

Долгопериодная изменчивость в климатической системе

Володин Е.М. ИВМ РАН.

E-mail: volodin@inm.ras.ru

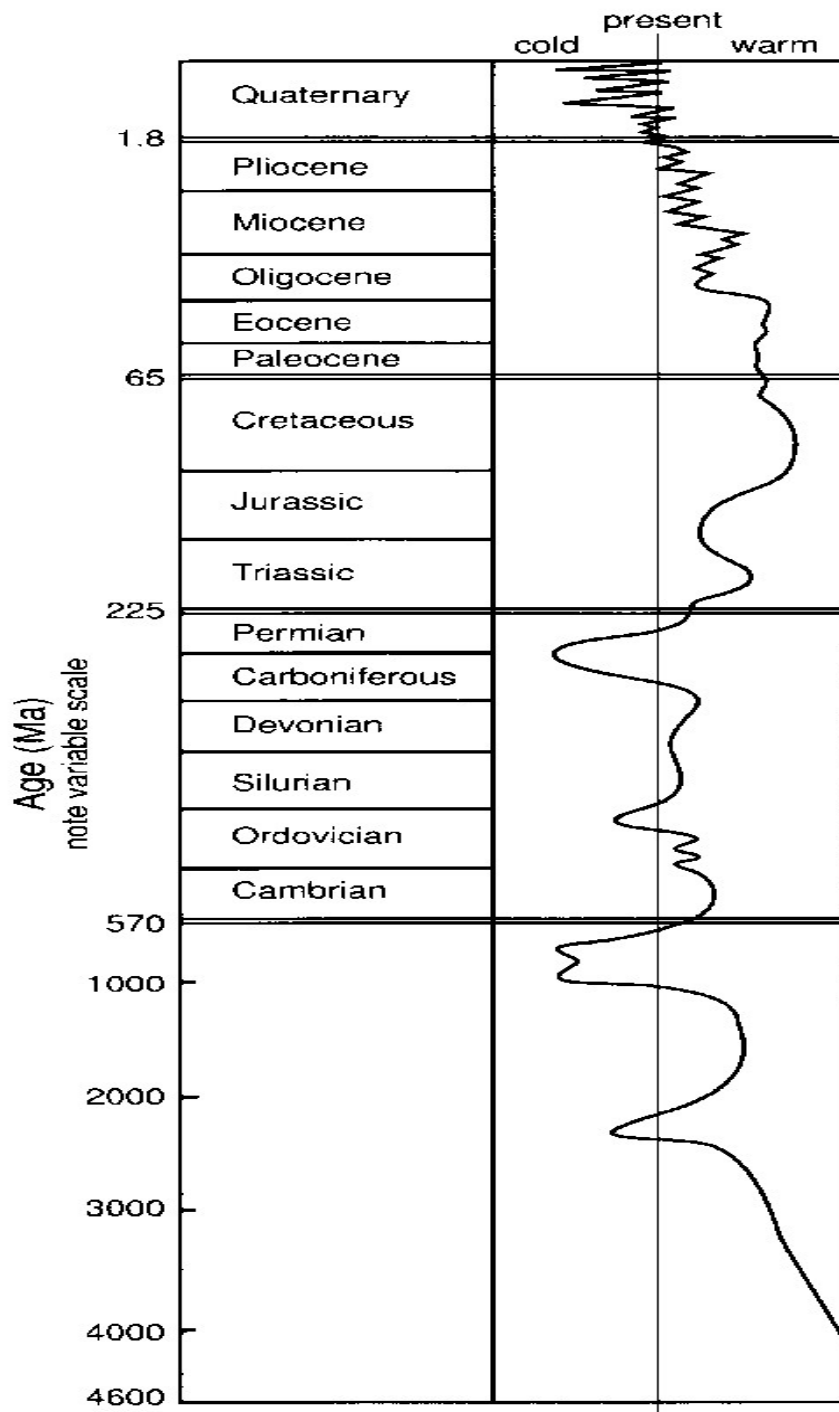
Изменчивость климата бывает:

Естественной

Возникает вследствие взаимодействия компонент климатической системы друг с другом при неизменных внешних воздействиях

Вынужденной

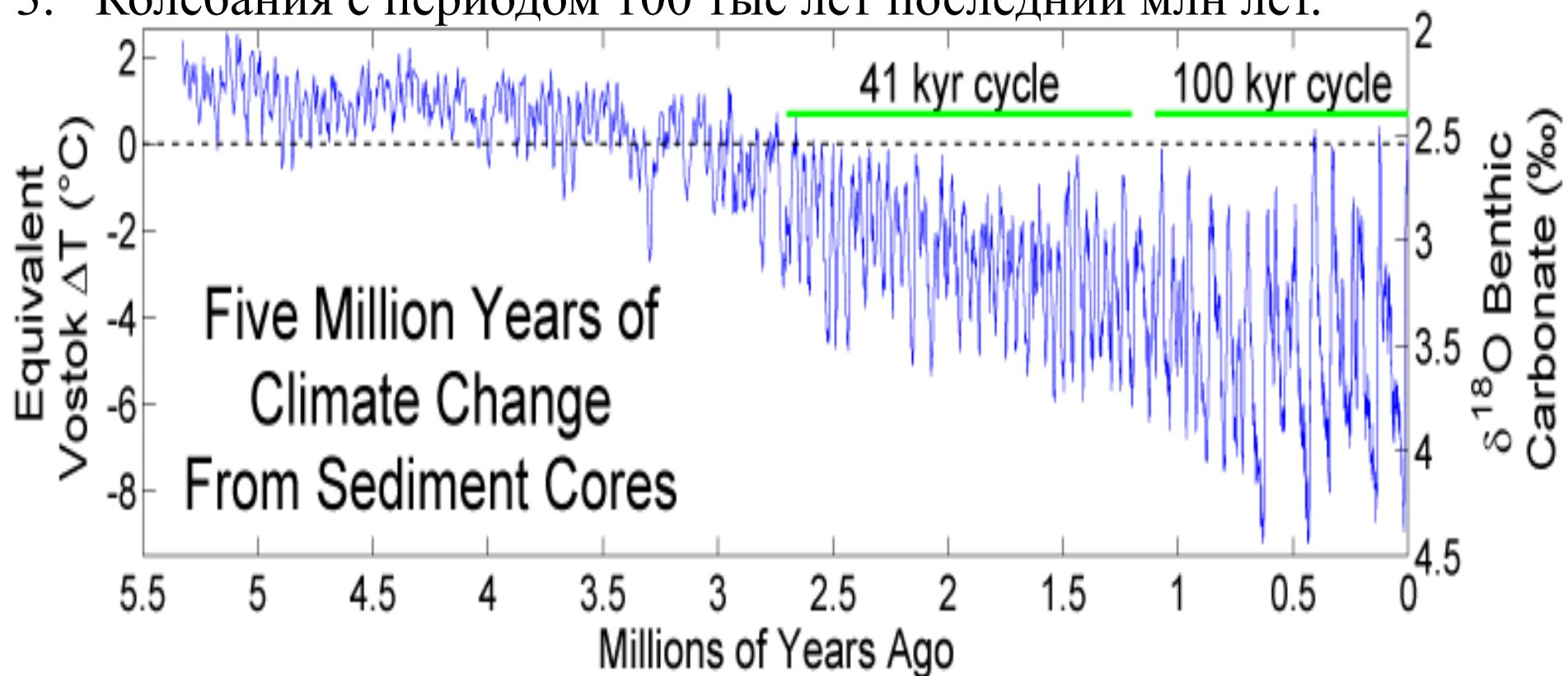
Генерируется внешними по отношению к климатической системе воздействиями, например: изменением концентрации газов и аэрозолей вследствие естественных причин и деятельности человека, изменением солнечной постоянной и параметров орбиты Земли.



Аномалии температуры поверхности Земли в течение 4 млрд лет. Более высокая температура обусловлена большей концентрацией парниковых газов. Например, 100 млн лет назад концентрация CO₂ была в 5-10 раз выше современной доиндустриальной

Изменение температуры в последние 5 млн лет. Видно:

1. Общее похолодание из-за перехода CO₂ из атмосферы в осадочные породы
2. Колебания с периодом 41 тыс лет 1-2.5 млн лет назад.
3. Колебания с периодом 100 тыс лет последний млн лет.

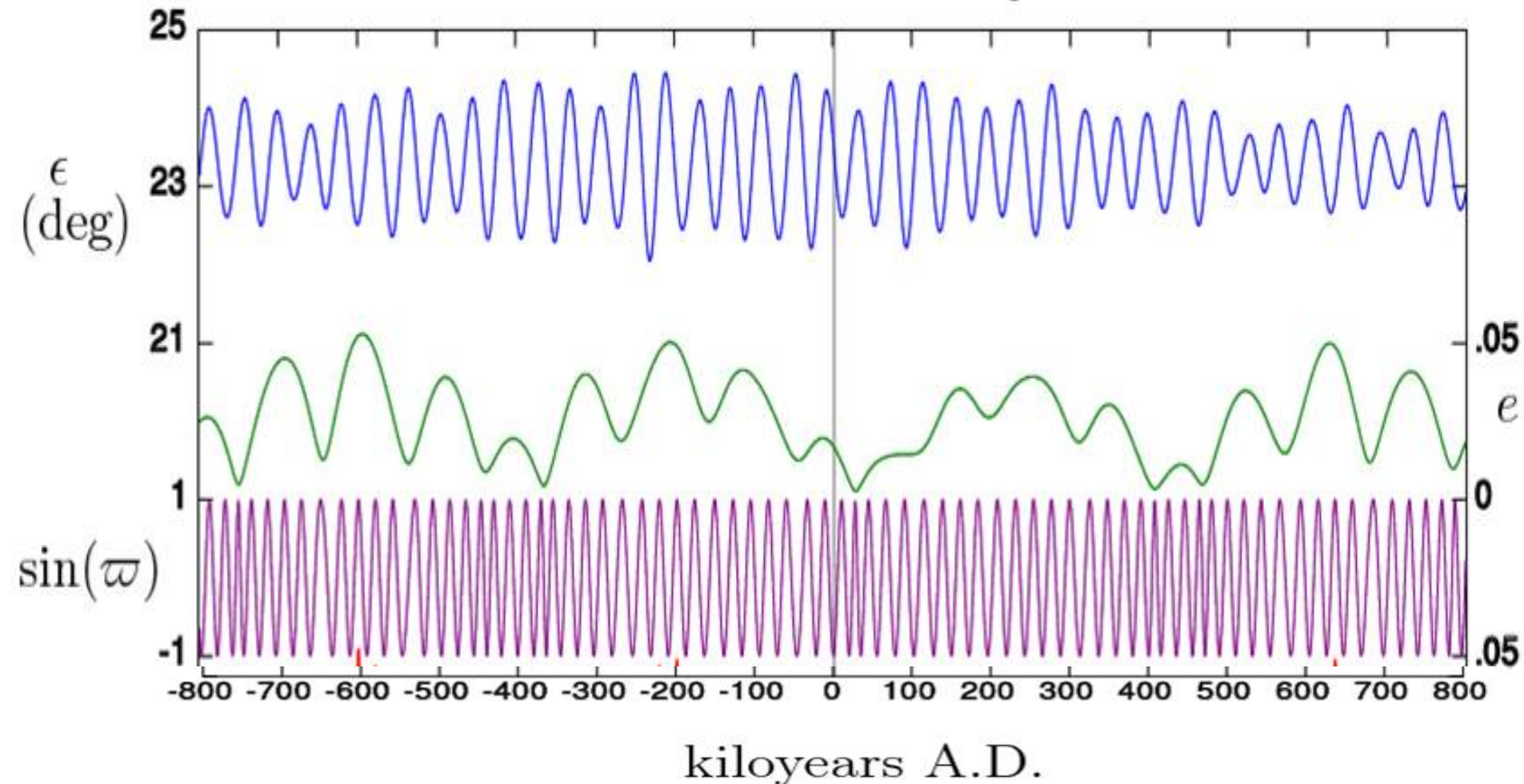


Угол наклона оси вращения Земли к плоскости эклиптики (синий) $T = 41$ тыс. лет.

Эксцентриситет $T = 90$ тыс. лет.

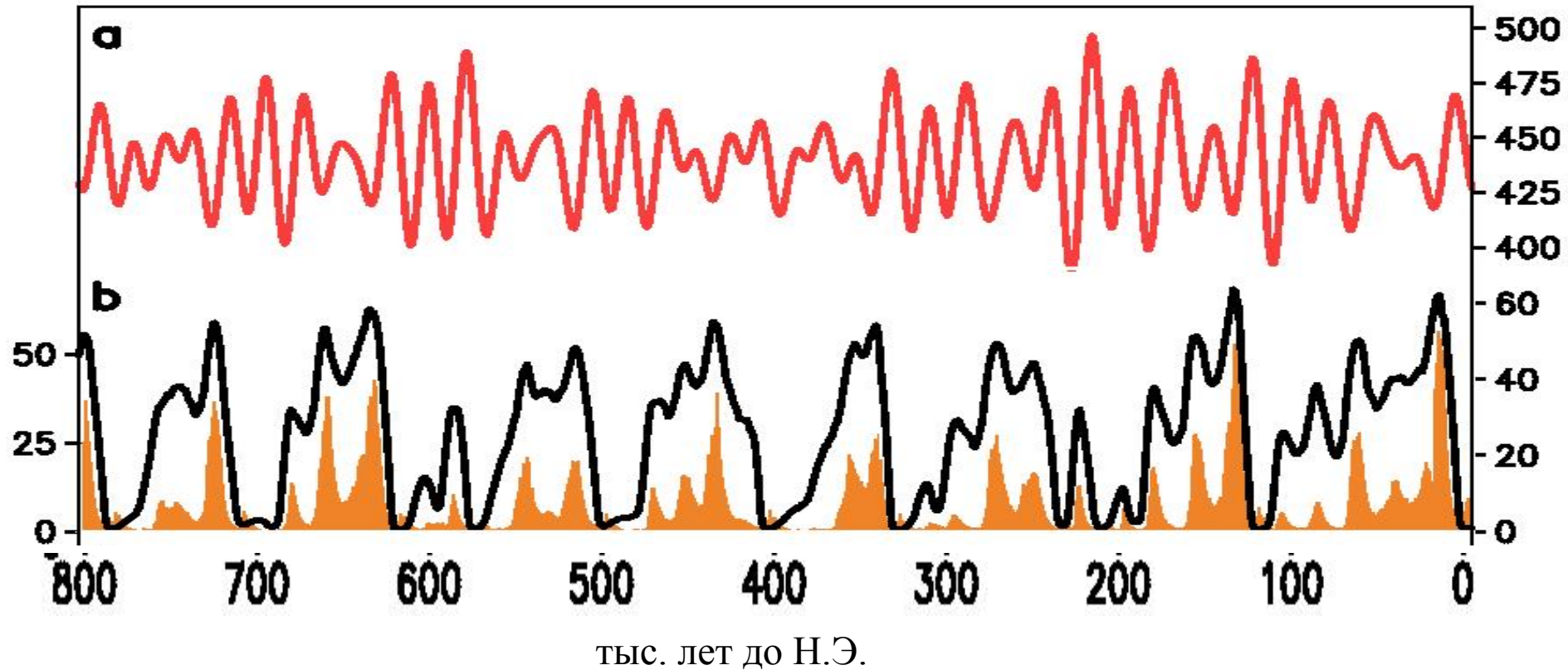
Время перигелия $T = 23$ тыс. лет.

Milankovitch Cycles

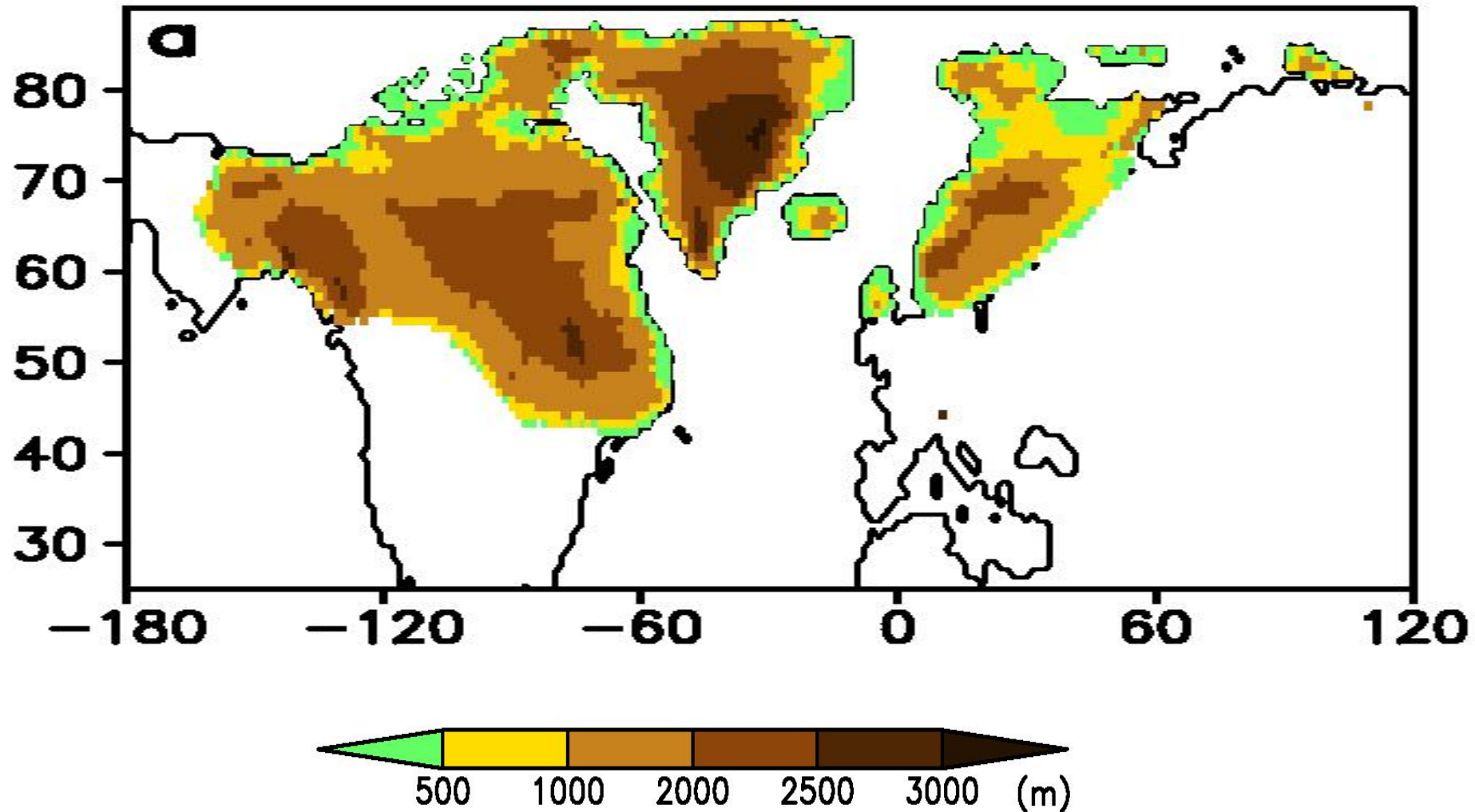


а – приходящая солнечная радиация летом на 65 с.ш.

б – масса ледников (черная линия) и поток пыли (оранж).



