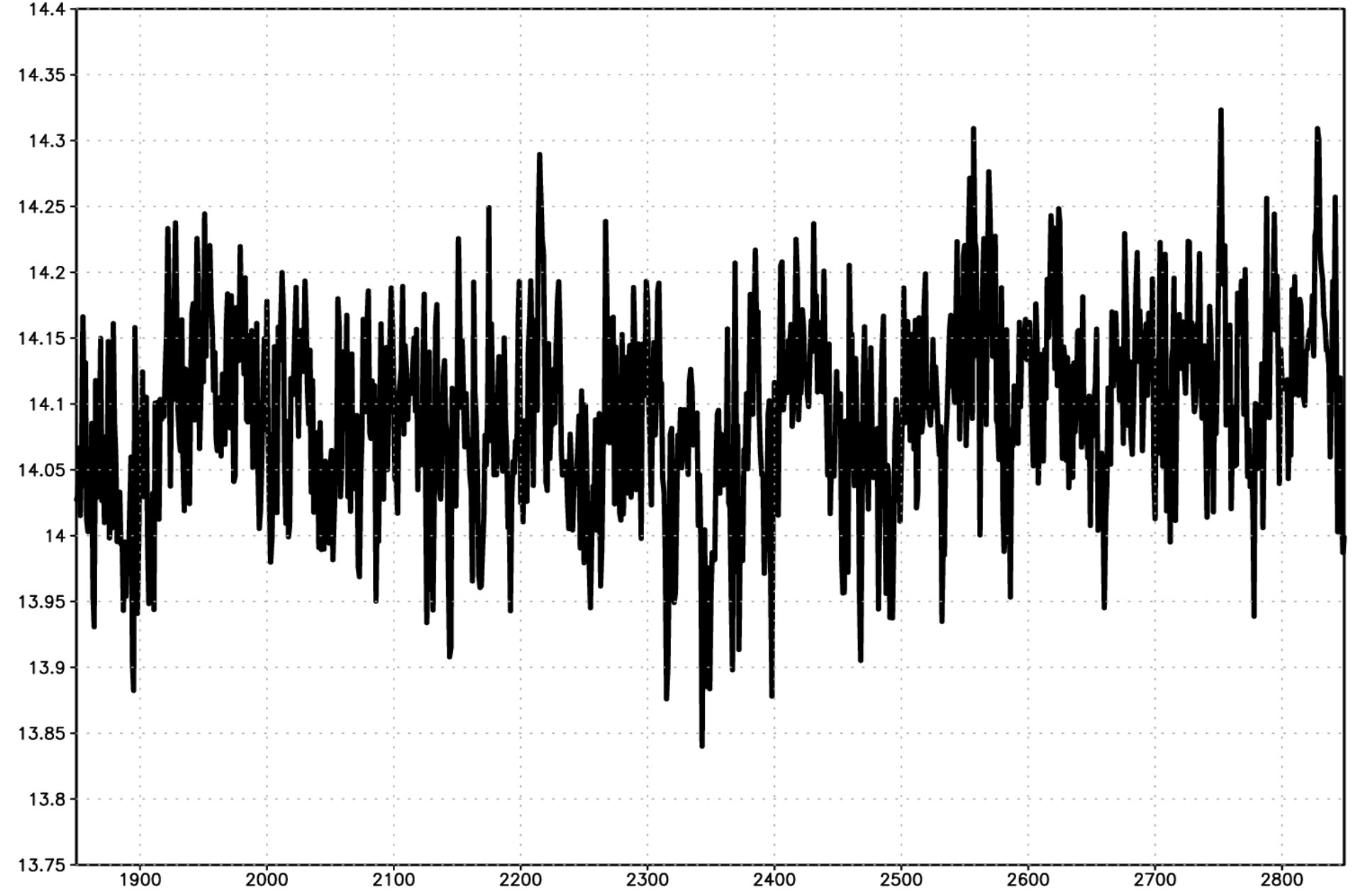
Среднегодовая ошибка температуры воздуха на 2м для 1980-2014г.



Ошибка в температуре океана

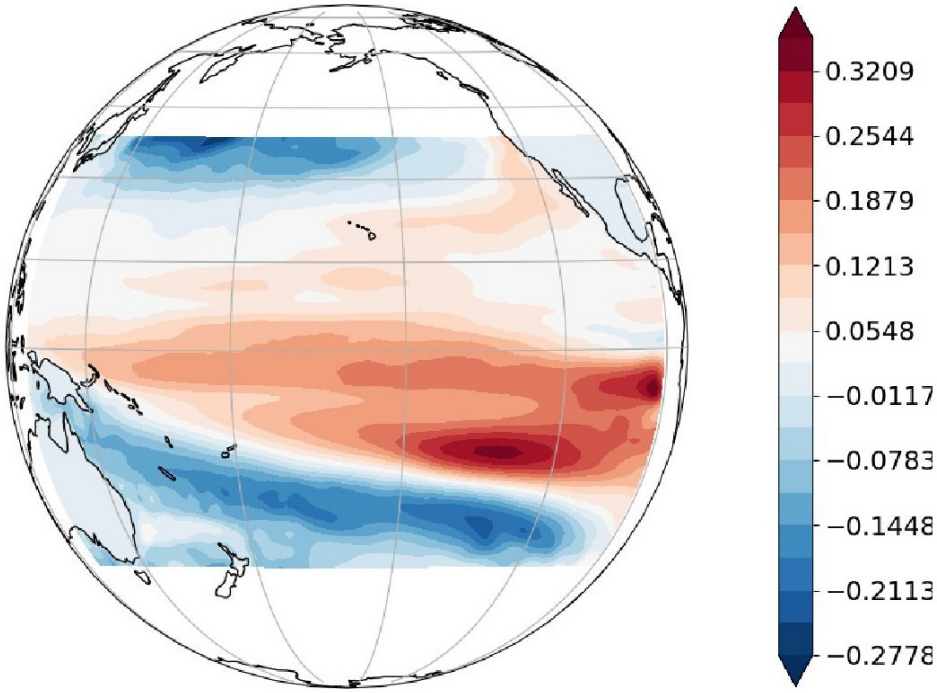


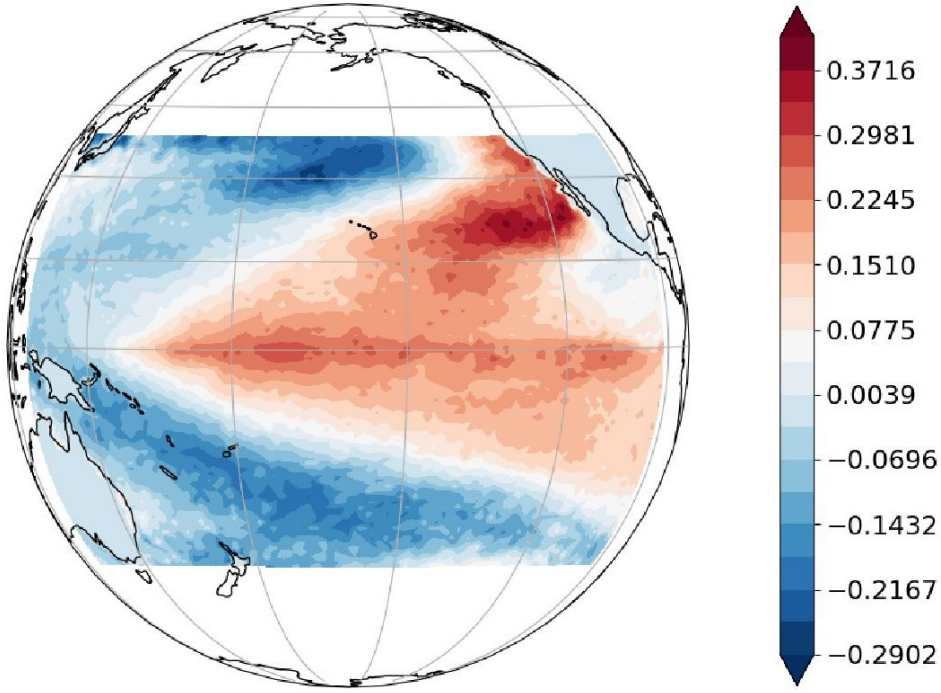
Глобально осредненная температура поверхности в 1000-летнем прединдустриальном эксперименте



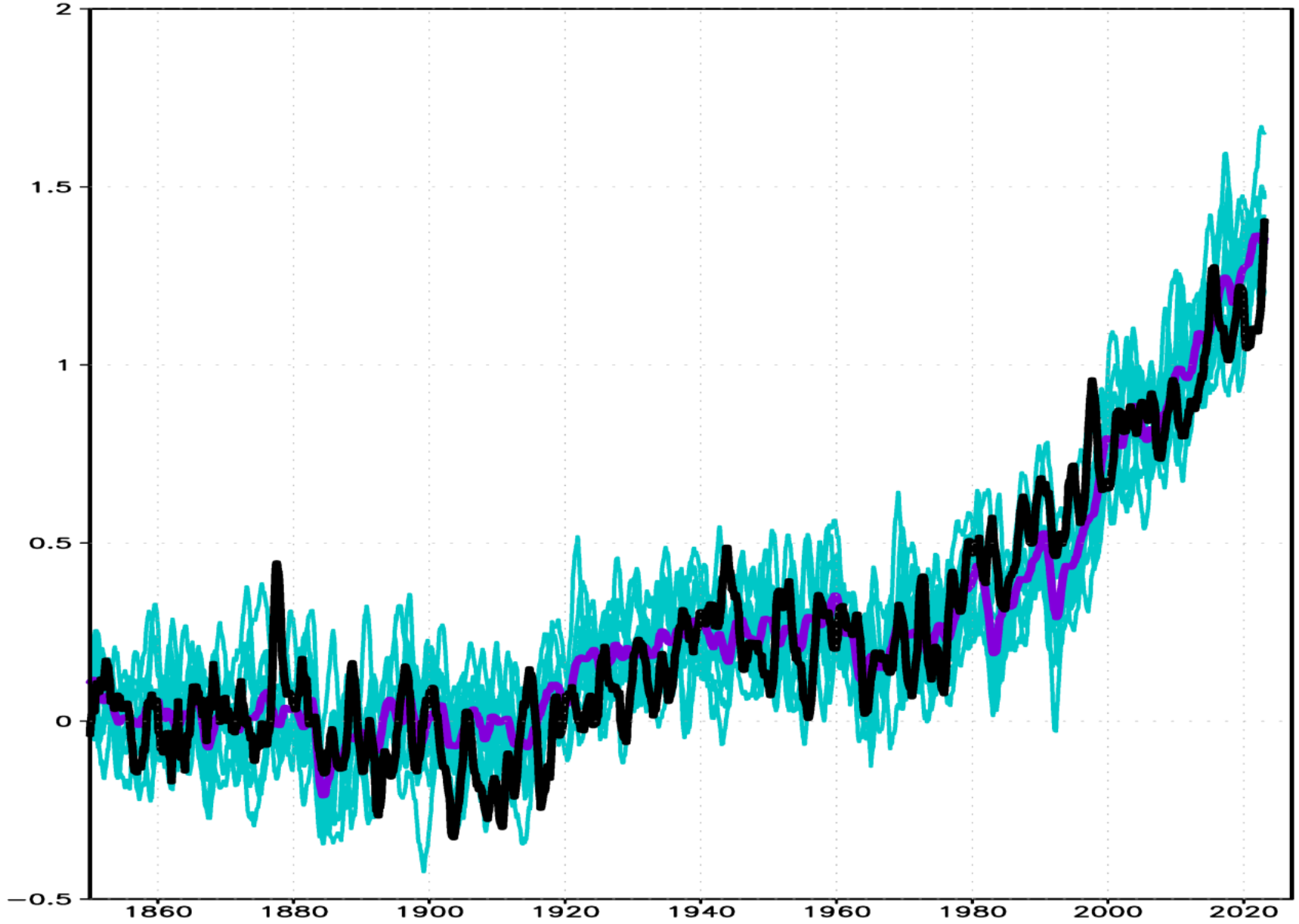
Глобально осредненная температура на глубине 2000м в 1000-летнем прединдустриальном эксперименте.