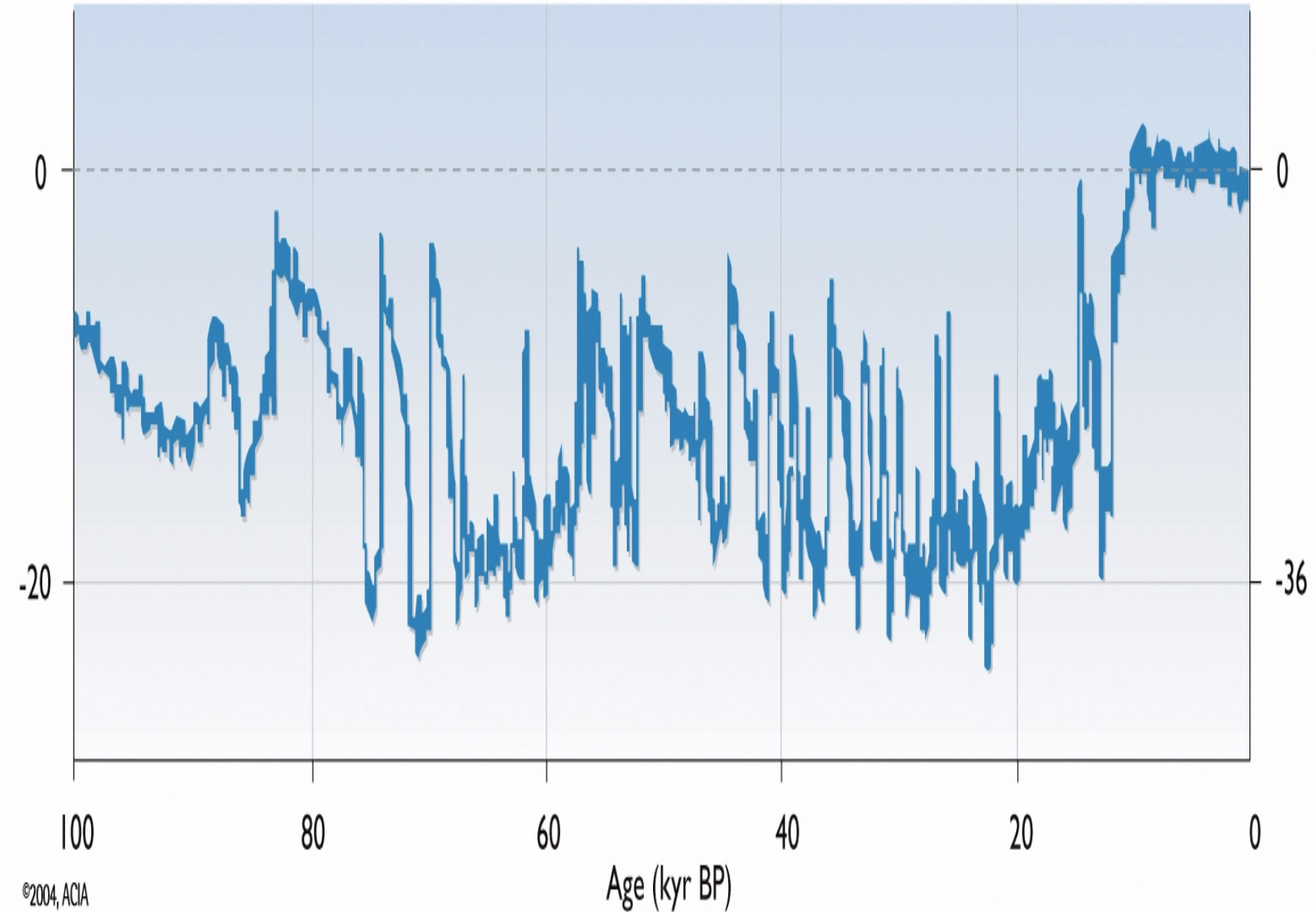
Толщина ледников в модели во время максимального оледенения.
Пылеобразующие осадочные породы располагаются у южной
границы американского ледника.



Реконструкция температуры в последние 100 тыс лет в Гренландии

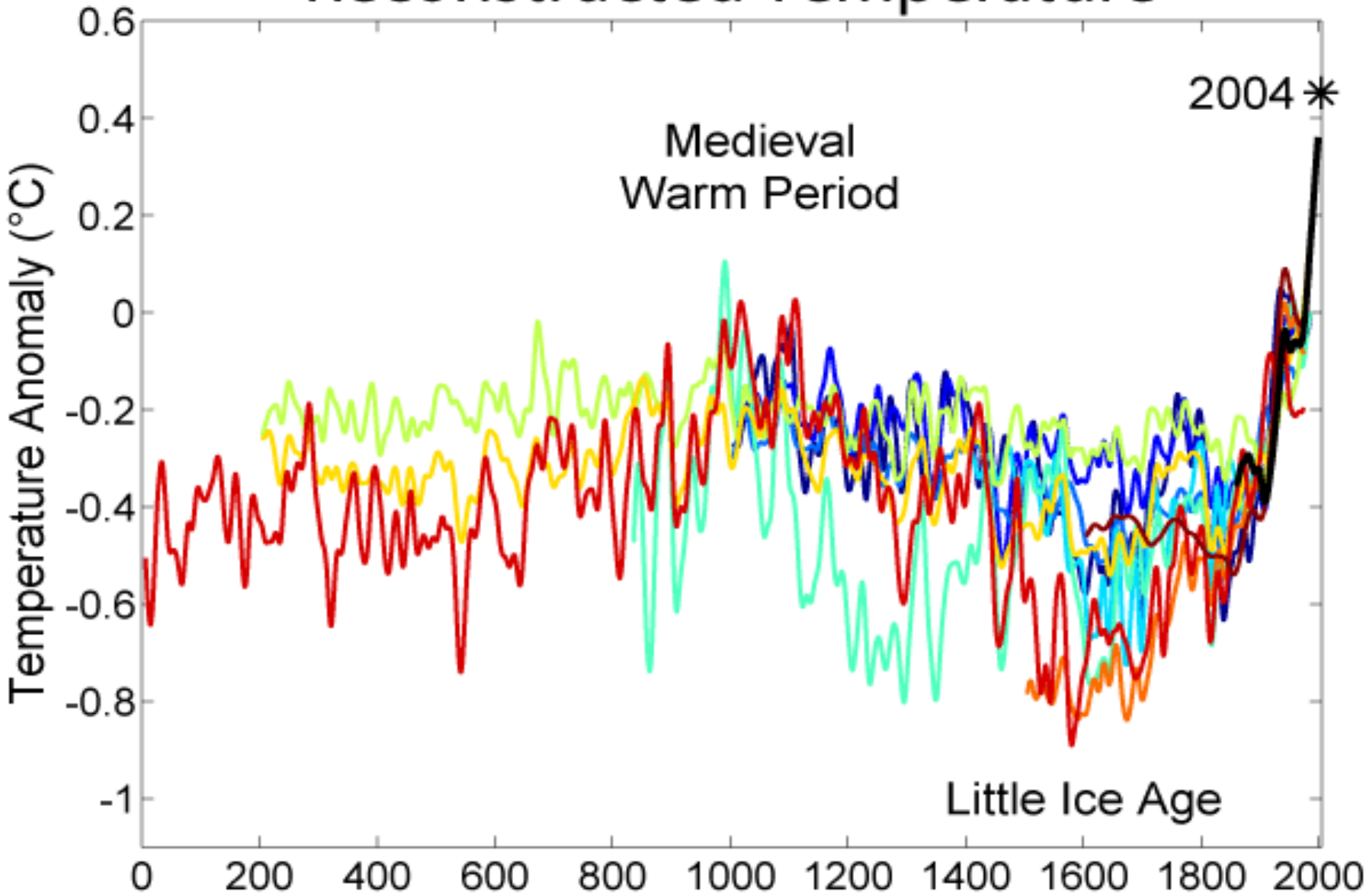
(°C)

(°F)



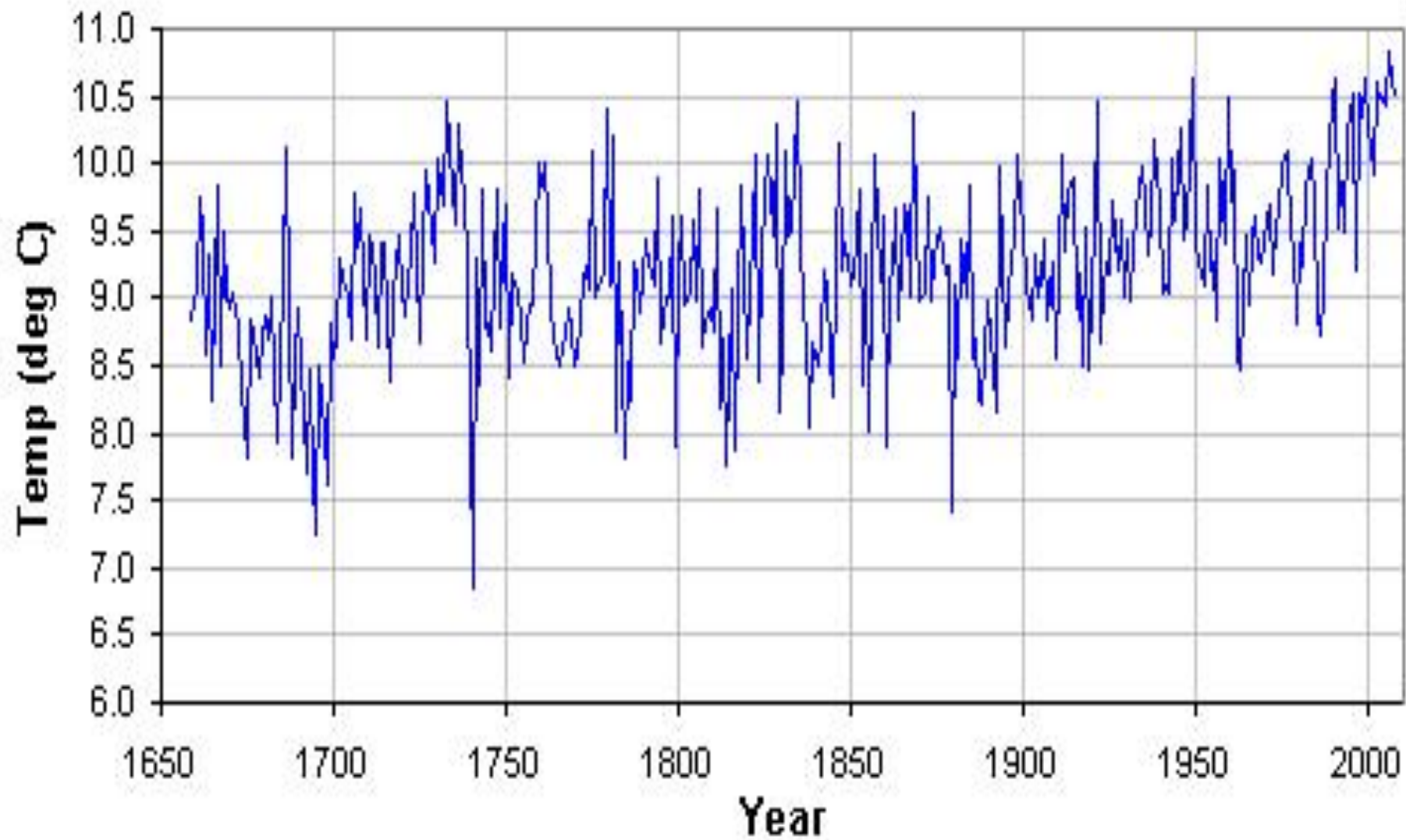
Реконструкции температуры сев. полушария в последние 2 тыс. лет

Reconstructed Temperature



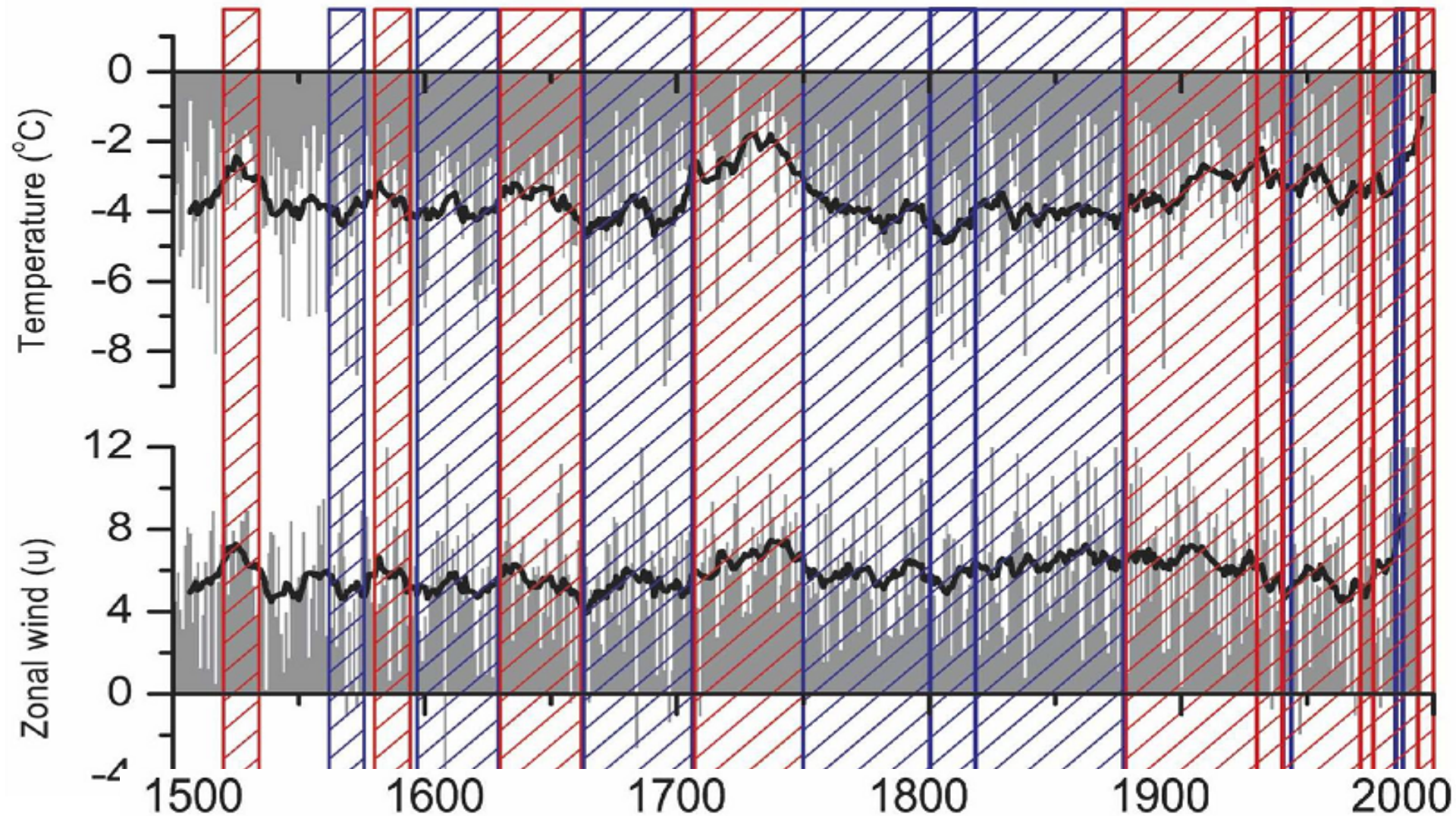
Среднегодовая температура в центральной Англии

CET Record

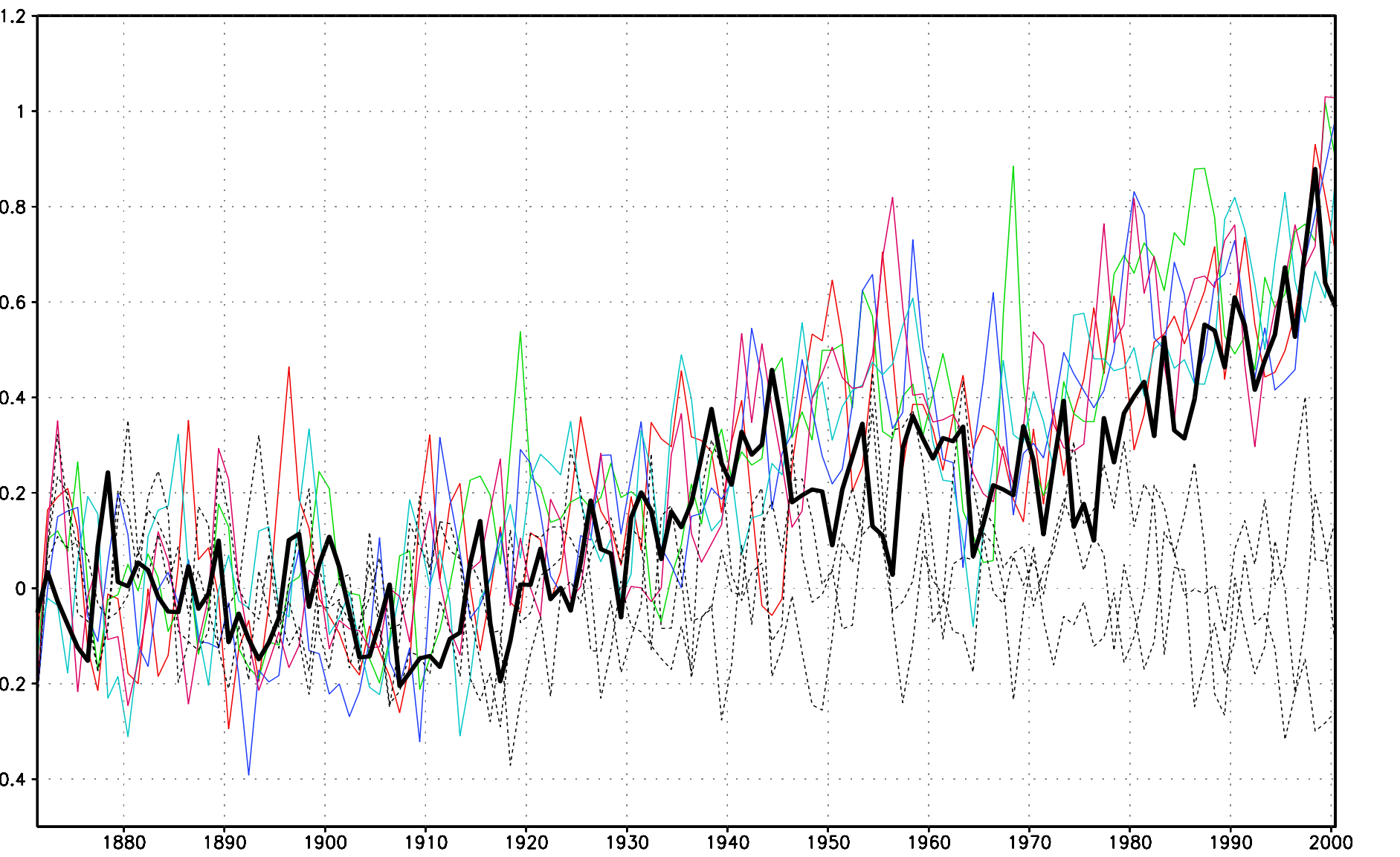


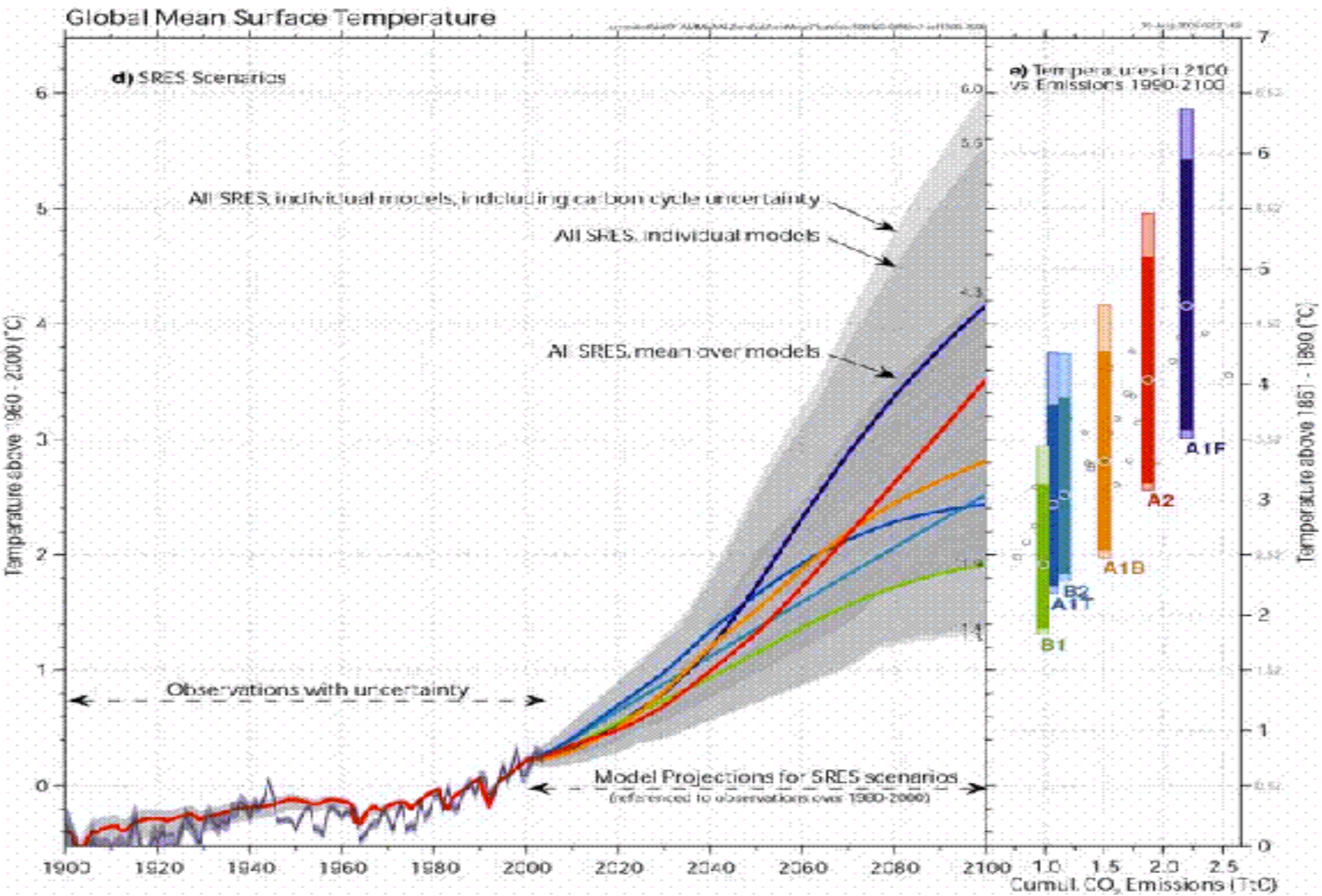
Реконструкция зимней температуры в портах Балтийского моря. С. Eriksson,

A. Omstedt, J.Overland, D.Percival, H.Mofjeld. J. Climate 2007, 5316-5334



Аномалия глобальной температуры по данным наблюдений и модели в 1870-2000

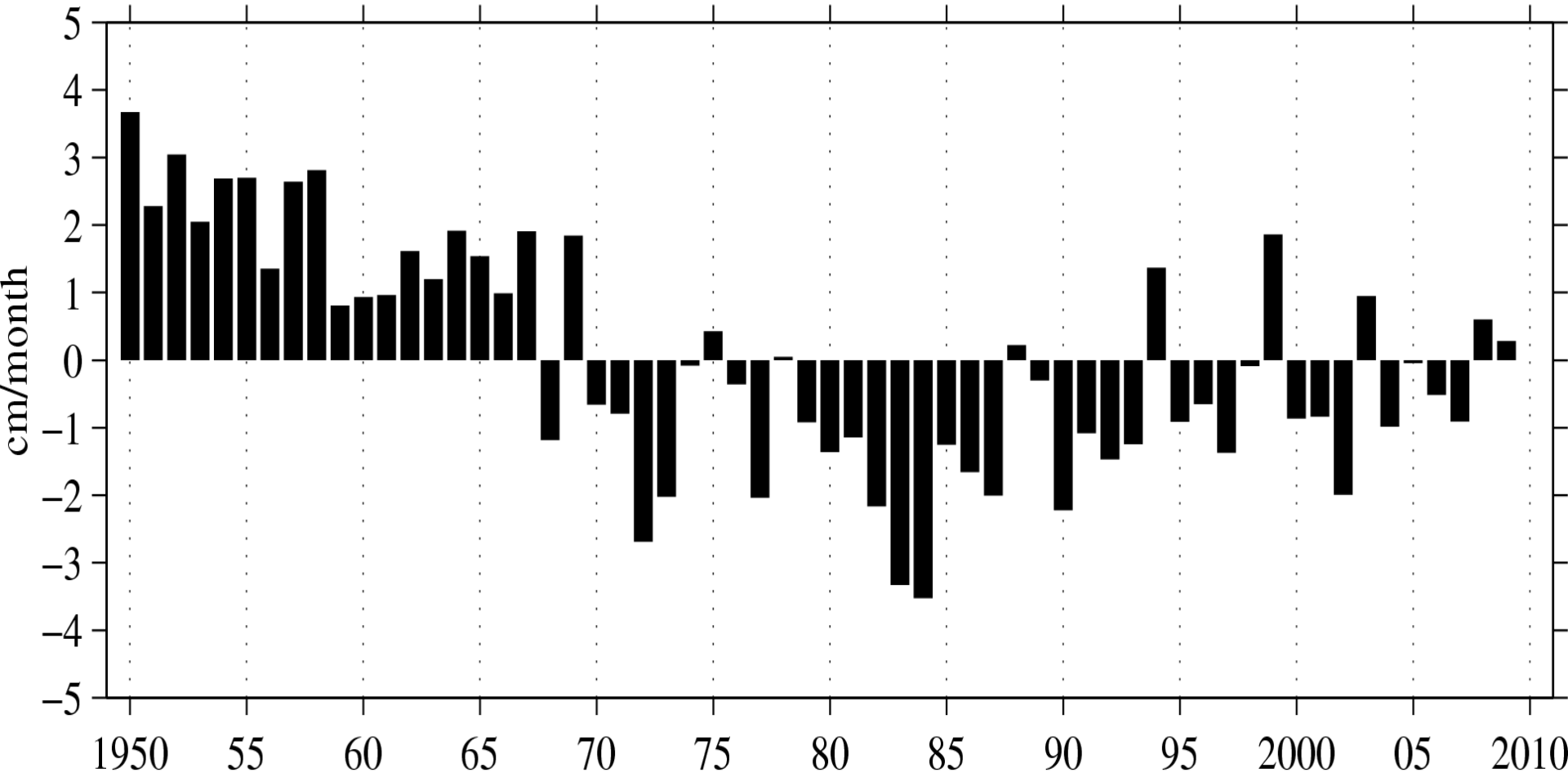




Прогноз изменения глобальной температуры до 2100г.

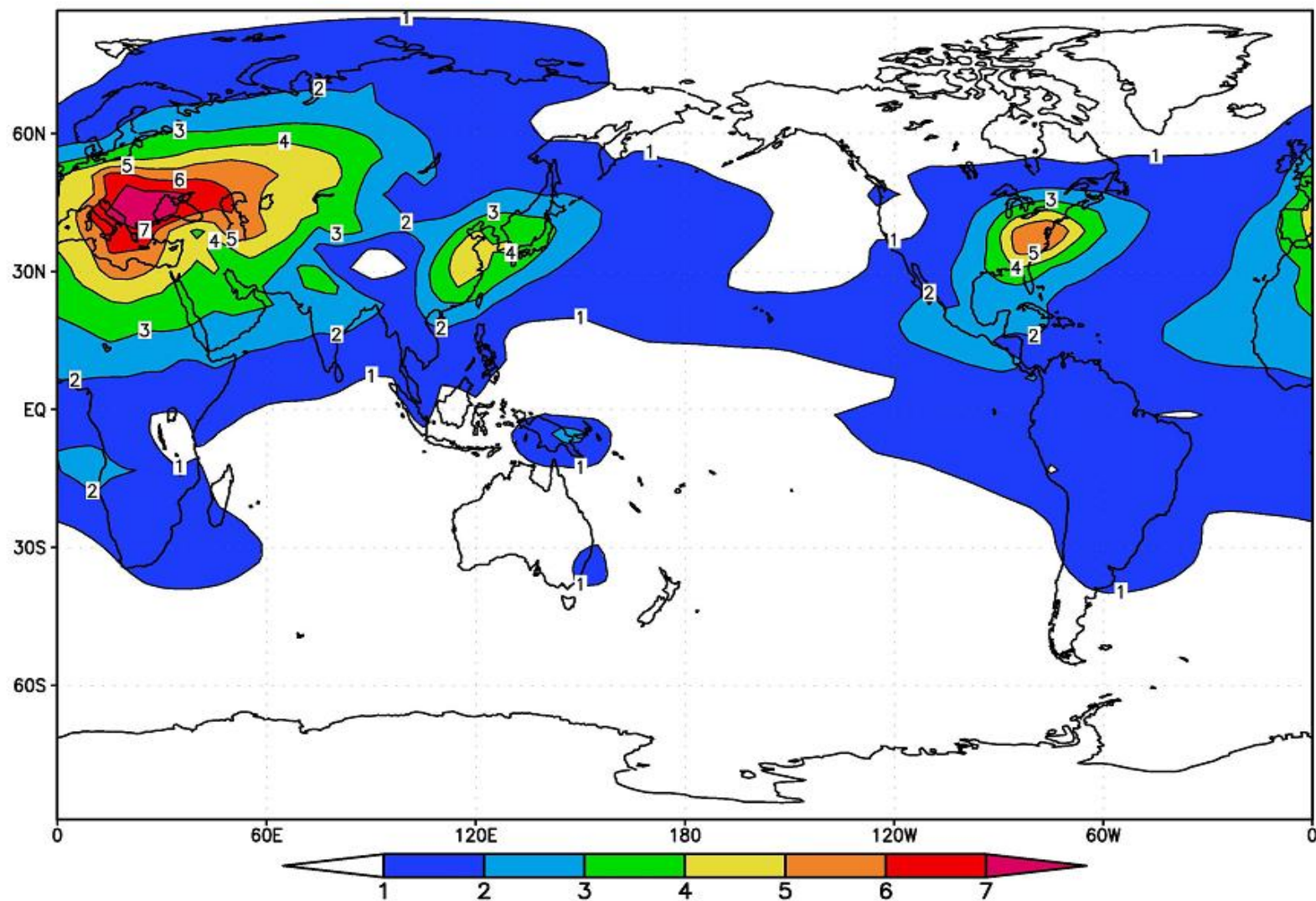
Аномалии осадков в Сахели во влажный сезон (июнь-октябрь)

JJASO–mean Sahel precipitation anomalies 1950–2009

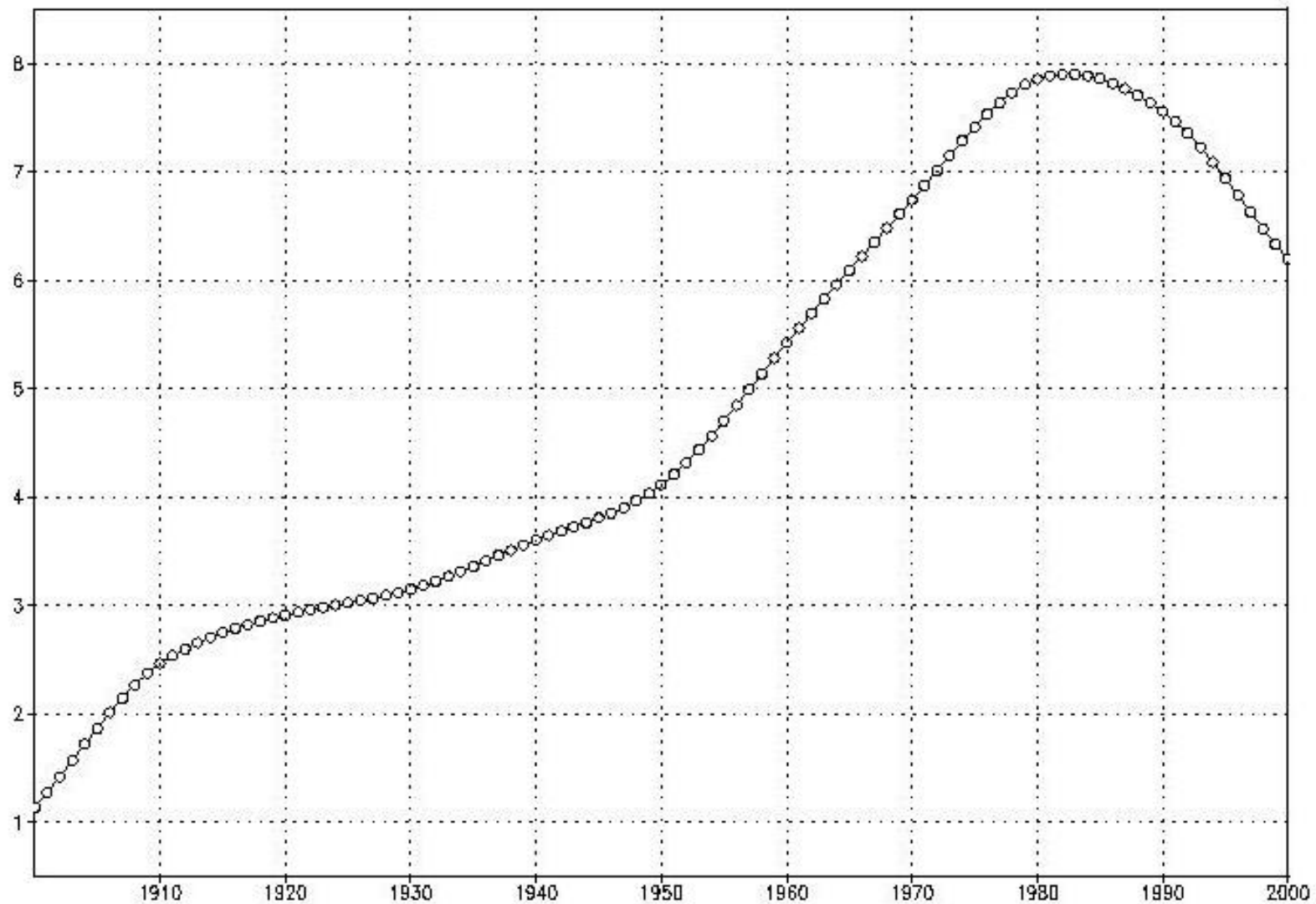


Averages over 20–10N, 20W–10E; 1950–2009 climatology
NOAA NCDC Global Historical Climatology Network data

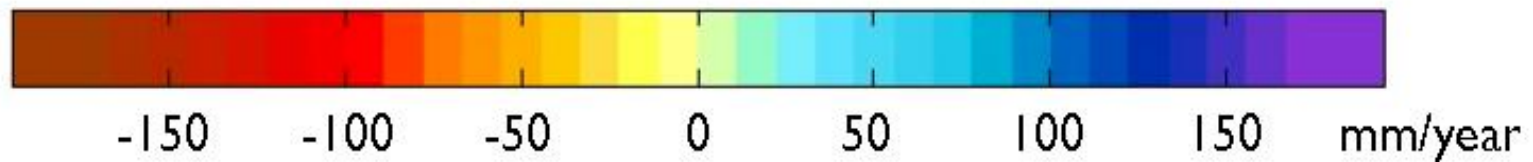
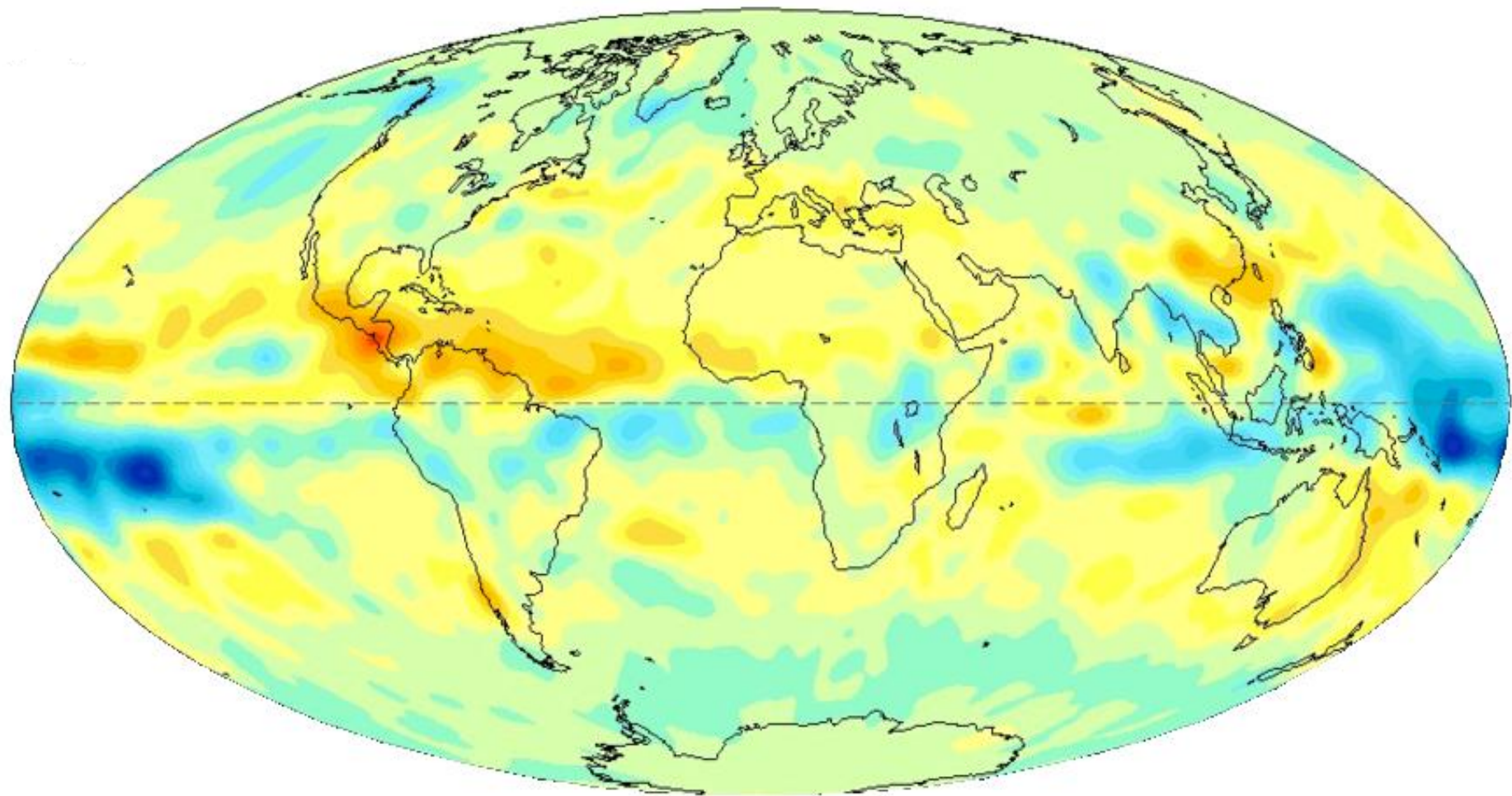
Масса сульфатного аэрозоля в столбе воздуха в 1971-1990г.г.