Тихоокеанское десятилетнее колебание (первая ЭОФ 5-летней средней ТПО в Тихом океане) по данным модели (слева) и ERA5 (справа)





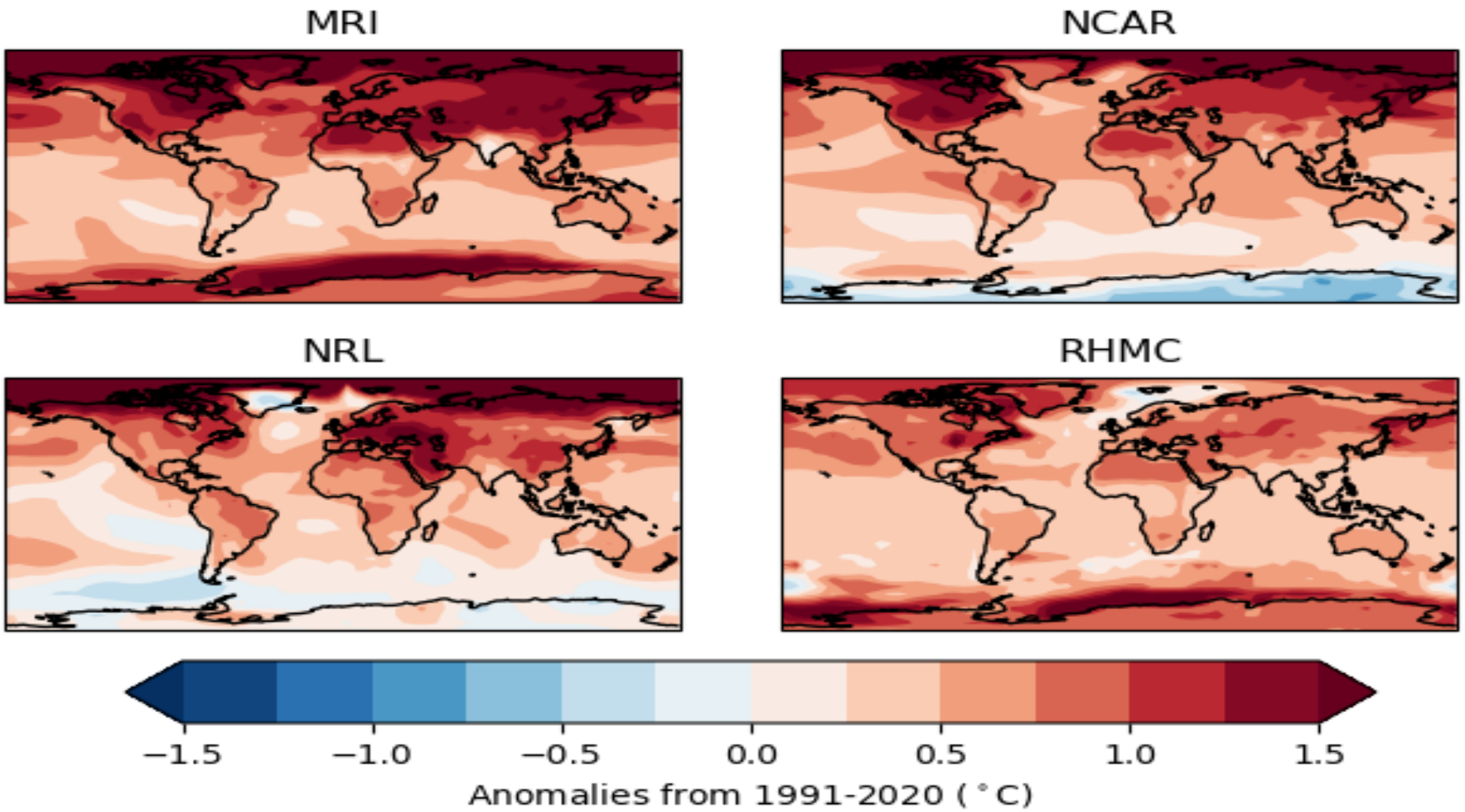
Наблюдаемое (черный) и модельное (сине-зеленый) изменение температуры воздуха у поверхности в 1850-2023г



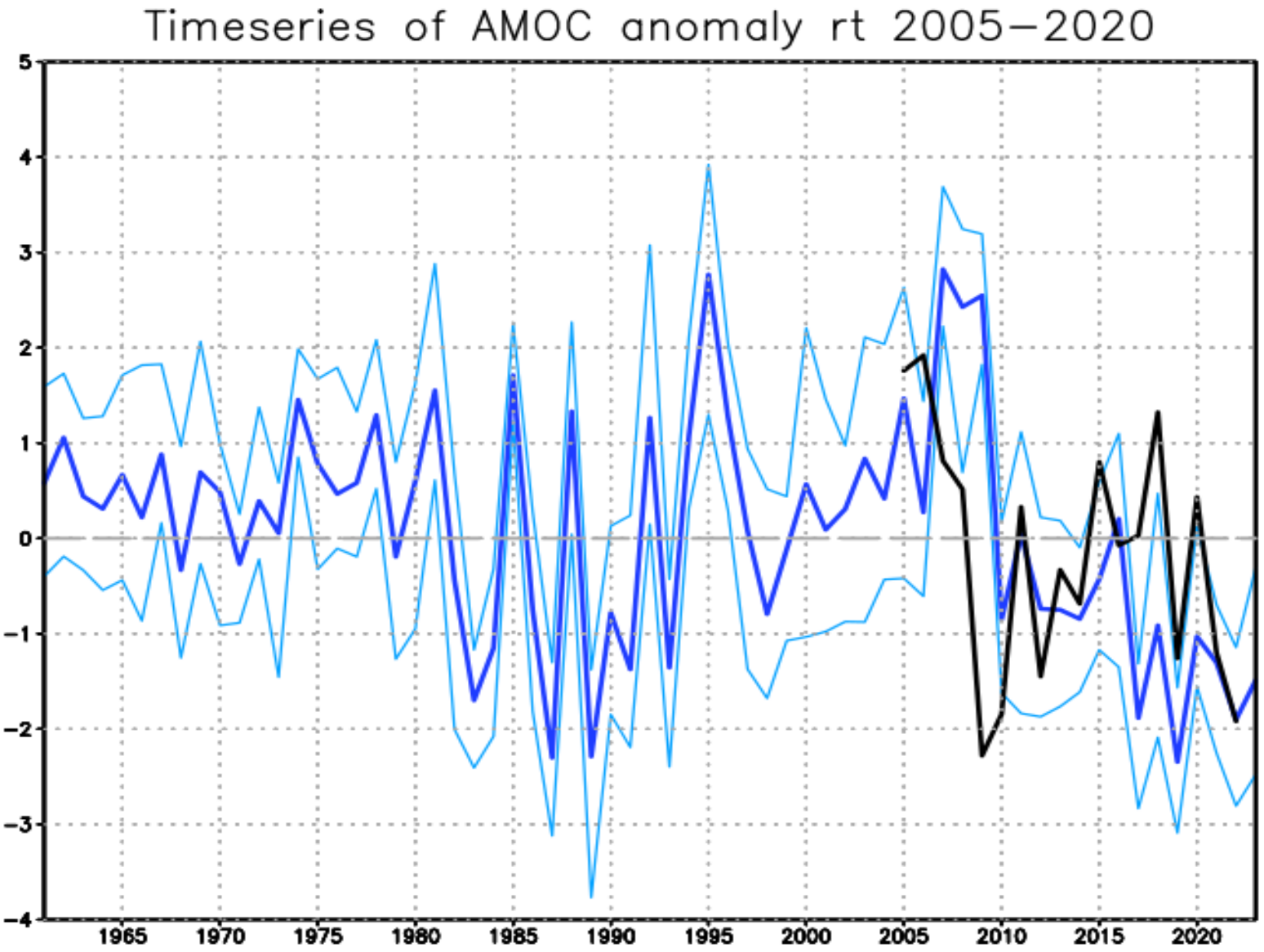
Модель используется для:

Прогноза аномалий климата на 1-5 лет

https://hadleyserver.metoffice.gov.uk/wmolc/ 2024-2028 from 2023



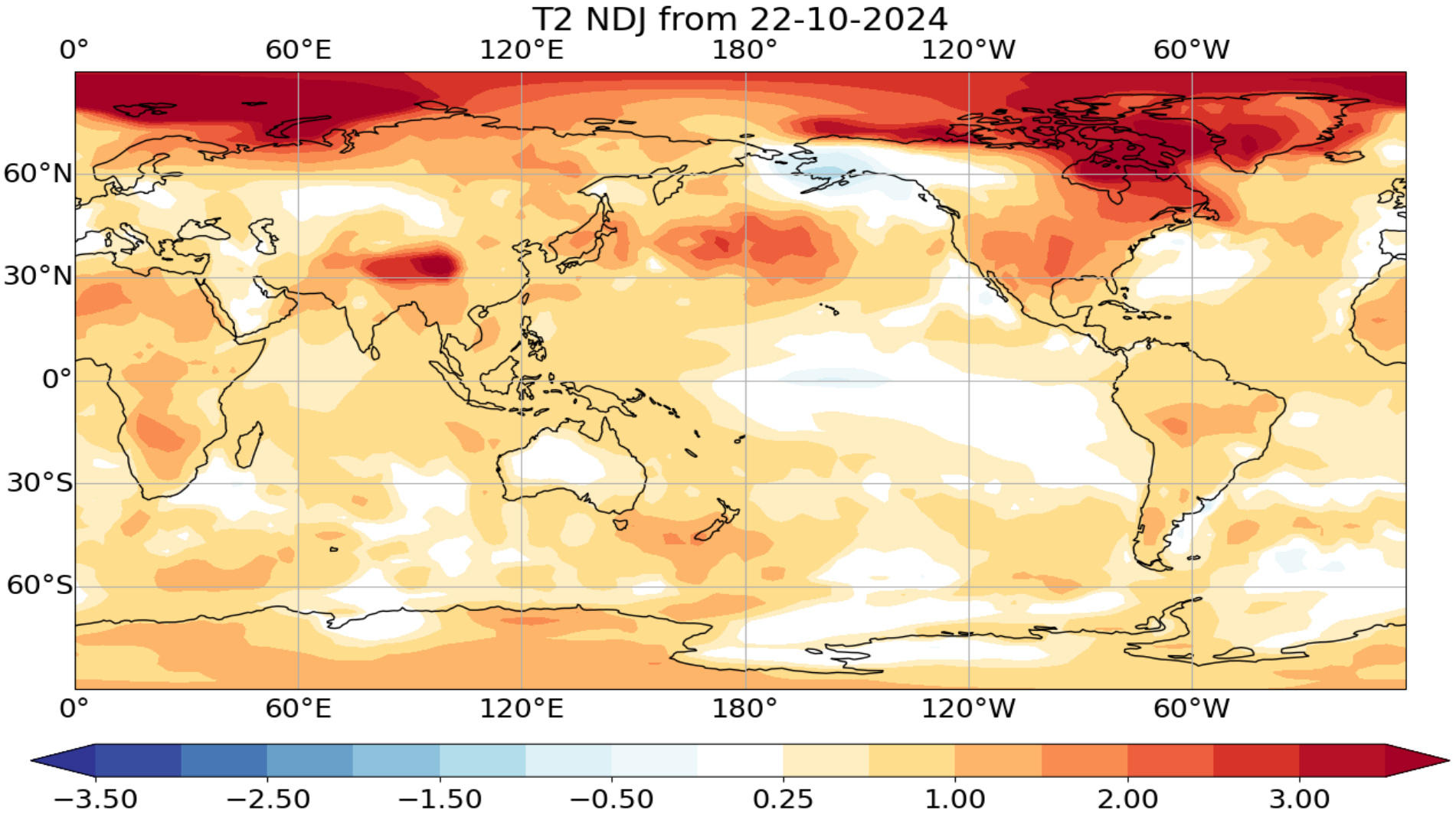
Меридиональная функция тока на 26.5N, 1100м. по данным наблюдений (черный) и модельного ансамбля (синий)



Модель используется для:

сезонного прогноза

https://esm-ru.ru/forecasts/seasonal-forecasts/



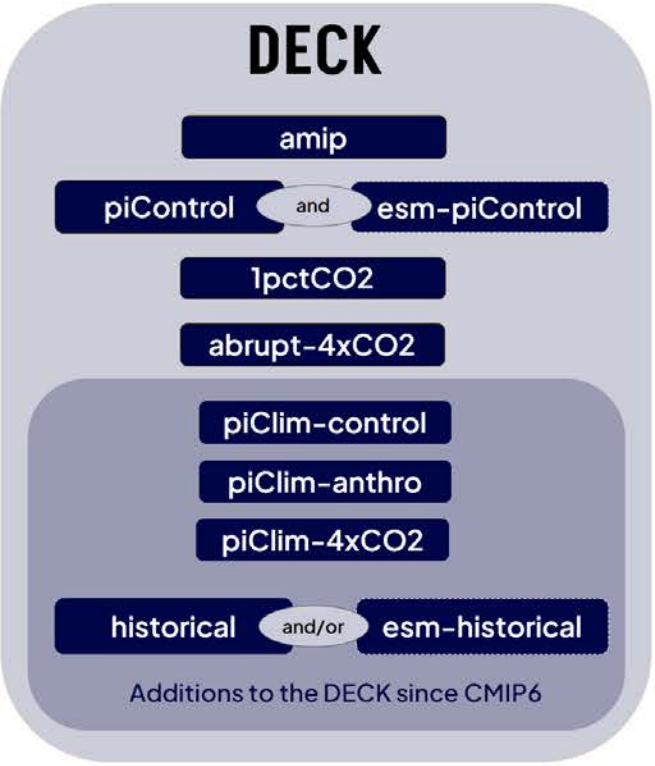
Информацию о консорциуме модели Земной климатической системы можно найти на https://esm-ru.ru/

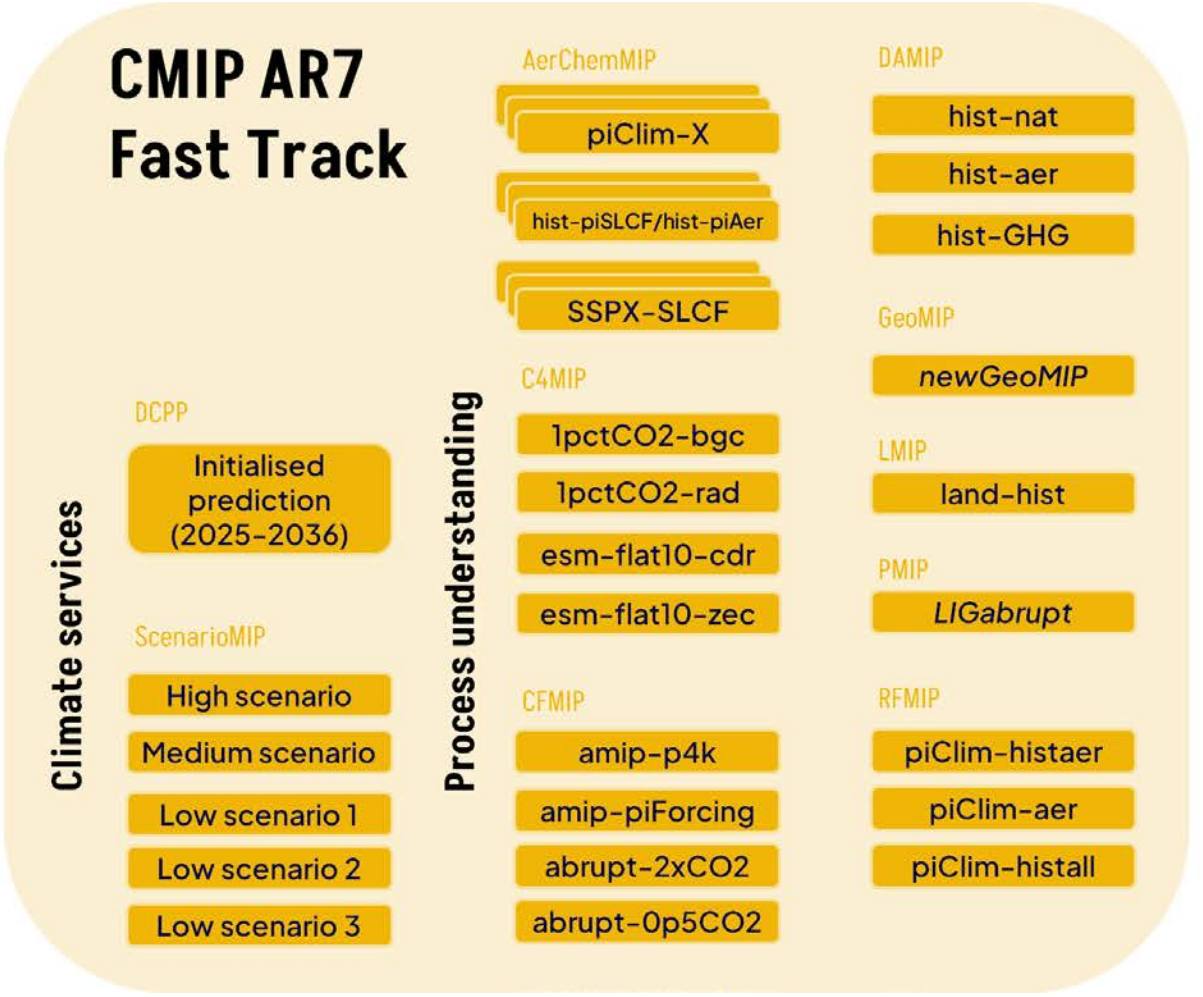
Данные моделирования изменений климата можно скачать на
https://esm-data.inm.ras.ru/
https://esgf.llnl.gov/nodes.html

Обязательные и быстрые эксперименты CMIP7.