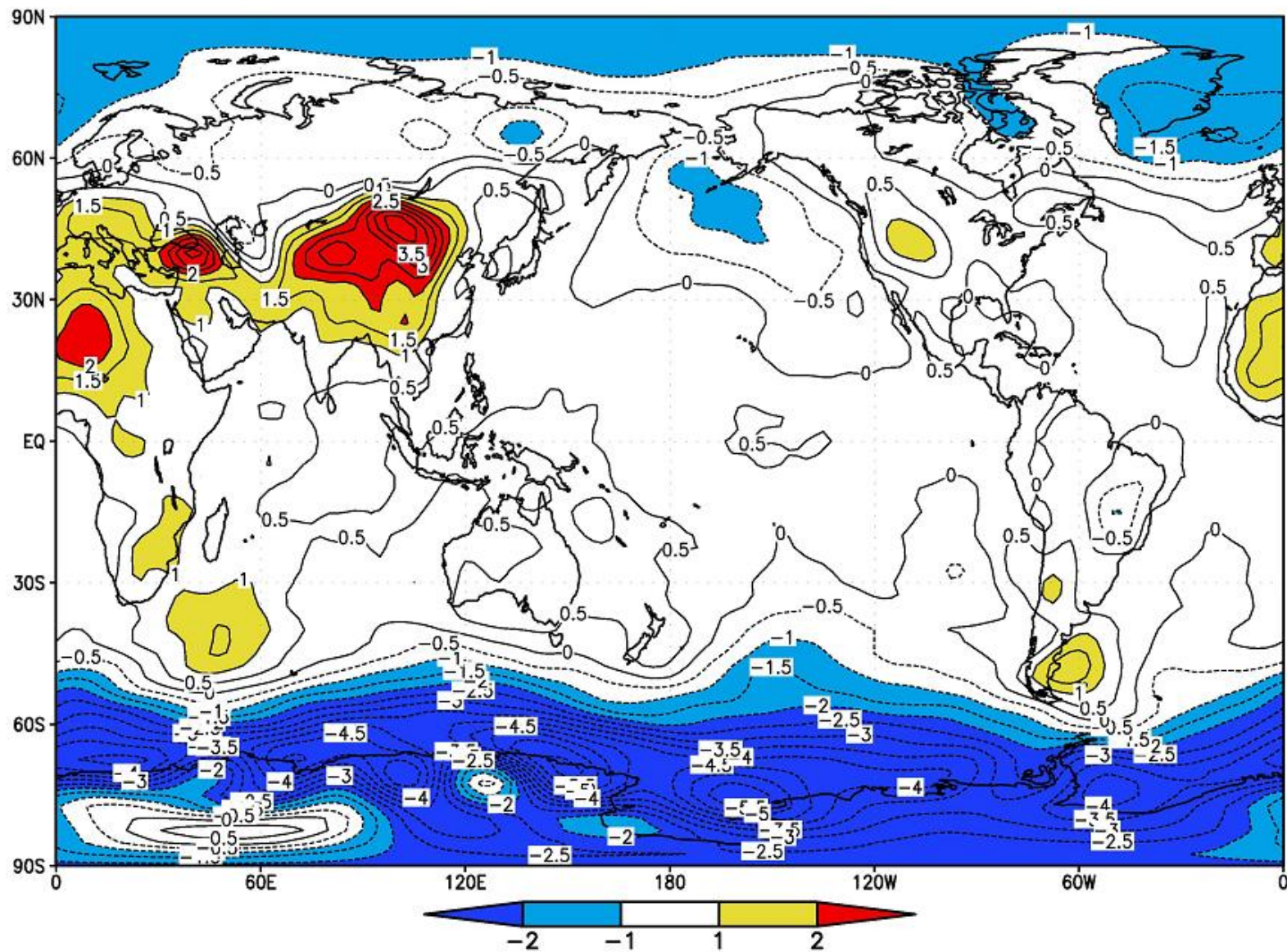
Масса сульфатного аэрозоля в Европейском максимуме летом



Разность среднегодовых осадков в 1971-1990г и 1931-1950г по
данным СМIP3 и СМIP5



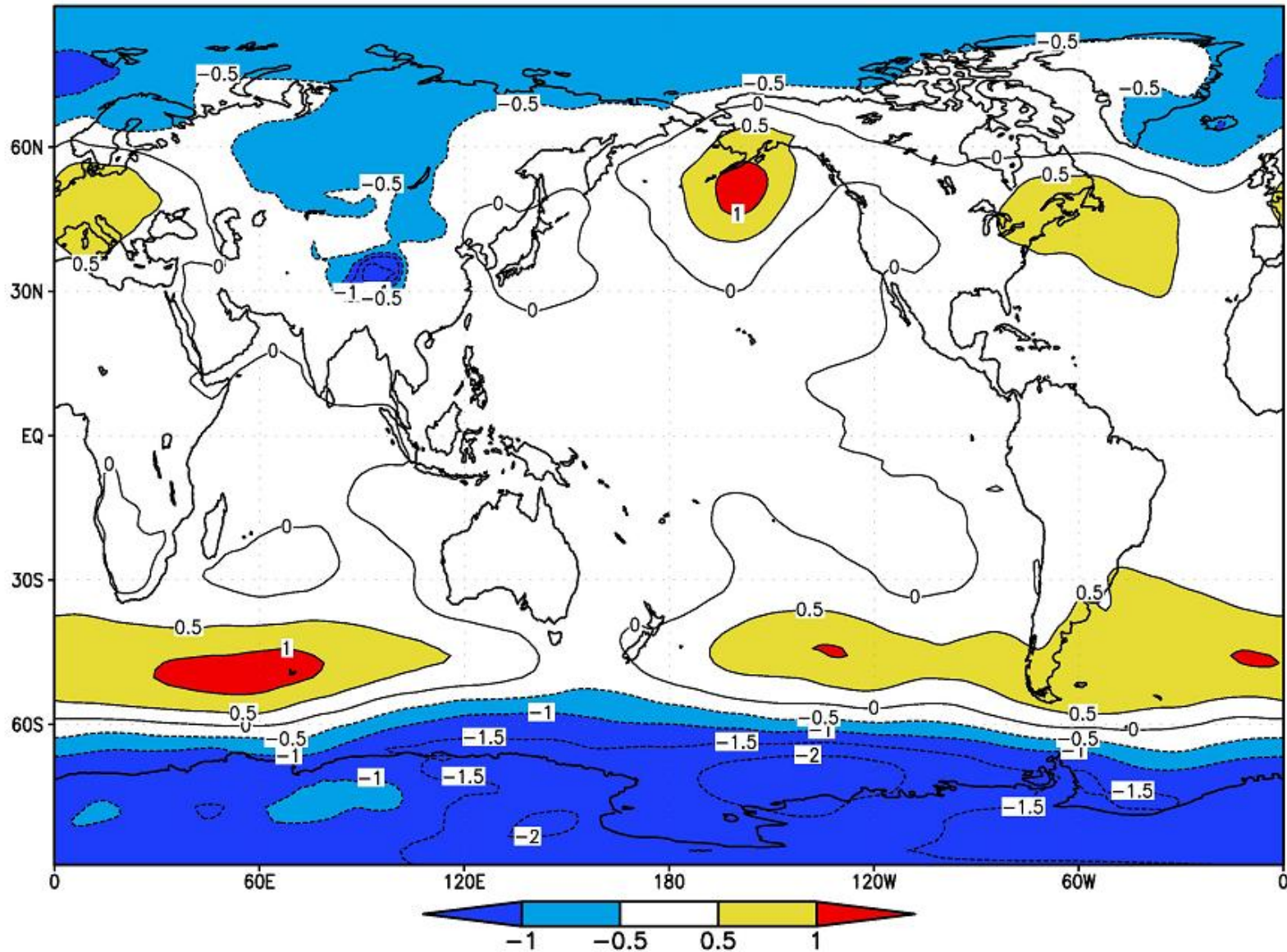
Разность давления на уровне моря в 1981-2000г и 1961-1980г NSCP



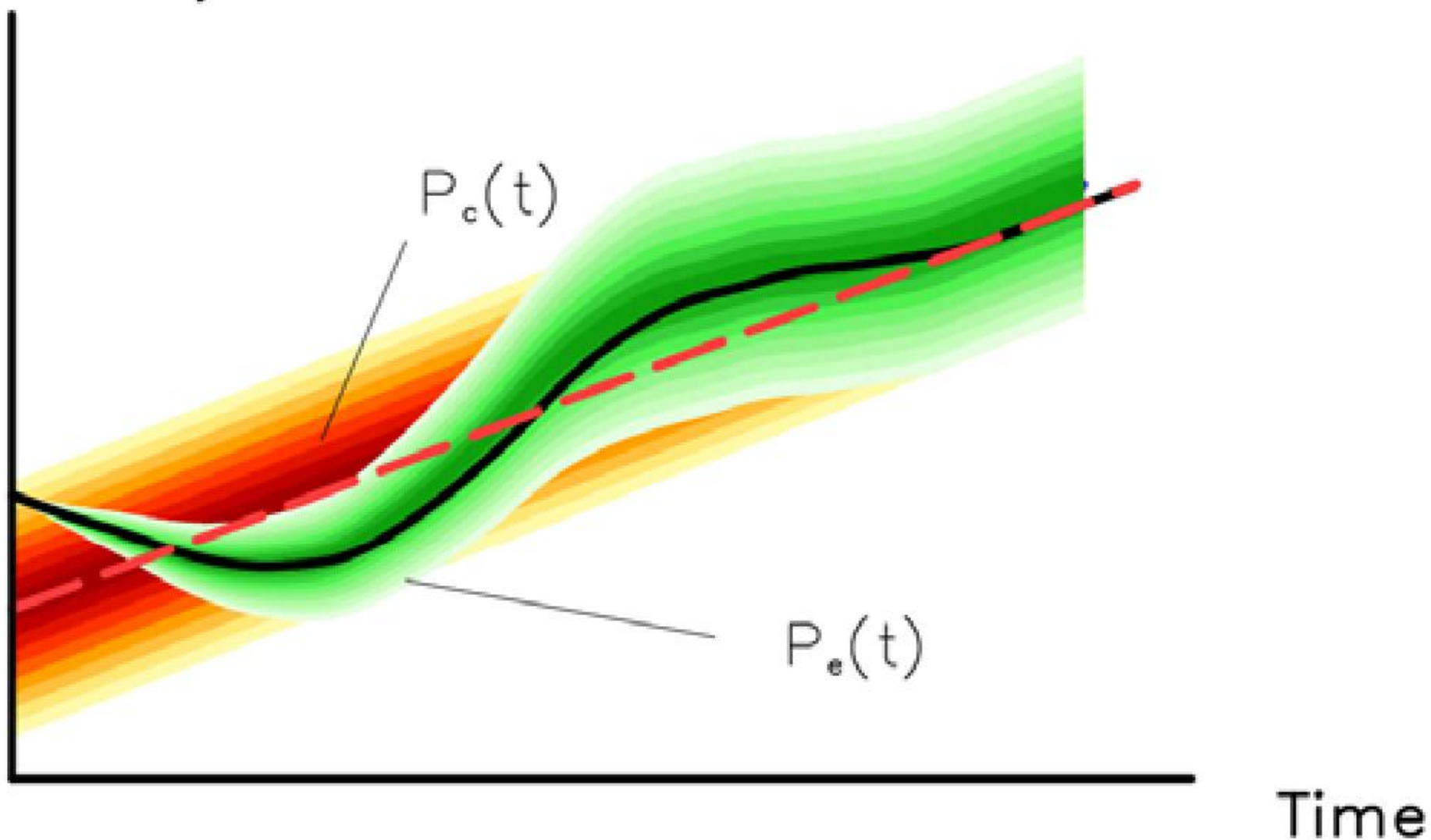
Общее содержание озона в высоких широтах южного полушария



Разность давления на уровне моря в 1981-2000 и 1961-1980г модель



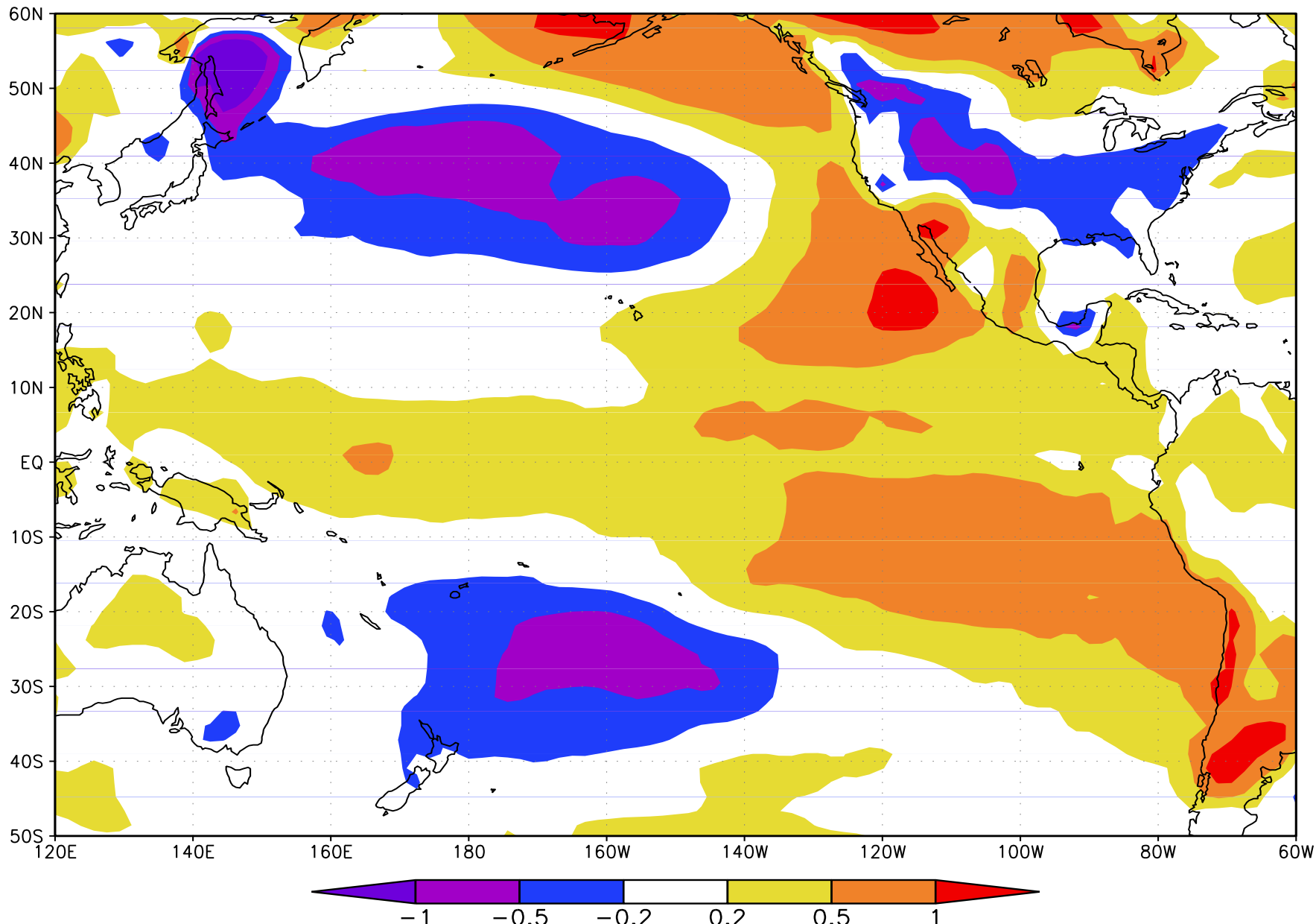
На временных масштабах порядка десятилетия вклад естественных колебаний в изменение климата может быть сопоставим с вкладом антропогенных воздействий



Известно несколько мод собственной изменчивости современного климата

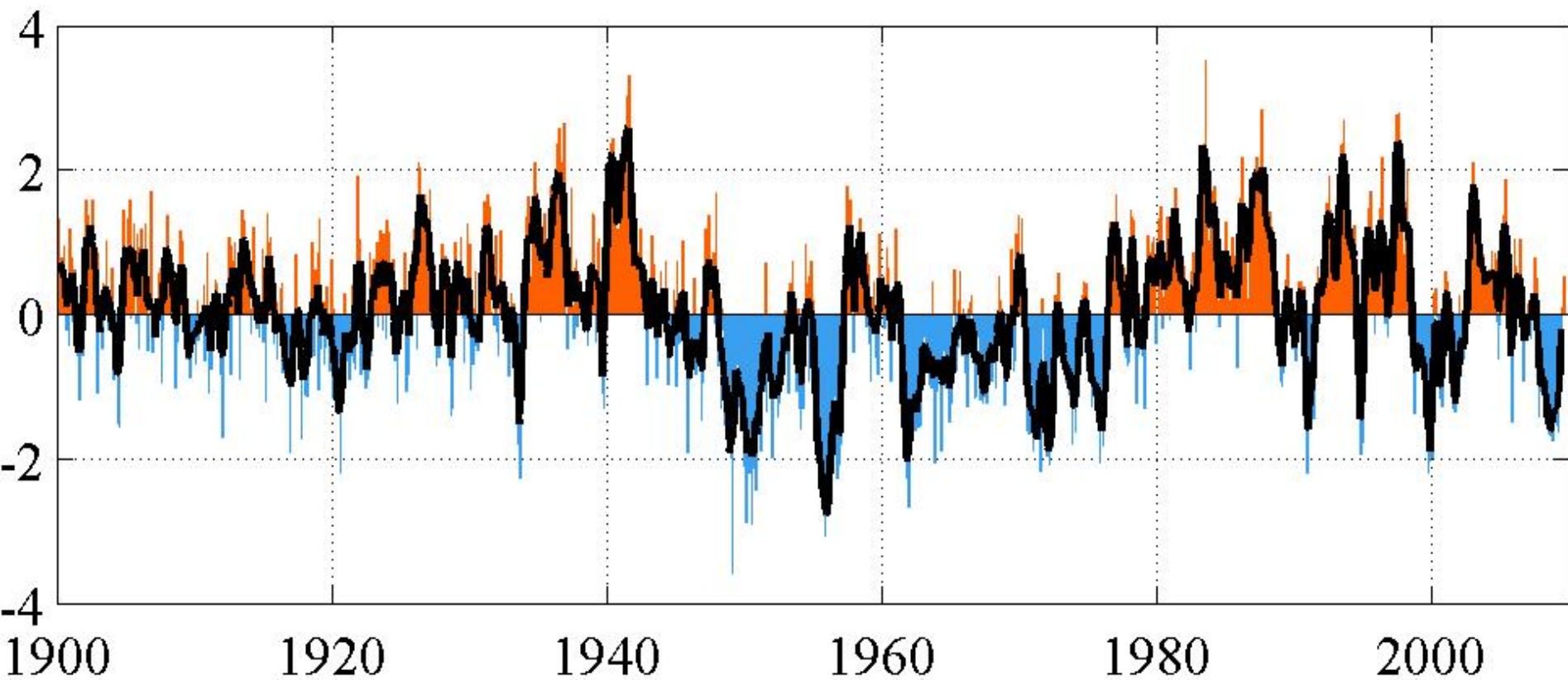
1. Тихоокеанское декадное колебание
2. Арктическое колебание
3. Атлантическое декадное колебание

Тихоокеанское декадное колебание

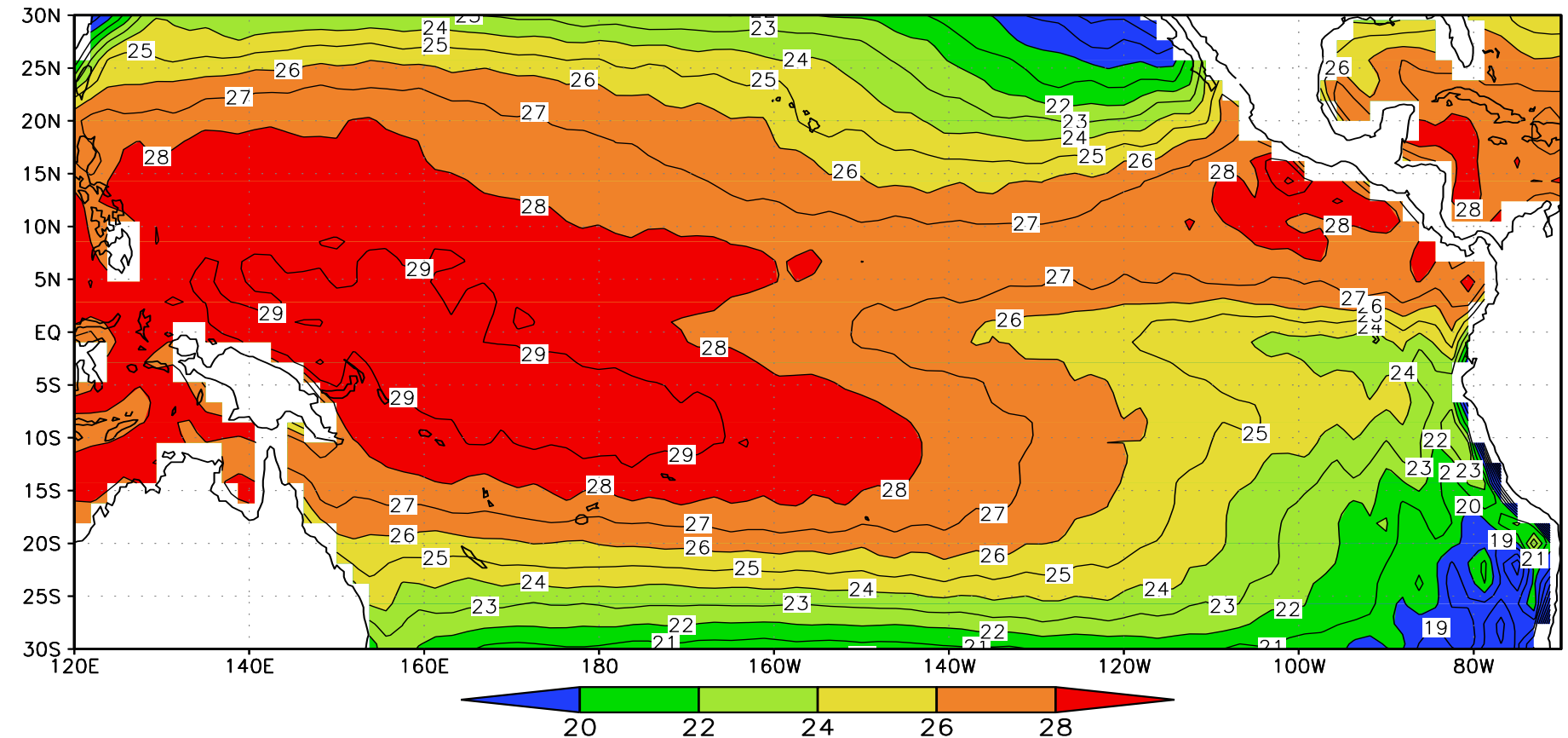


Индекс ТДК

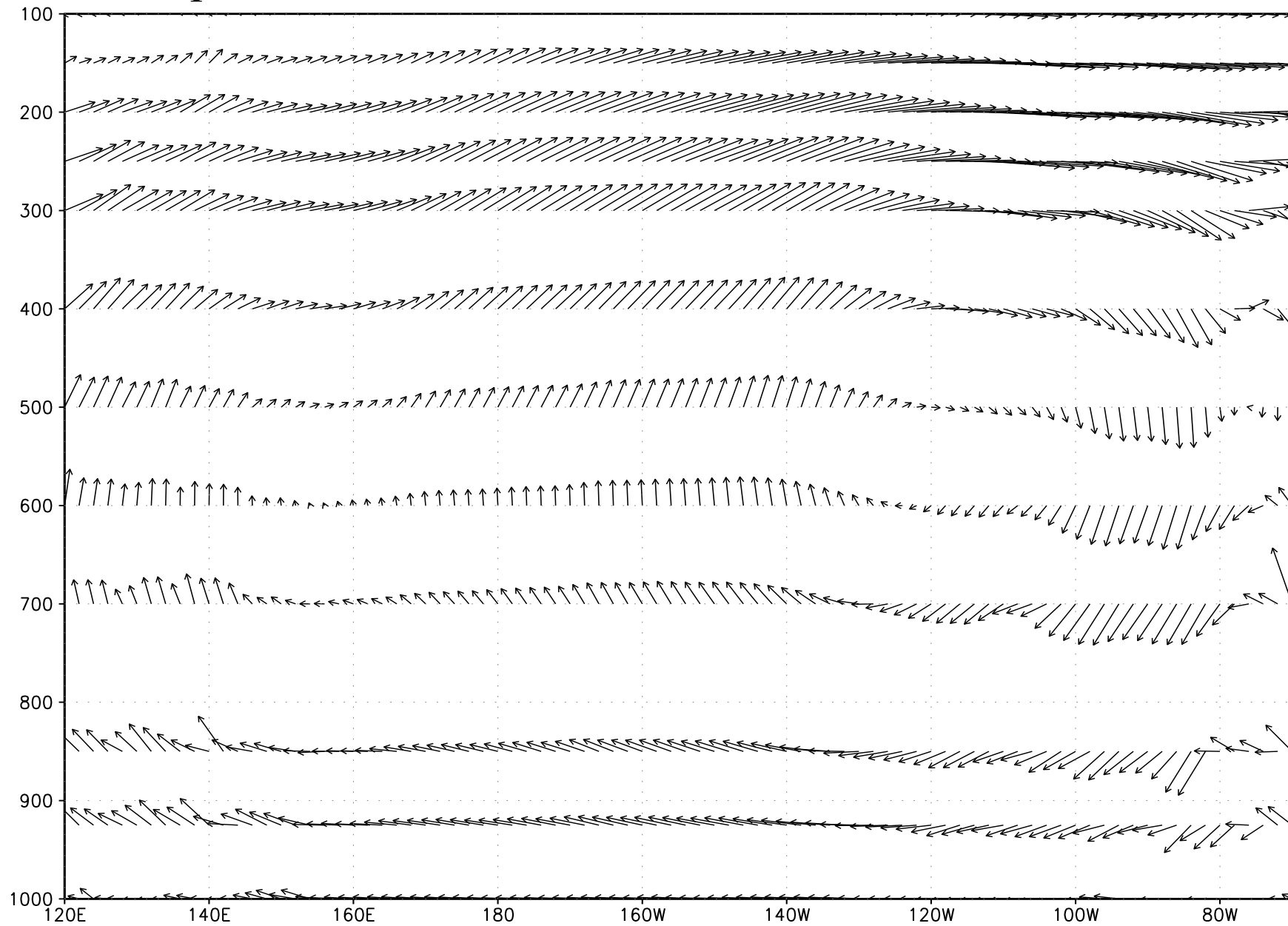
monthly values for the PDO index: 1900-September 2009



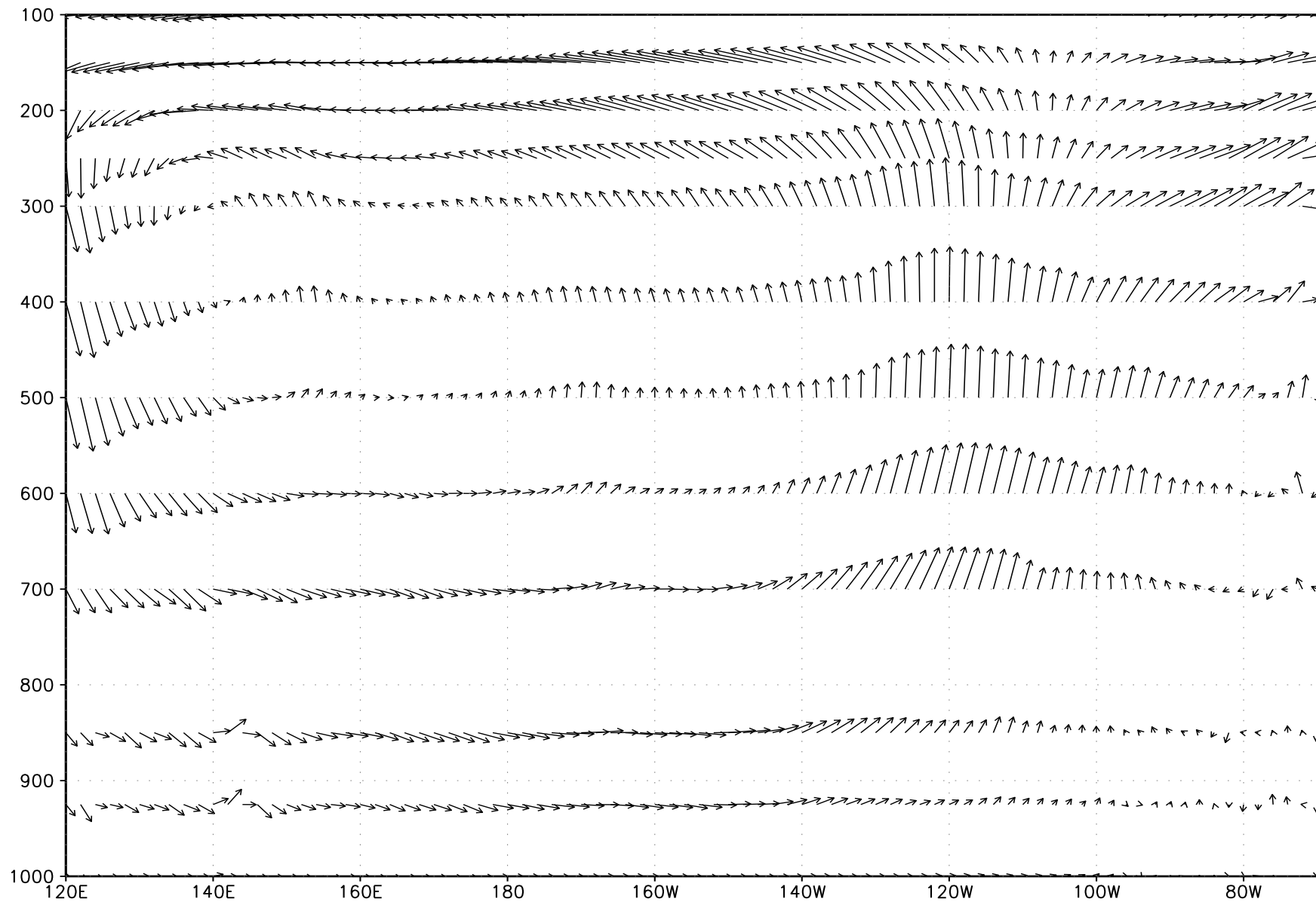
Механизм ТДК: Latif, M. and T.P. Barnett, 1994: Causes of decadal climate variability over the North Pacific and North America. *Science* 266, 634-637.
Barnett, T. P., D. W. Pierce, M. Latif, D. Dommenges, and R. Saravanan. 1999. Interdecadal interactions between the tropics and midlatitudes in the Pacific basin. *Geophys. Res. Lett.* 26: 615-618.



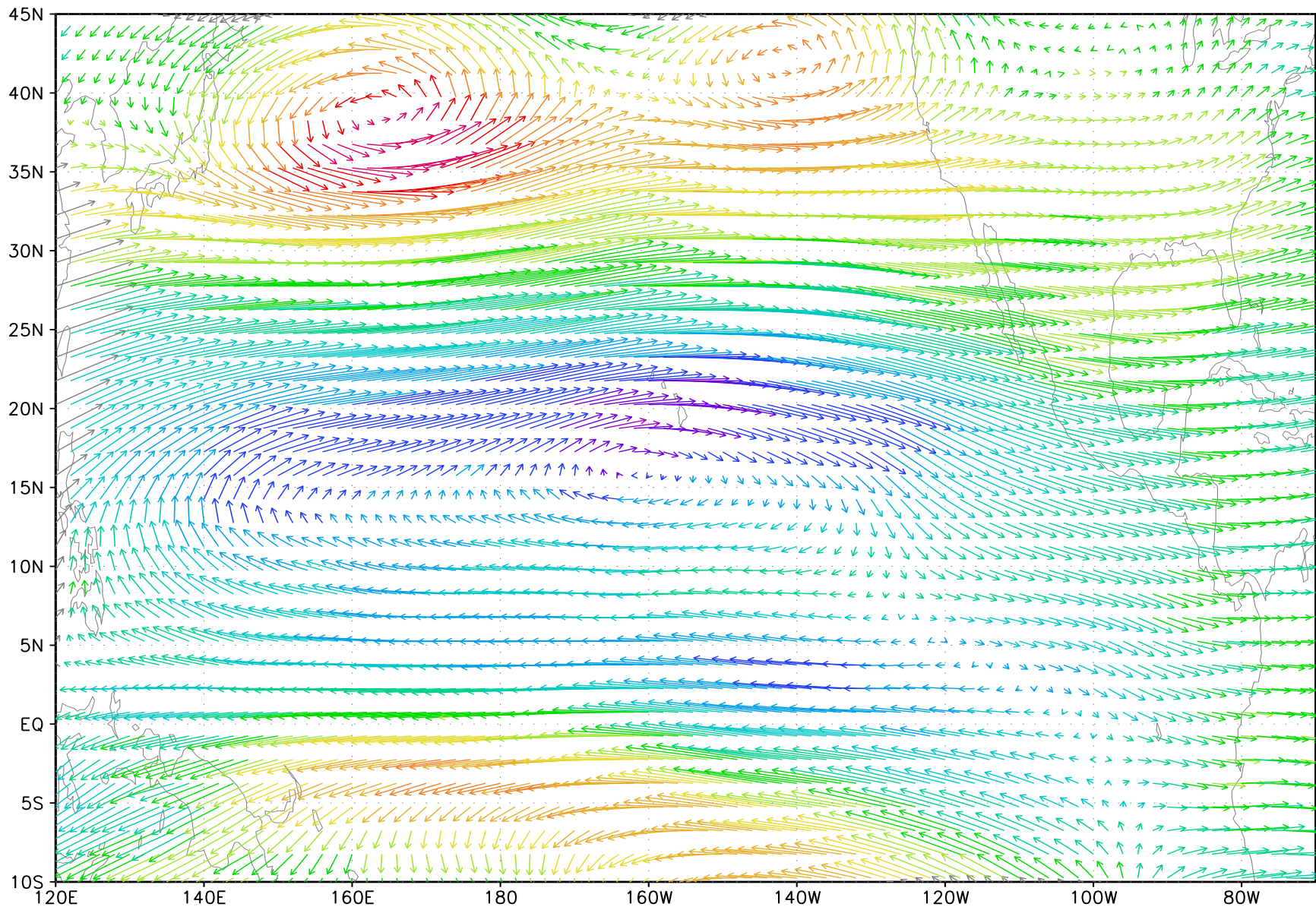
Среднеклиматическая зональная и вертикальная скорости ветра в тропиках Тихого океана по данным модели INMCM4



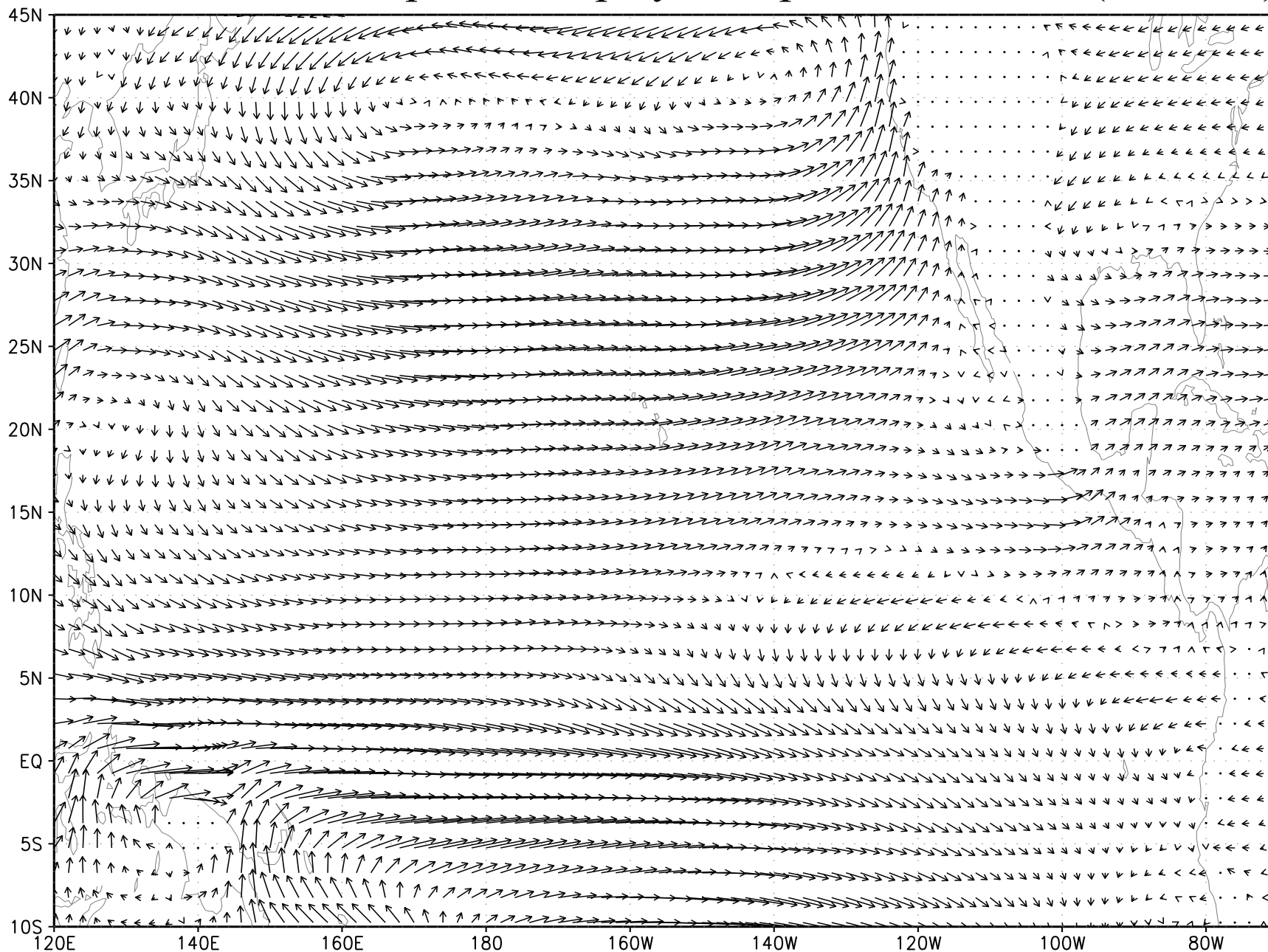
Аномалия скорости при положительном индексе ТДК



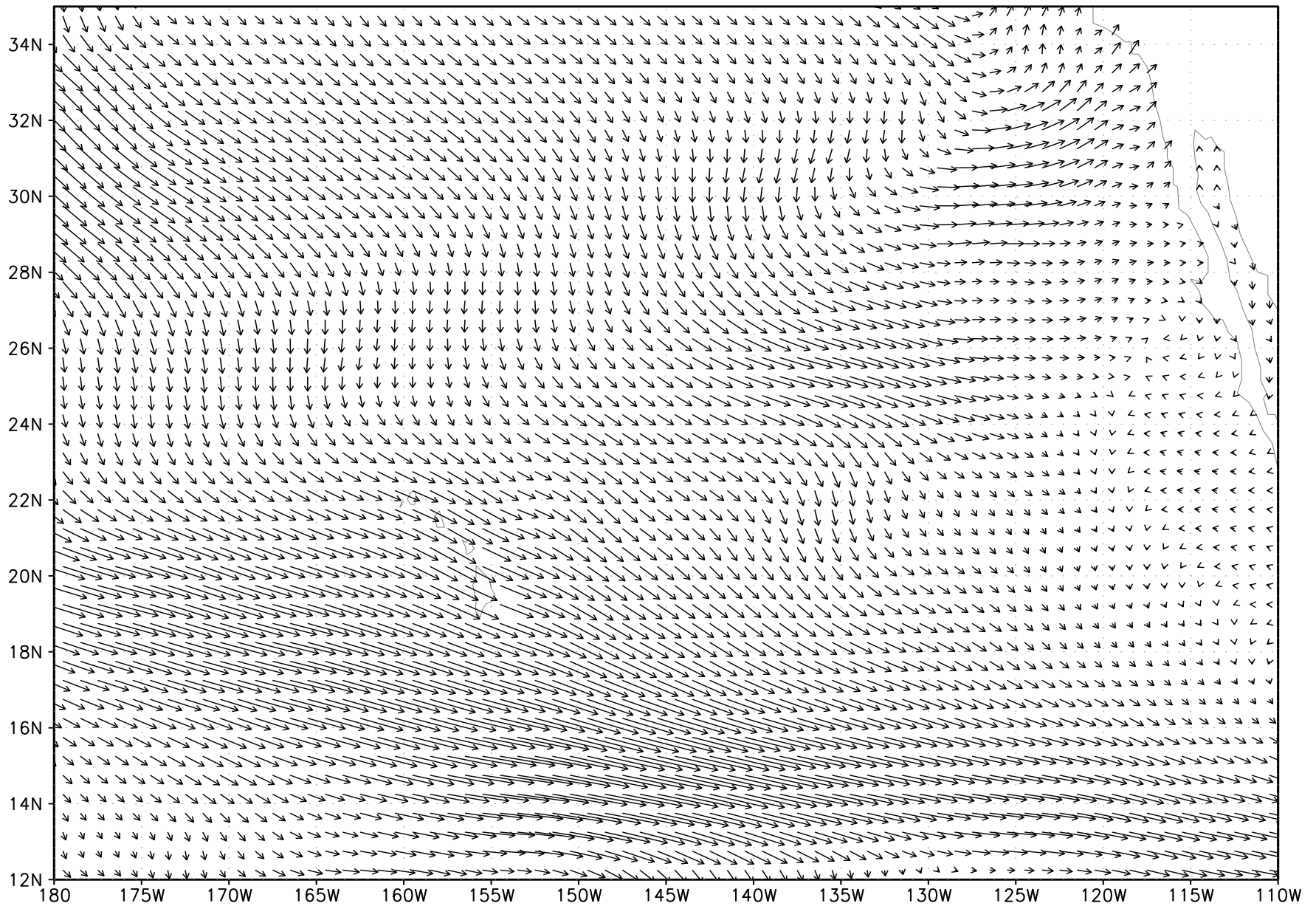
Аномалия скорости ветра в верхней тропосфере (200 гПа). Синий – отрицательная завихренность, красный – положительная