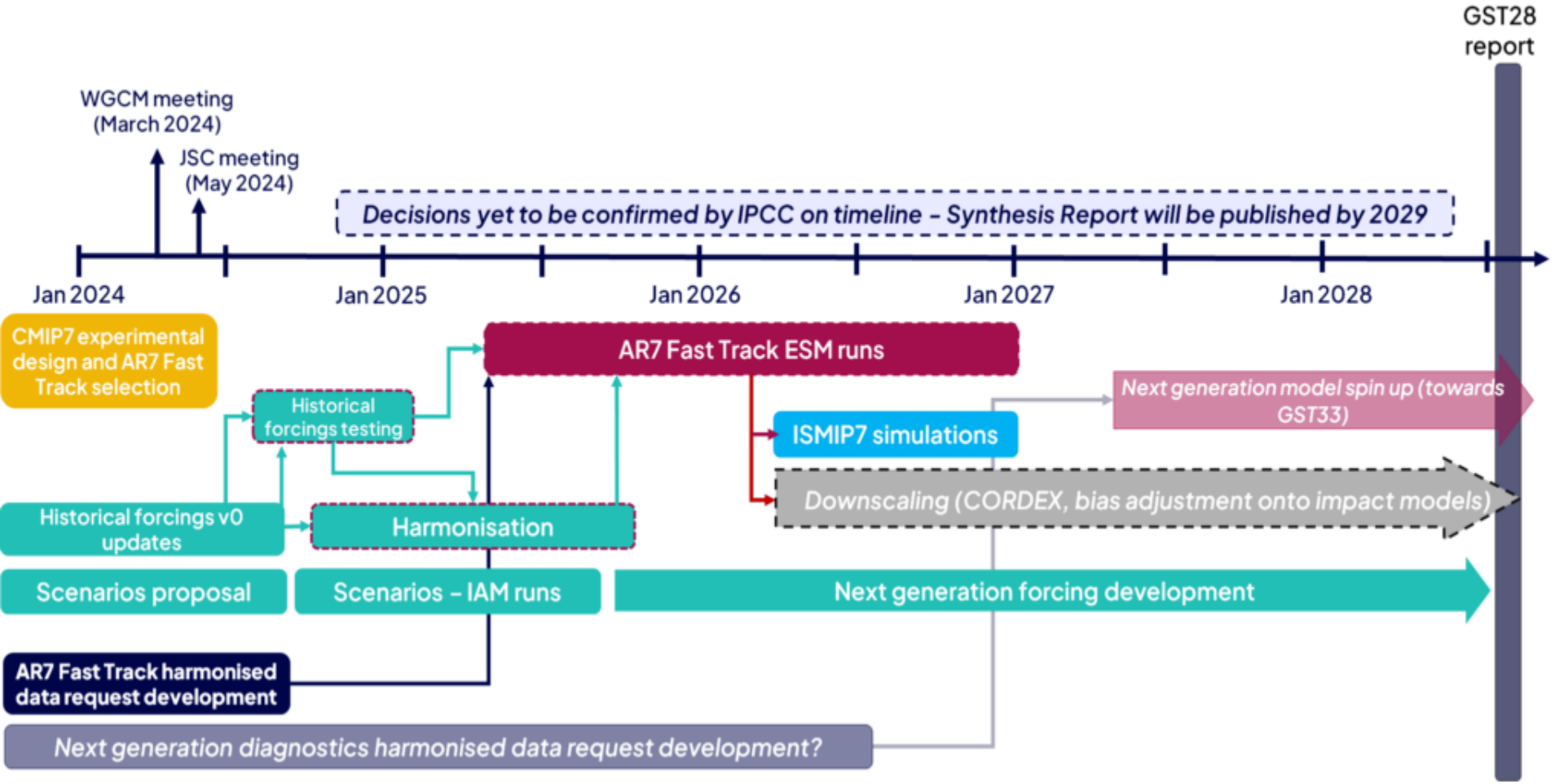
https://airtable.com/appVPW6XAZfbOZjYM/shrqq9I4NJThwOT9W/tblkc1lkKEtiYKcho - interactive experiment viewer