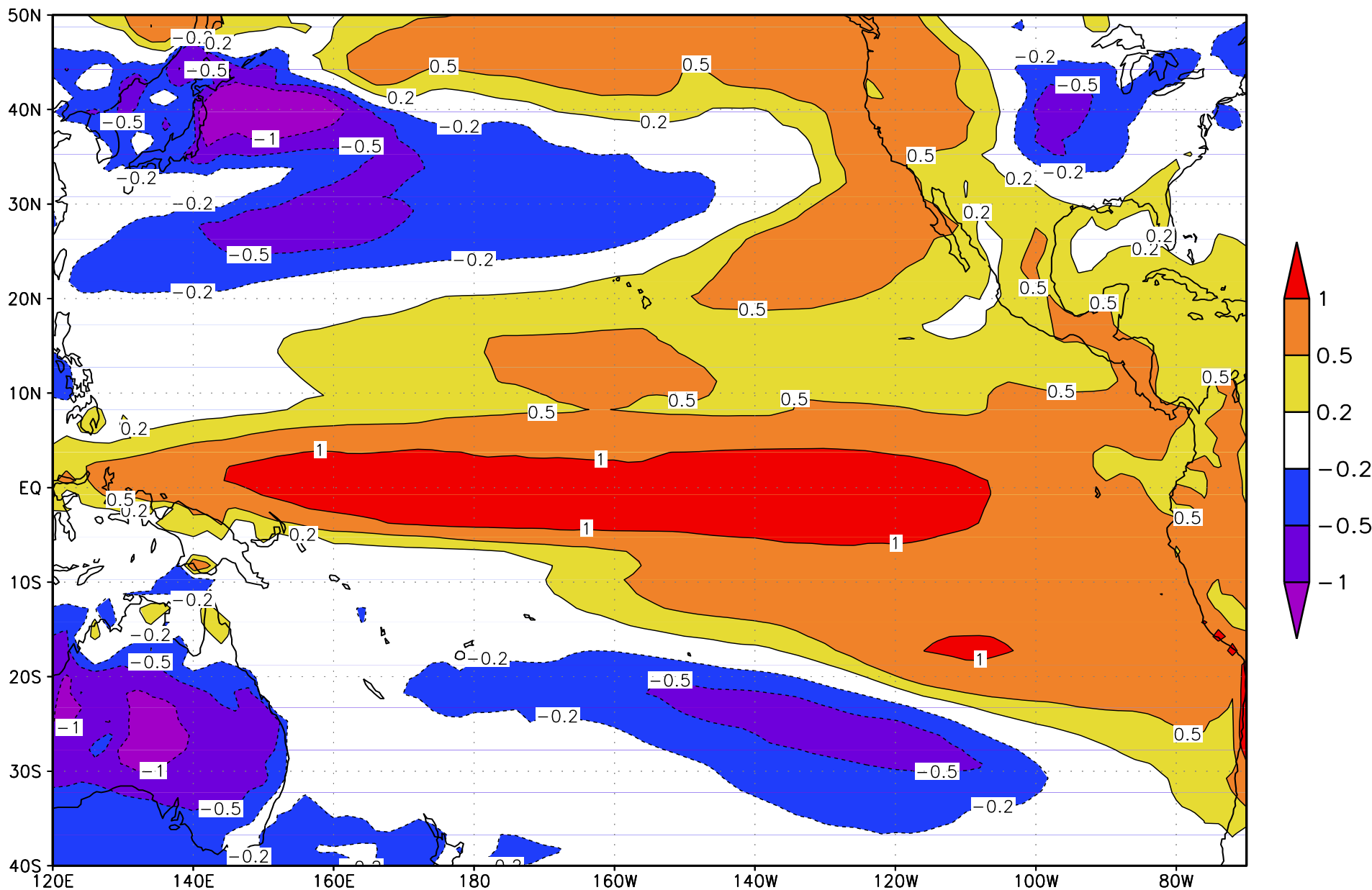
Аномалии скорости ветра у поверхности Земли (925 гПа)



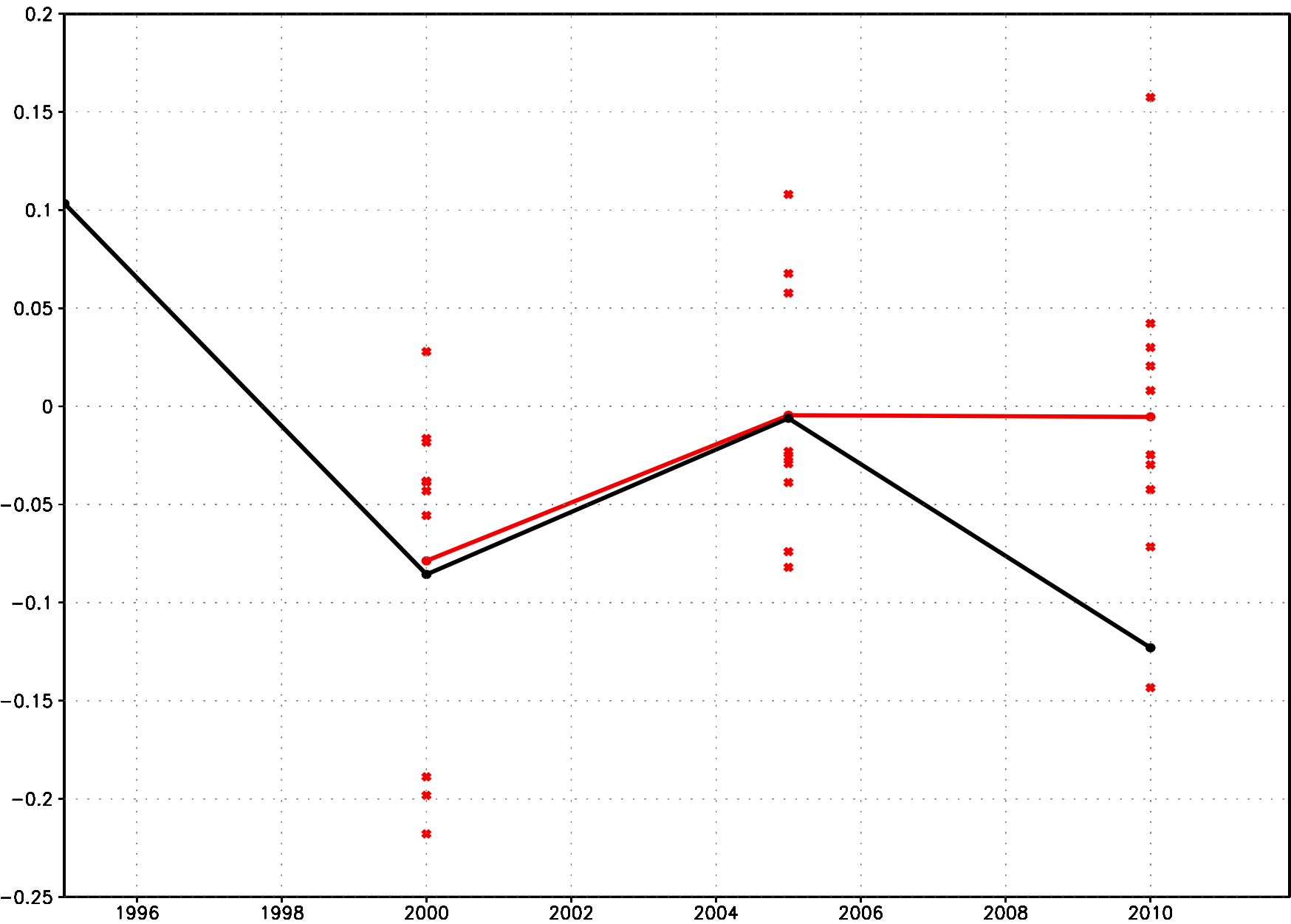
Аномалия скорости течения на поверхности океана



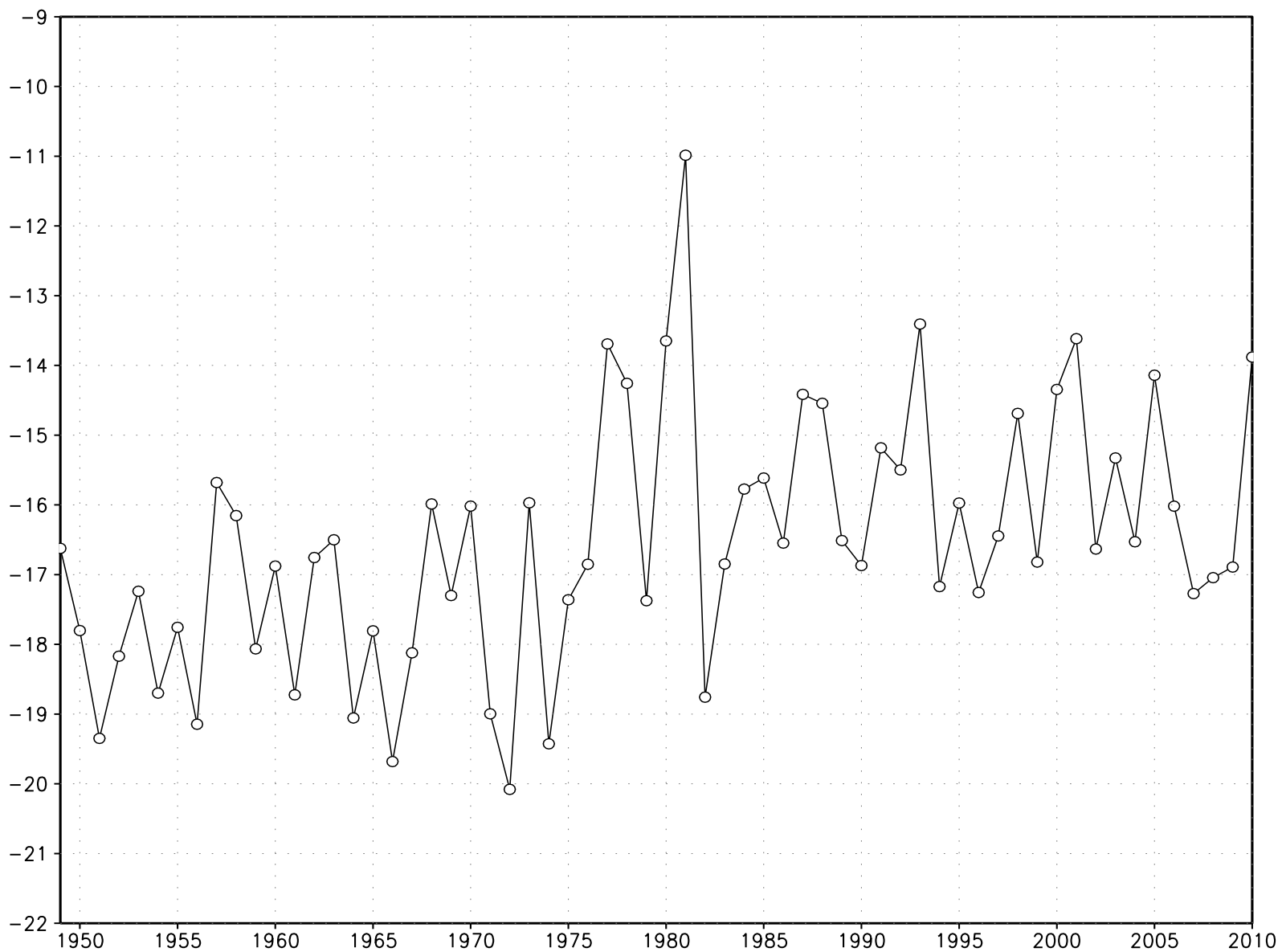
Первая ЭОФ 5-летней средней температуры в модели INMCM4



Индекс ТДК по модели (красный) и NCER (черный)

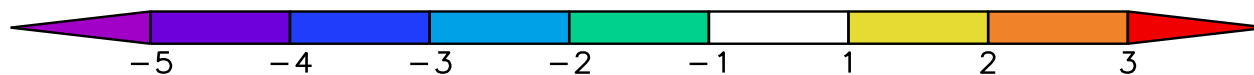
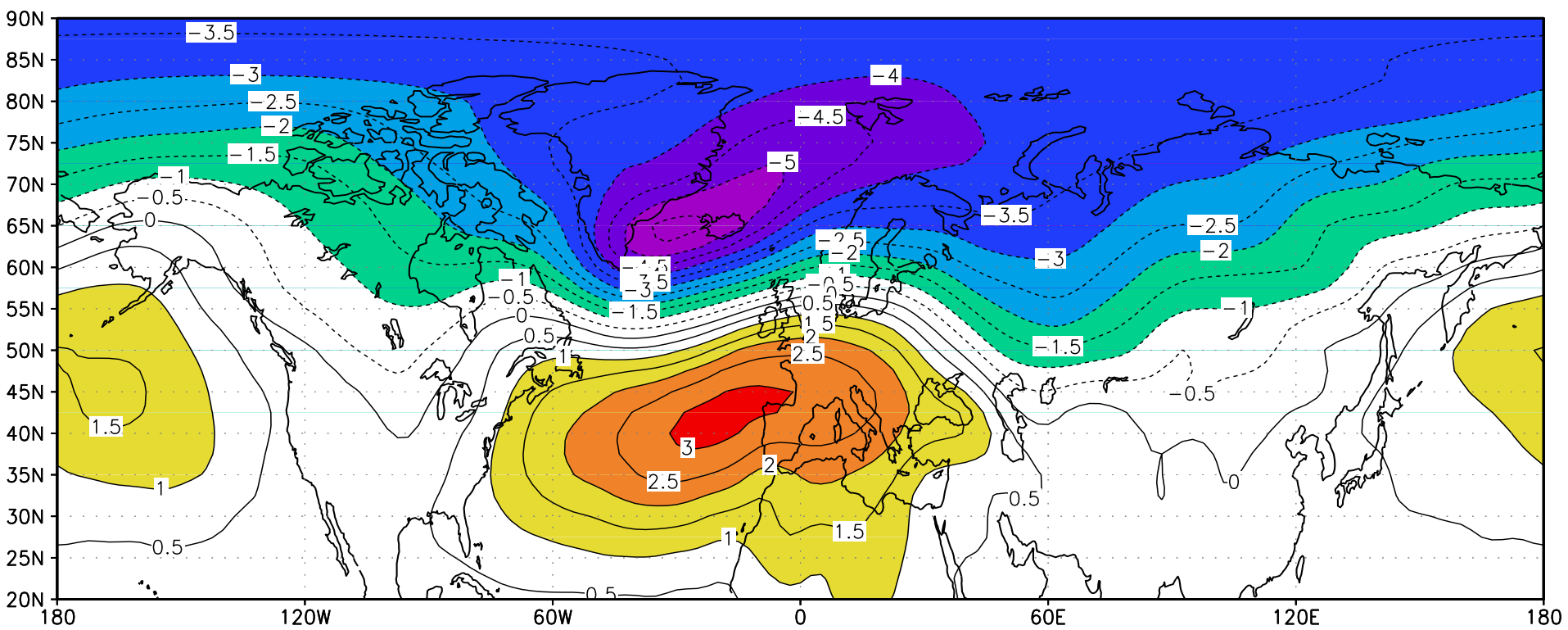


Приземная температура на Аляске и С-З Канады в январе-апреле

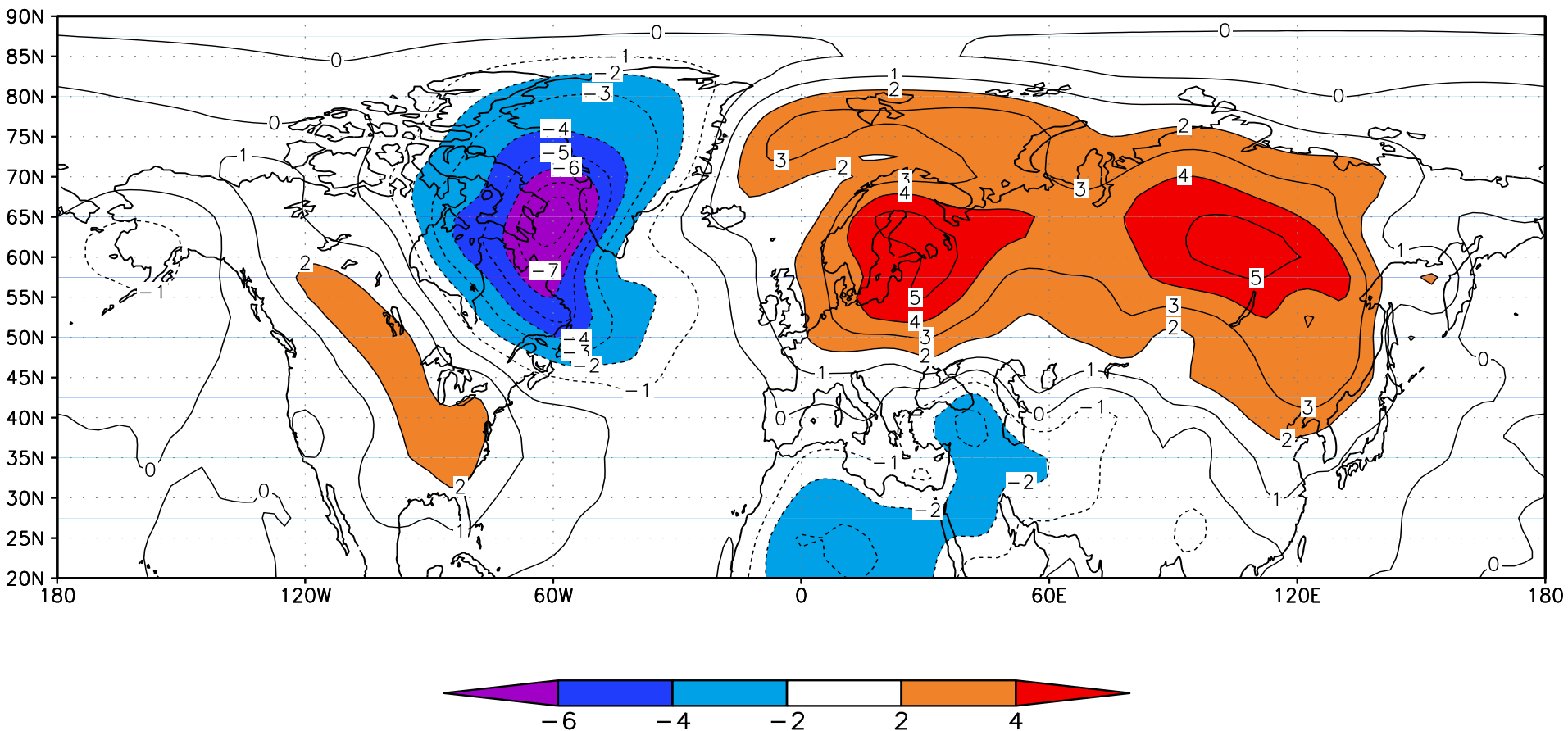


По сообщению G. Meehl на конференции 3ICESM, фаза ТДК регулирует скорость глобального потепления, по крайней мере, в климатической модели CCSM4. А именно, при положительном индексе происходит быстрое потепление. При отрицательном — замедление или прекращение потепления на поверхности, но теплеют глубинные слои океана.