https://wcrp-cmip.org/cmip7/ - описание CMIP7

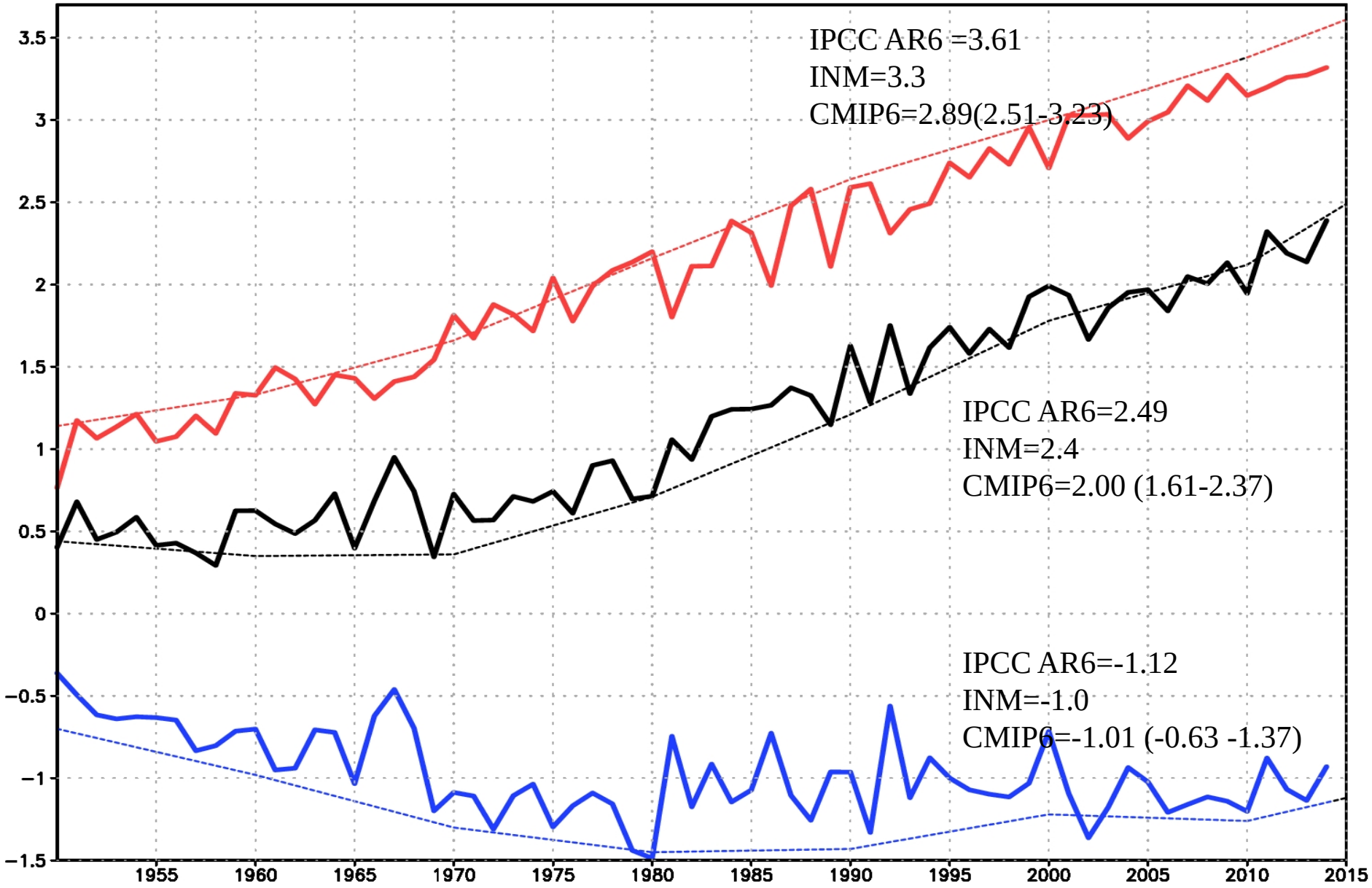




Примерное расписание CMIP7



Эффективный радиационный форсинг в 1950-2014г вследствие всех парниковых газов (красный), всех аэрозолей (синий) и их сумма (черный). Жирная линия – данные модели, тонкая штриховая линия и крестики – оценка AR6 IPCC.

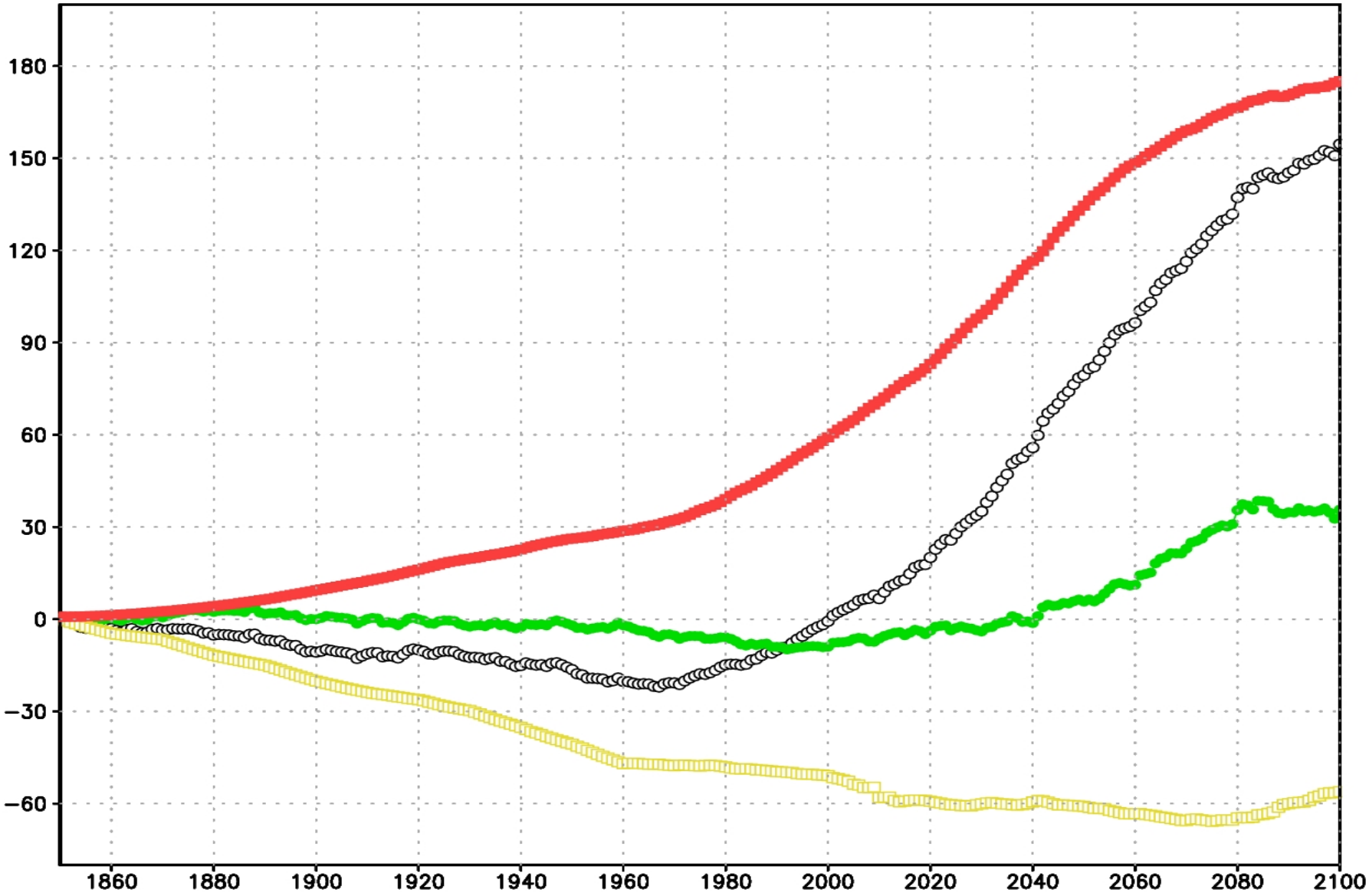
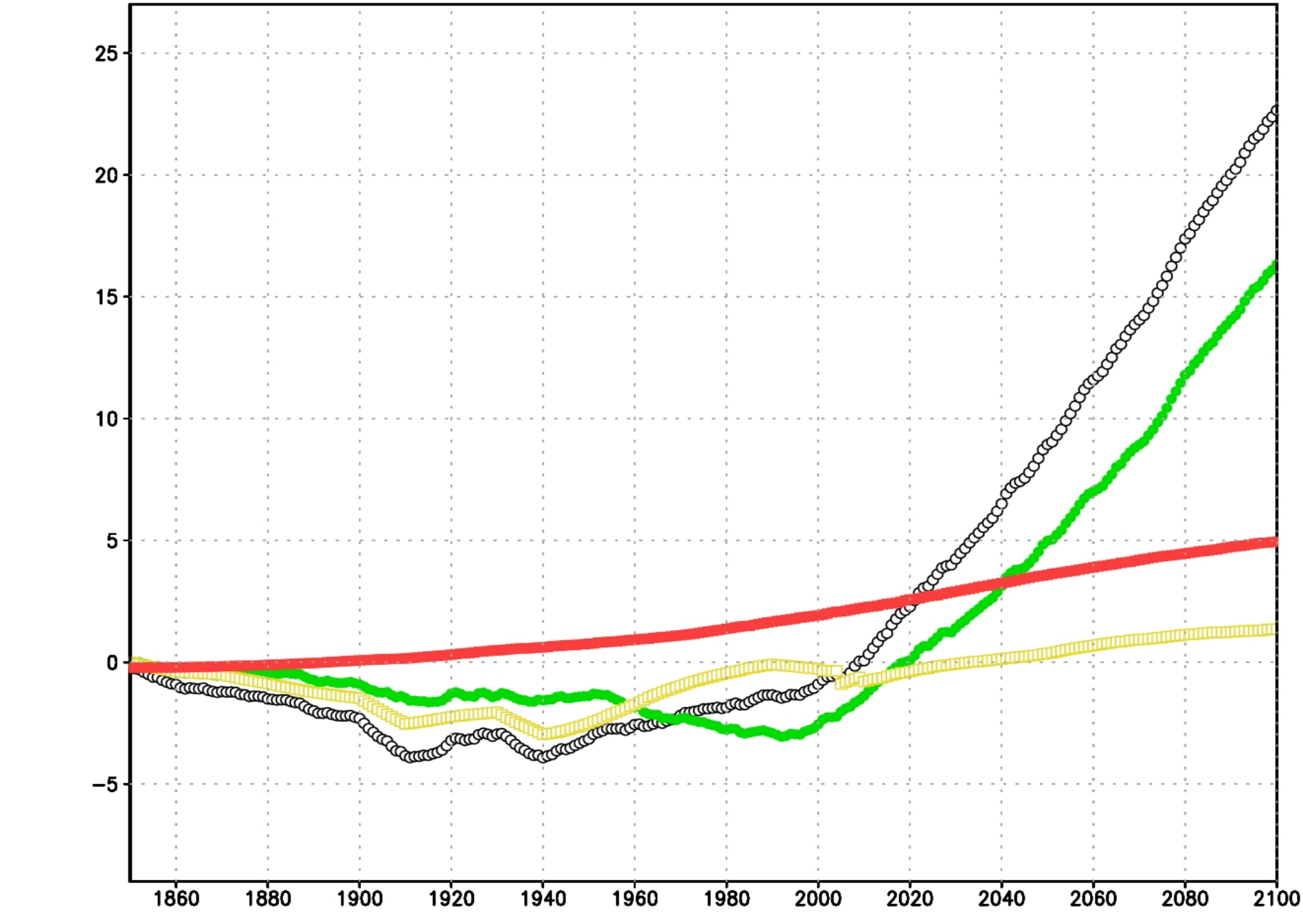