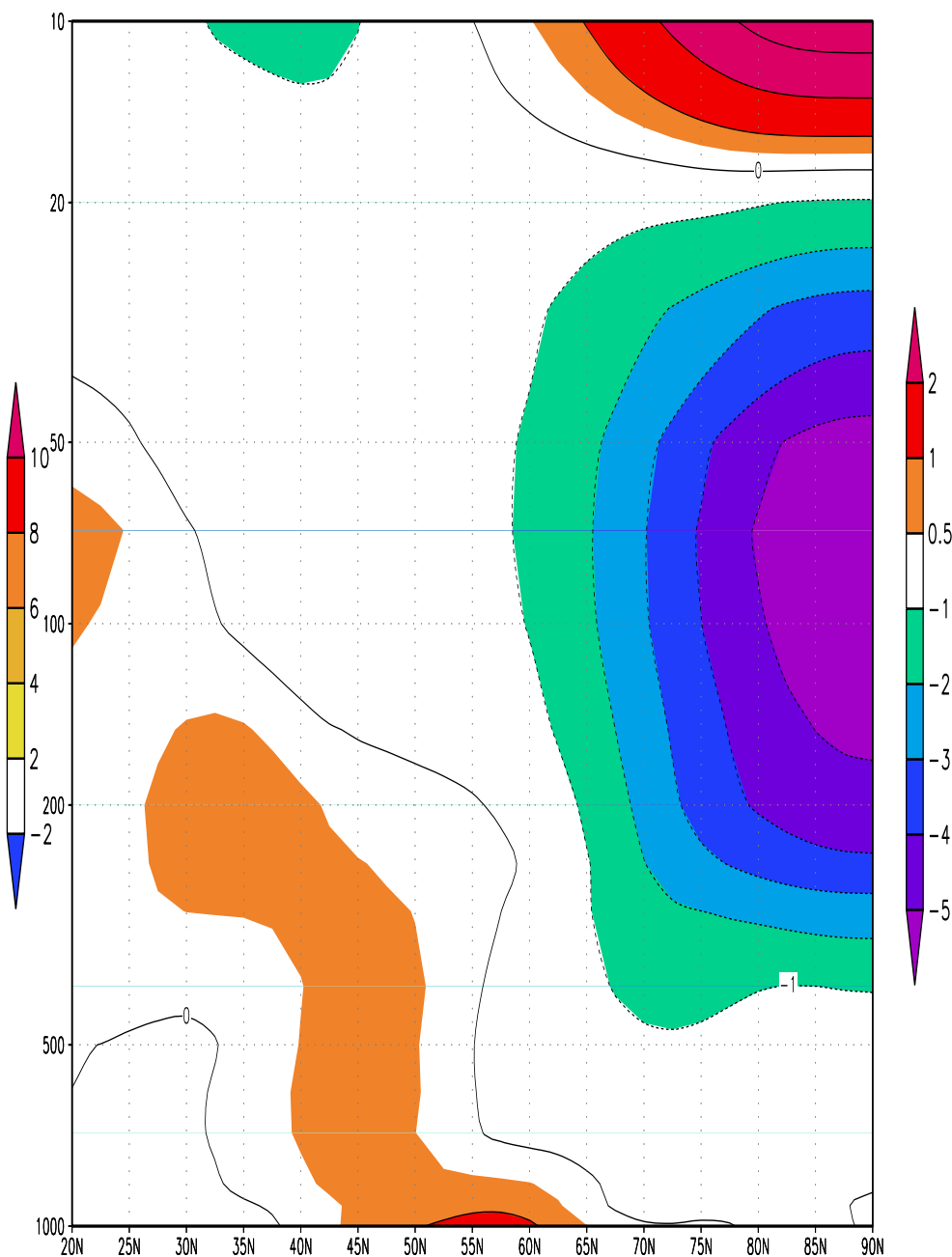
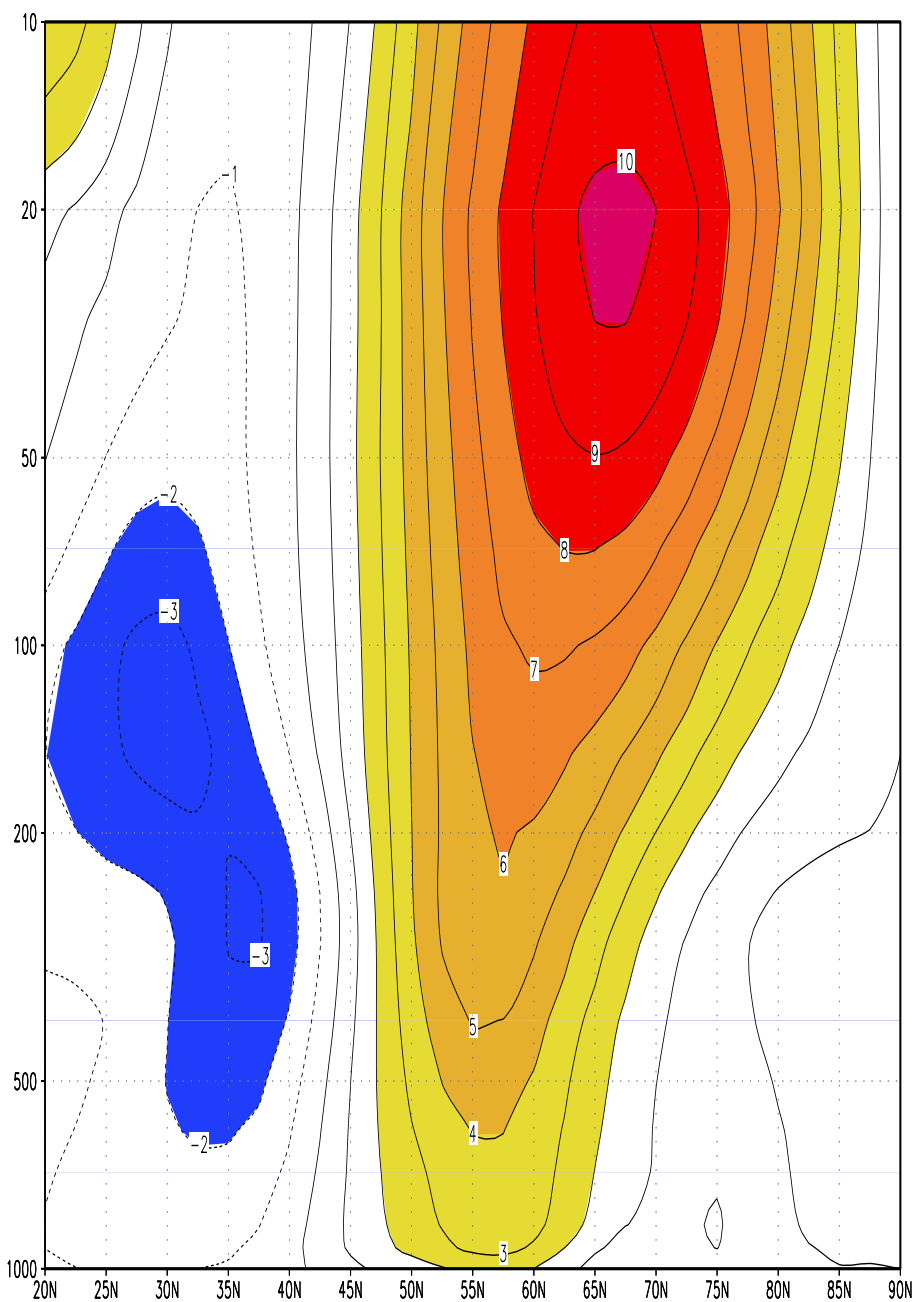
Арктическое колебание



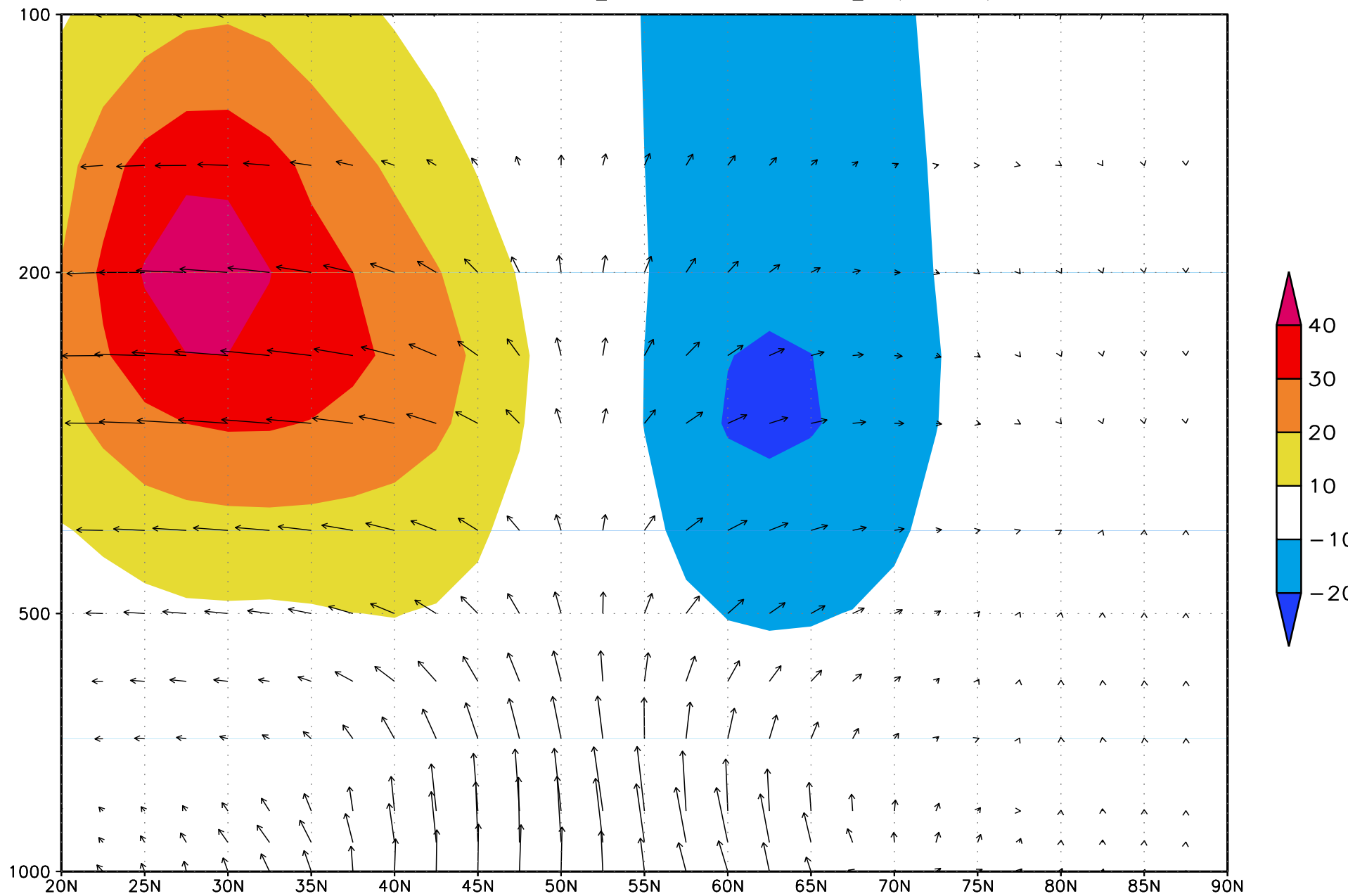
Аномалии температуры поверхности при положительном индексе АК



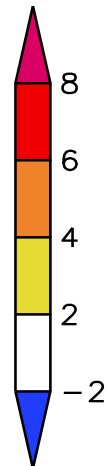
Аномалии скорости ветра и температуры при положительном индексе АК



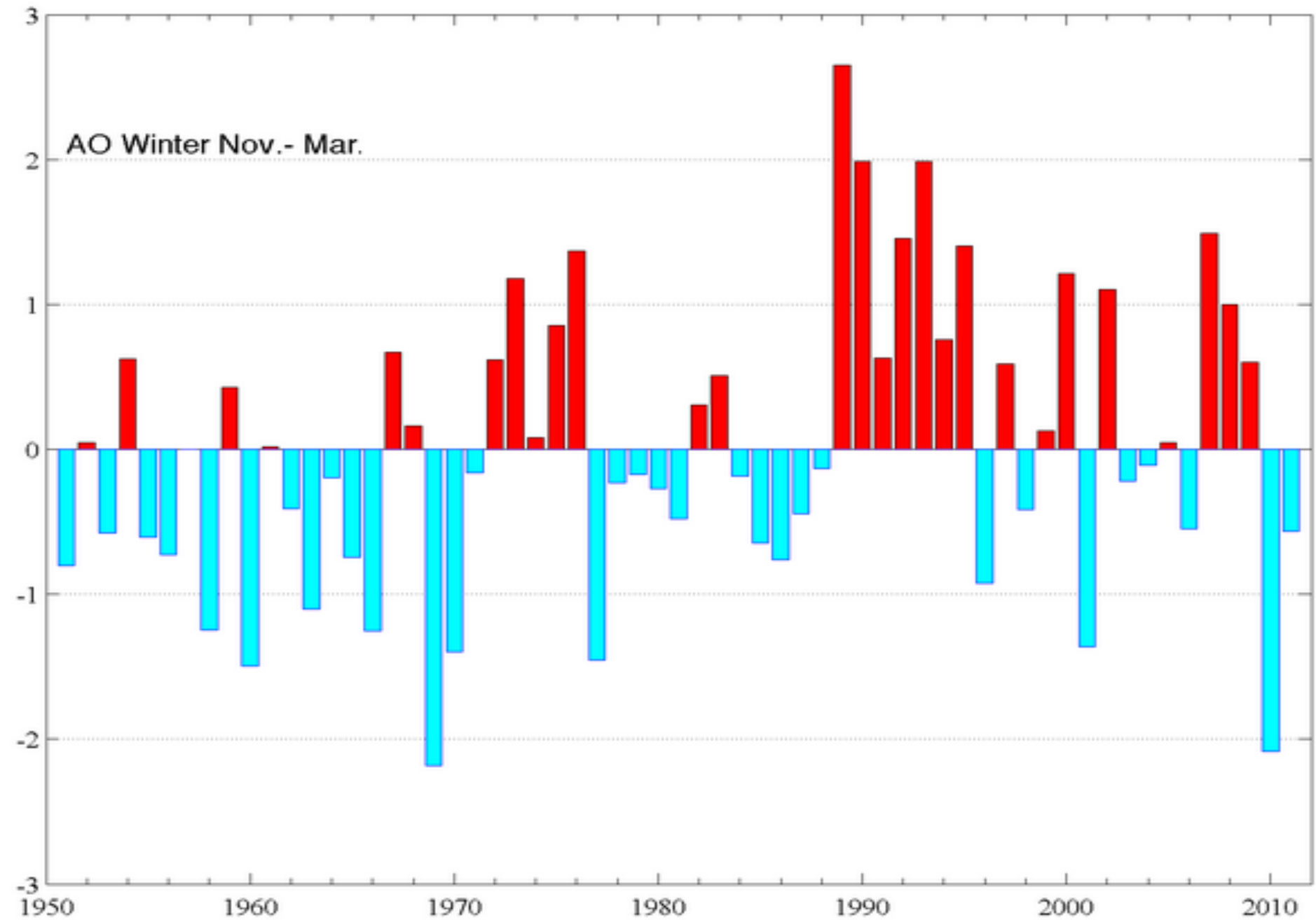
Поток энергии волн Россби (стрелочки) и порождаемый ими поток зональной скорости на север (цвет)



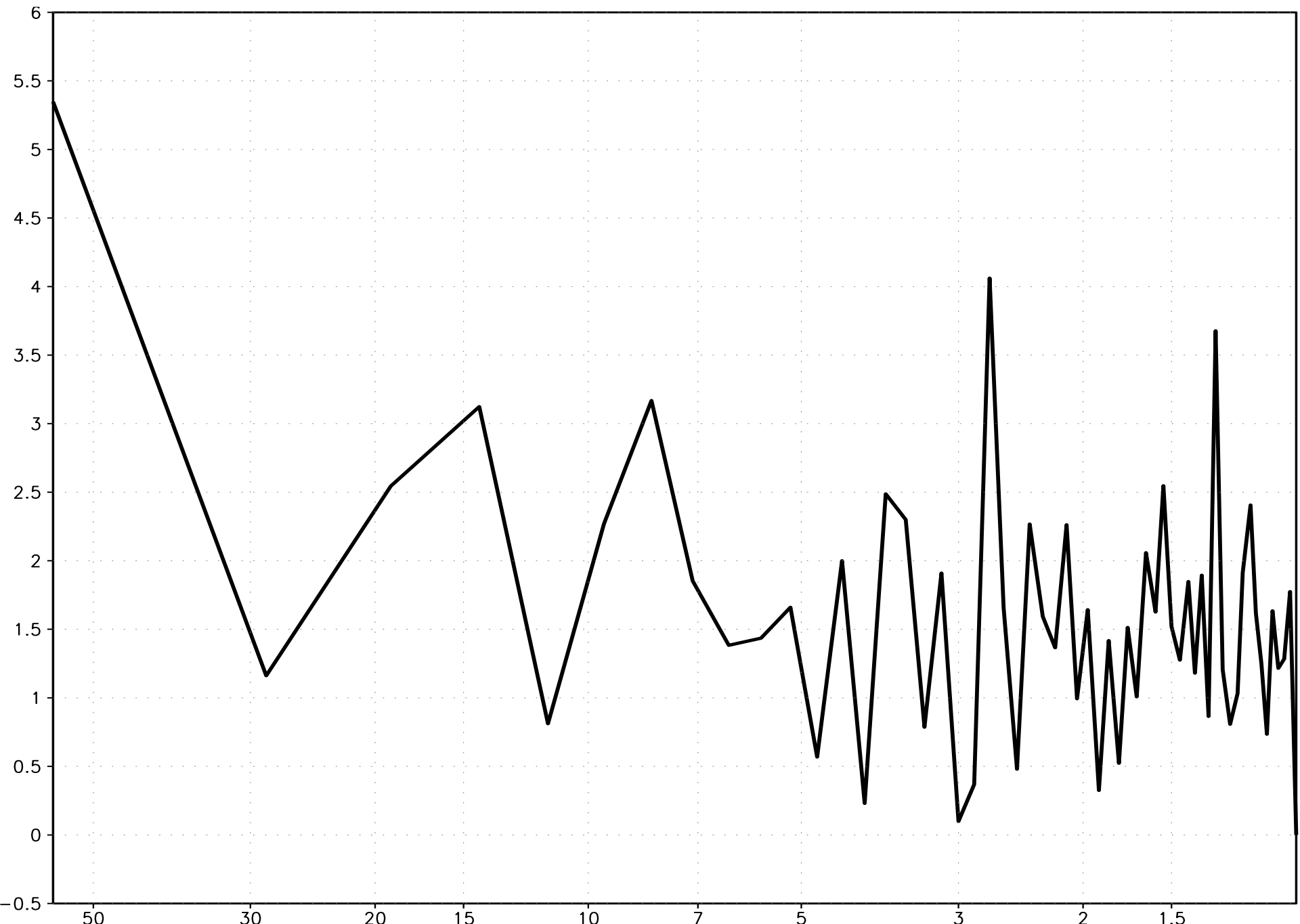
Изменение потока энергии волн Россби и потока зональной скорости на север при положительном индексе АО