Эффективные радиационные форсинги для моделей CMIP6
Smith et al. (2020) https://doi.org/10.5194/acp-20-9591-2020

Table 2. Effective radiative forcing from each Tier 1 time-slice RFMIP experiment for each model ($W\,m^{-2}$). Also shown is the $4 \times CO_2$ ERF scaled to 2014 concentrations (as $1.4 \times CO_2$) and the residual forcing (anthropogenic, WMGHGs, aerosol and land use). WMGHGs: well-mixed greenhouse gases. Note that not all models performed all experiments.

No.	Model	$4 \times CO_2$	$1.4 \times CO_2$	WMGHGs	Aerosols	Land use	Anthropogenic	Residual
1	ACCESS-CM2	7.95	1.80	3.04	−1.09		1.90	
2	CanESM5	7.61	1.72	2.87	−0.85	−0.08	2.37	0.43
3	CESM2	8.91	2.02	3.03	−1.37	−0.04	2.05	0.43
4	CNRM-CM6-1	8.00	1.81	2.74	−1.15		1.61	
5	CNRM-ESM2-1	7.93	1.80	2.51	−0.74	−0.07	1.66	−0.04
6	EC-Earth3	8.09	1.83	2.75	−0.80	−0.13	2.09	0.28
7	GFDL-CM4	8.24	1.87	3.13	−0.73	−0.33	2.34	0.27
8	GFDL-ESM4	7.74	1.75	3.23	−0.70	−0.28	2.17	−0.08
9	GISS-E2-1-G p1	7.35	1.67	2.89	−1.32	−0.00	1.93	0.35
10	GISS-E2-1-G p3				−0.93			
11	HadGEM3-GC31-LL	8.09	1.83	3.11	−1.10	−0.11	1.81	−0.08
12	IPSL-CM6A-LR	8.00	1.81	2.82	−0.63	−0.05	2.32	0.18
13	MIROC6	7.32	1.66	2.69	−1.04	−0.03	1.80	0.17
14	MPI-ESM1-2-LR	8.35	1.89	2.69		−0.10	2.13	
15	MRI-ESM2-0	7.65	1.73	3.03	−1.21	−0.17	1.95	0.29
16	NorESM2-LM	8.15	1.85	2.80	−1.21	0.26	2.06	0.20
17	NorESM2-MM	8.38	1.90		−1.26			
18	UKESM1-0-LL	7.94	1.80	2.95	−1.11	−0.18	1.79	0.12
	Mean	7.98	1.81	2.89	−1.01	−0.09	2.00	0.20
	SD	0.38	0.09	0.19	0.23	0.13	0.23	0.17

Изменение глобального углерода растительности (ГтС) по отношению к 1850г в 1850-2100г (сценарий ssp3-7.0) при учете всех воздействий (черный), вклад землепользования (желтый), изменения климата (зеленый) и концентрации CO2 (красный)



То же для углерода растений на территории России