Зимний индекс АК

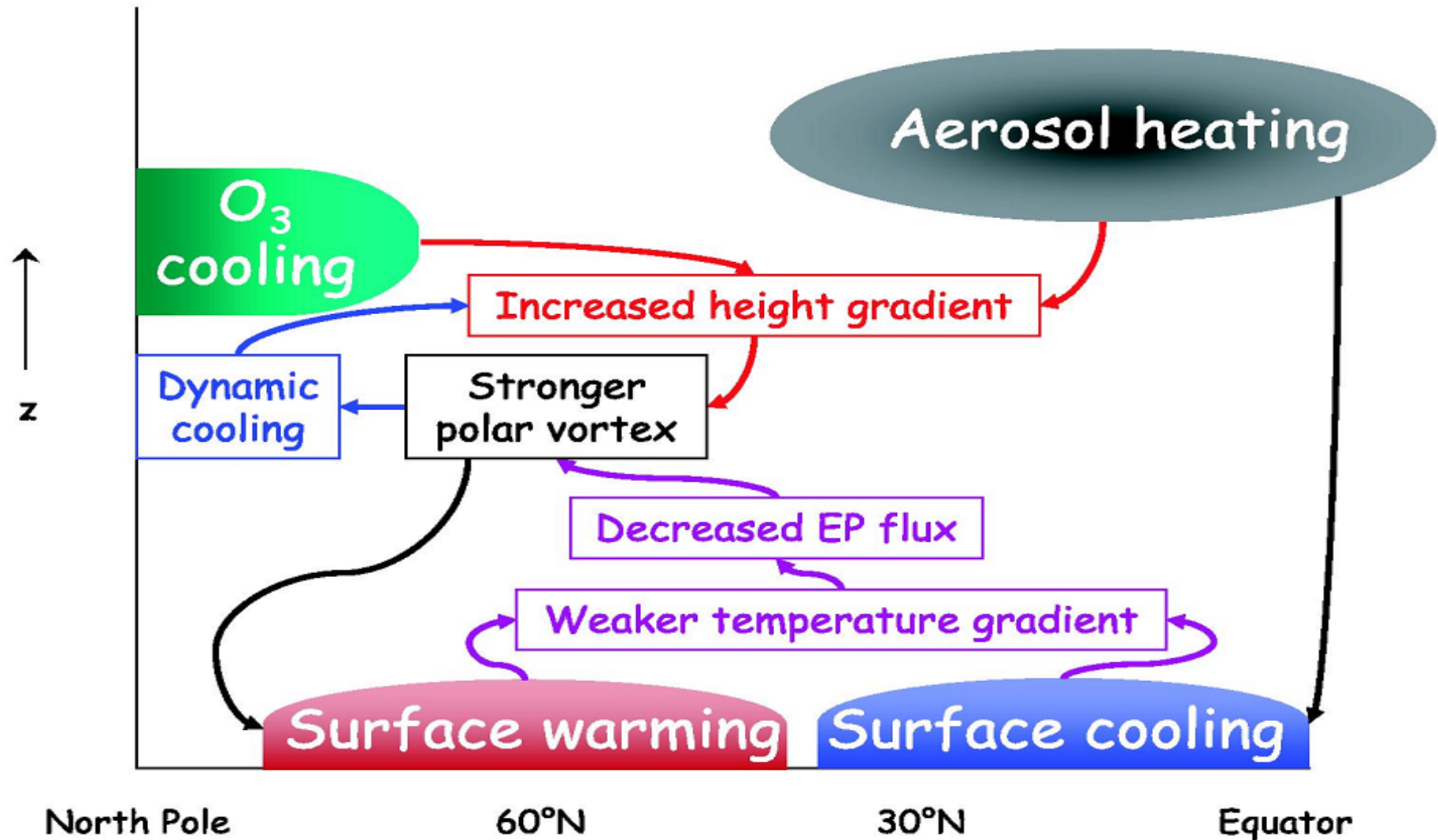


Спектр индекса АК



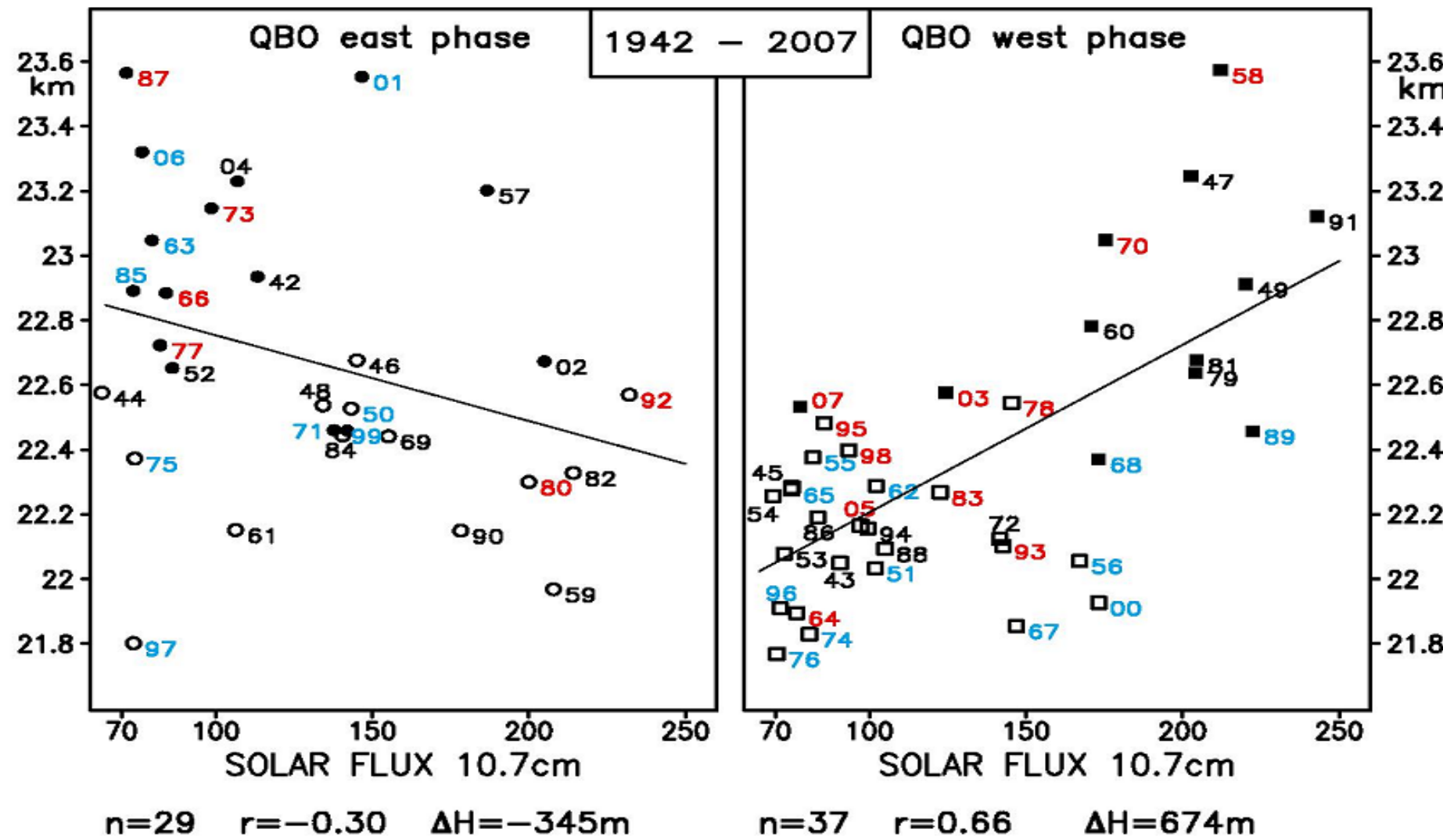
Механизмы отклика индекса АК на извержения вулканов

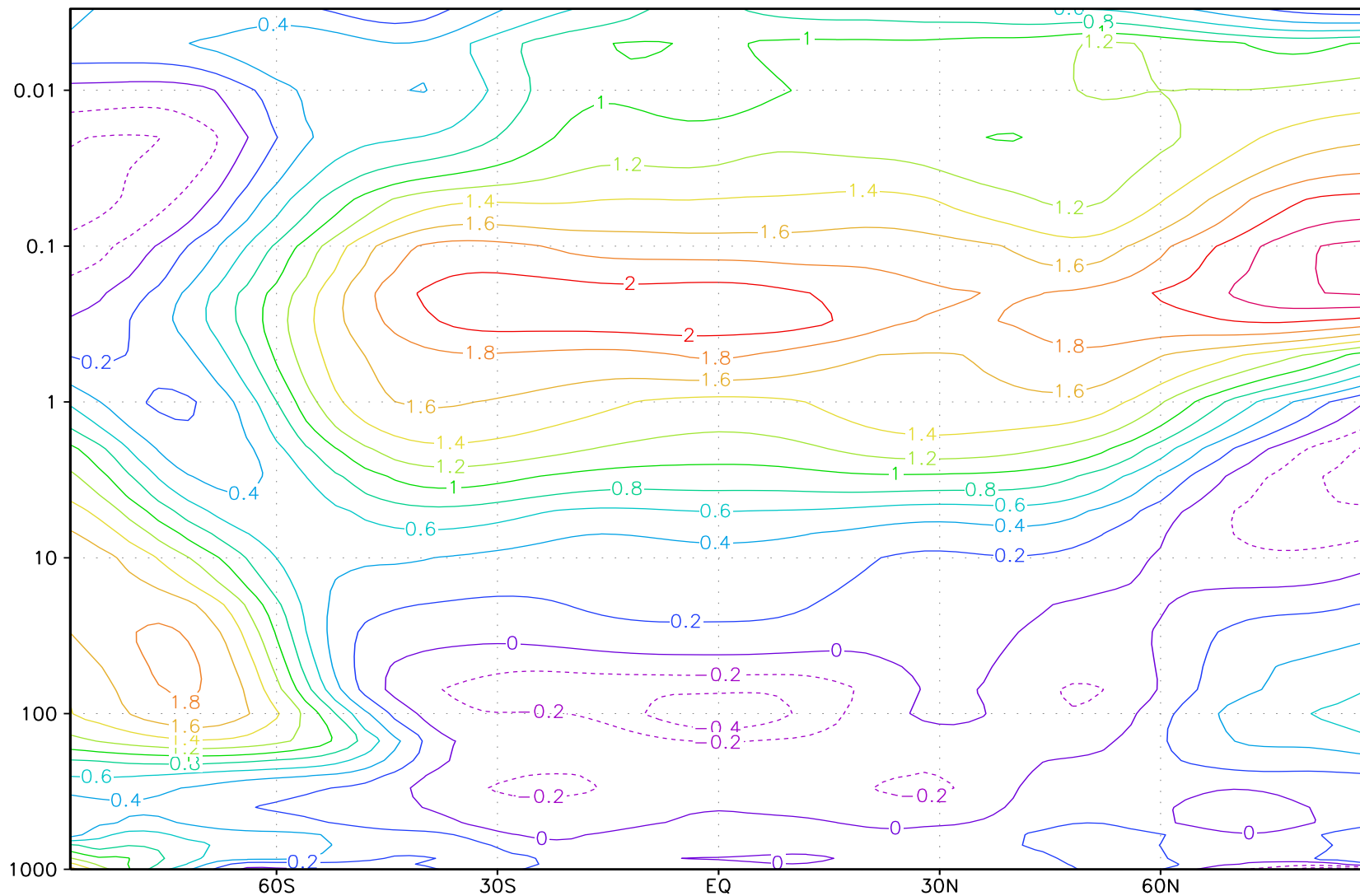
Stenchikov G, A. Robock, V. Ramaswamy, M. D. Schwarzkopf, K. Hamilton, and S. Ramachandran. 2002. Arctic Oscillation response to the 1991 Mount Pinatubo eruption: Effects of volcanic aerosols and ozone depletion. J. Geophys. Res. V.107, doi:10.1029/2002JD002090



Корреляция высоты 50 мб на Сев. Полюсе и солн активности при двух фазах КДК

Labitzke K., Kunze M. 2009. Variability in the stratosphere: the Sun and the QBO. Climate and Weather of the Sun-EarthSystem(CAWSSES):SelectedPapers from the 2007 Kyoto Symposium, Edited by T. Tsuda, R. Fujii, K. Shibata, and M. A. Geller, pp. 257–278.TERRAPUB, Tokyo, 2009.

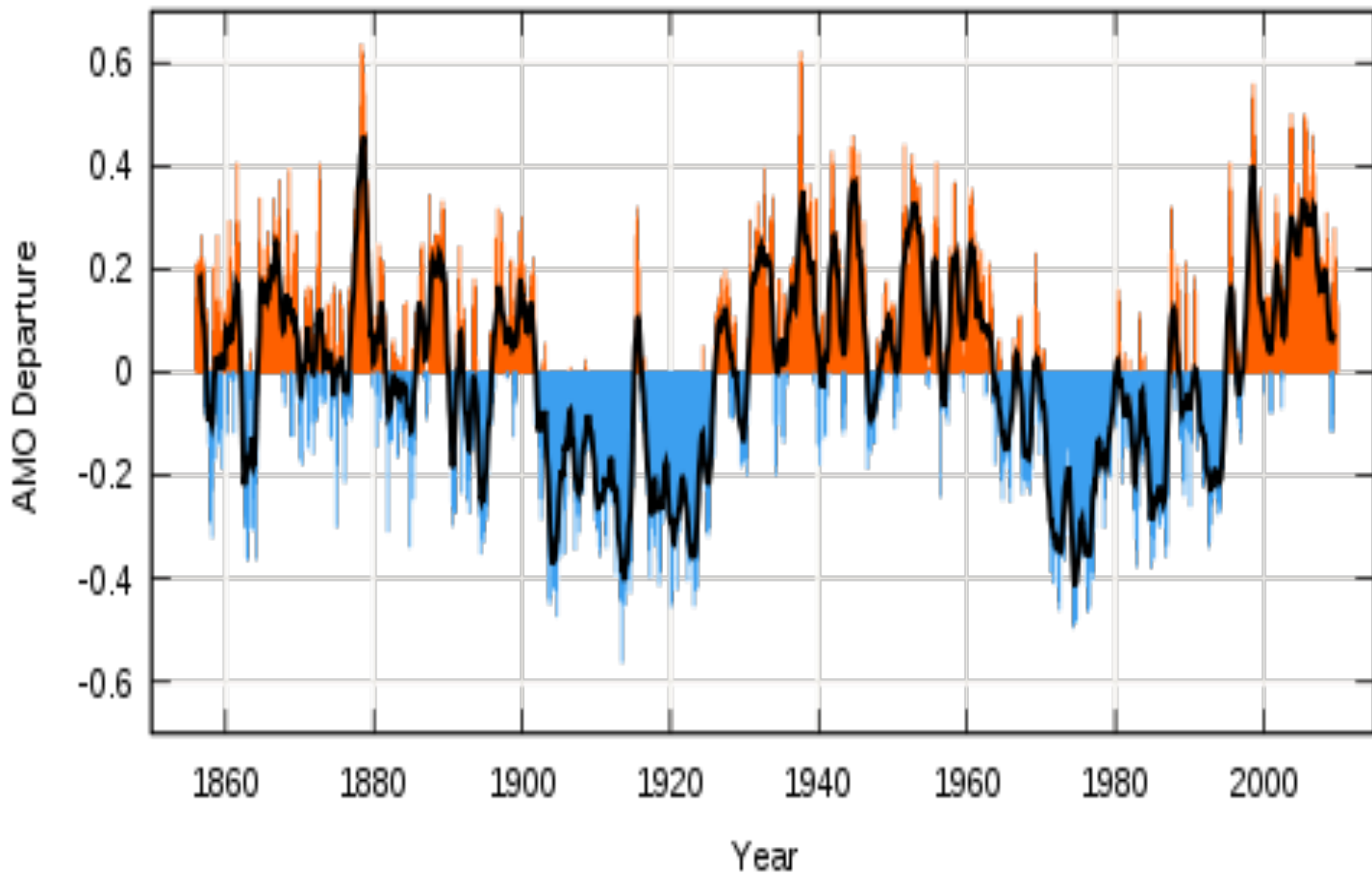




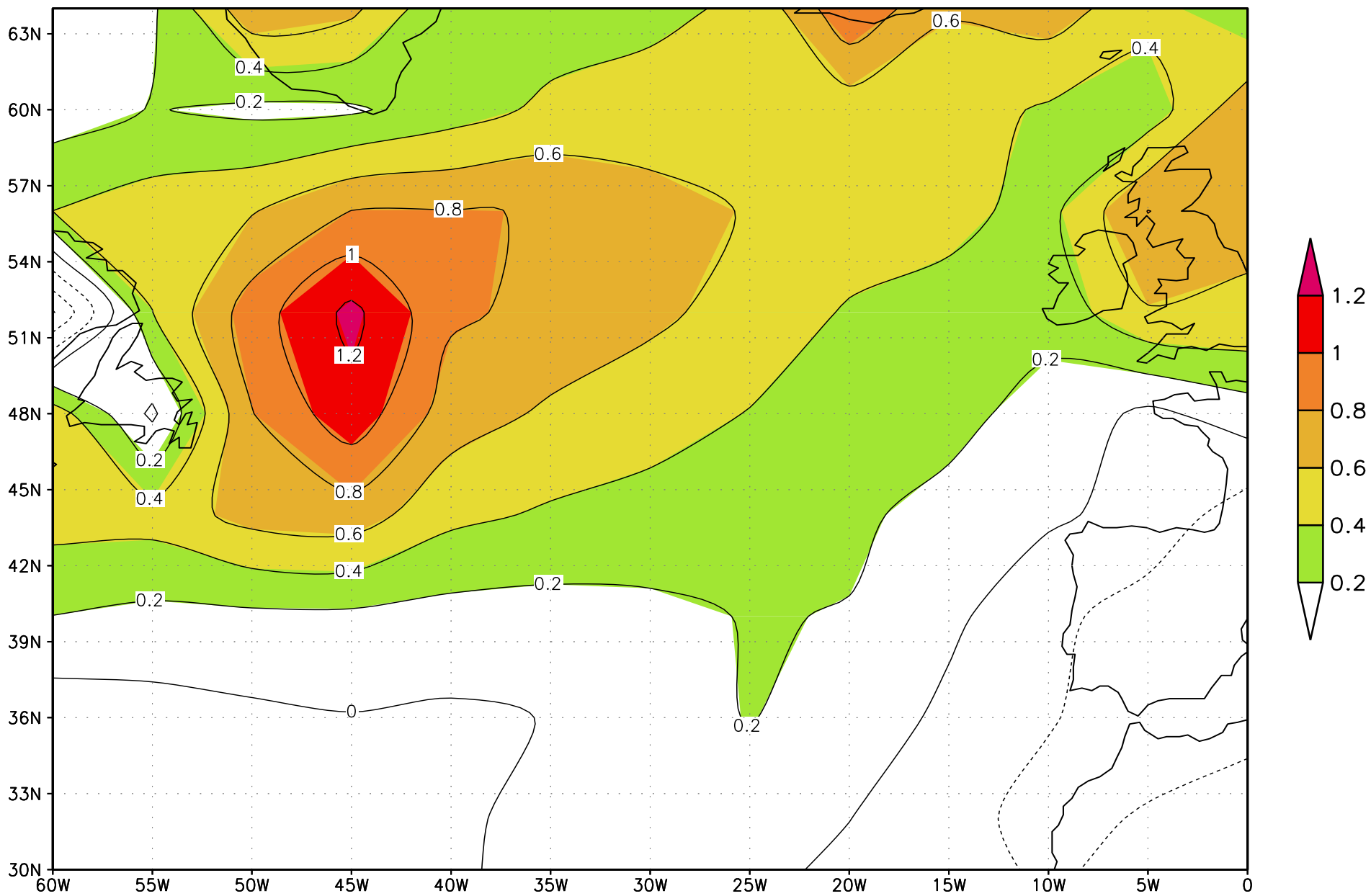
Разность среднегодовой температуры по данным модели INMCM3 в годы высокой и низкой солнечной активности

Индекс АМО

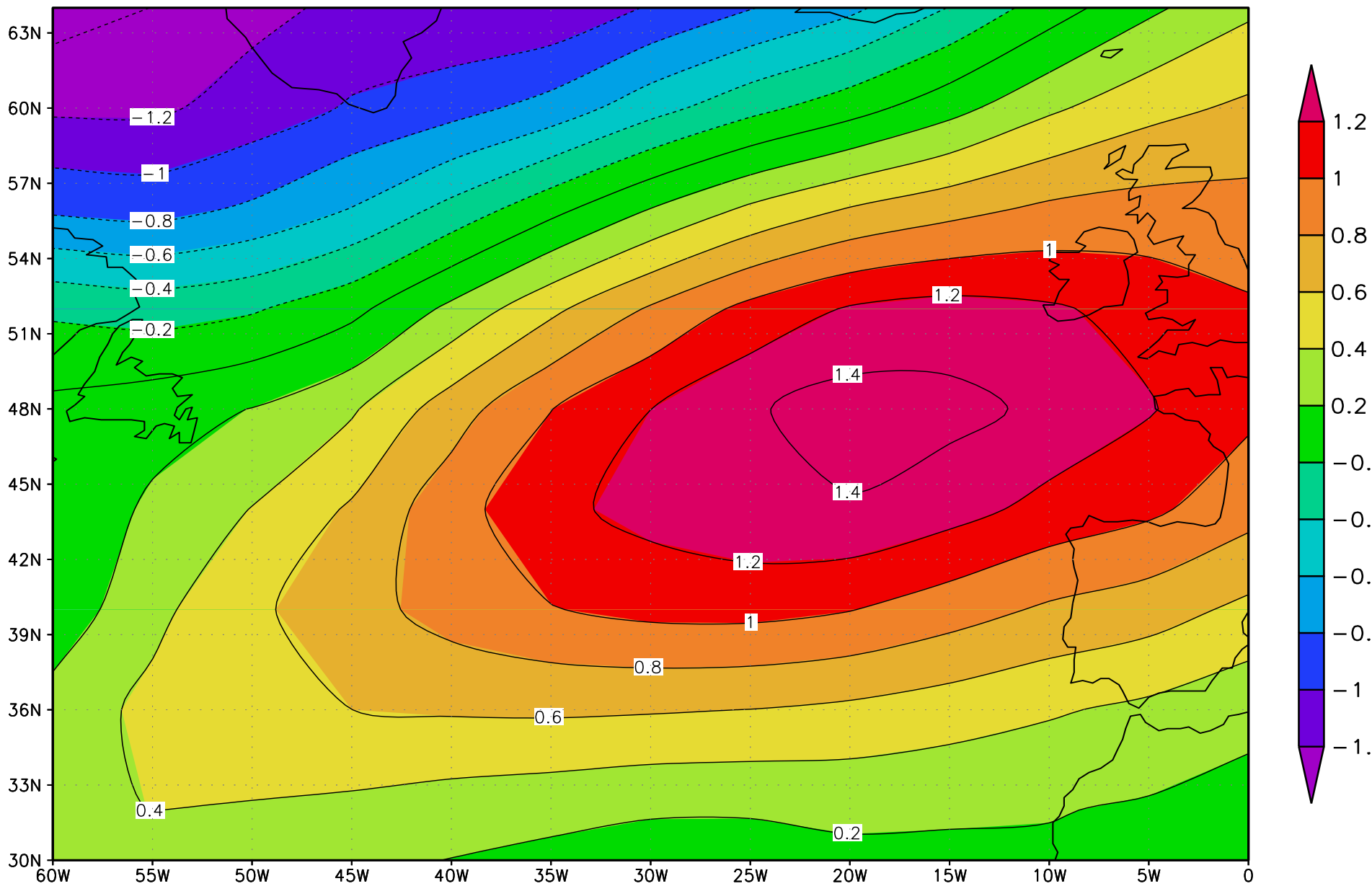
Monthly values for the AMO index, 1856 -2009



10-летние колебания АК. Аномалия ТПО.



Аномалия давления



Аномалия течения у поверхности

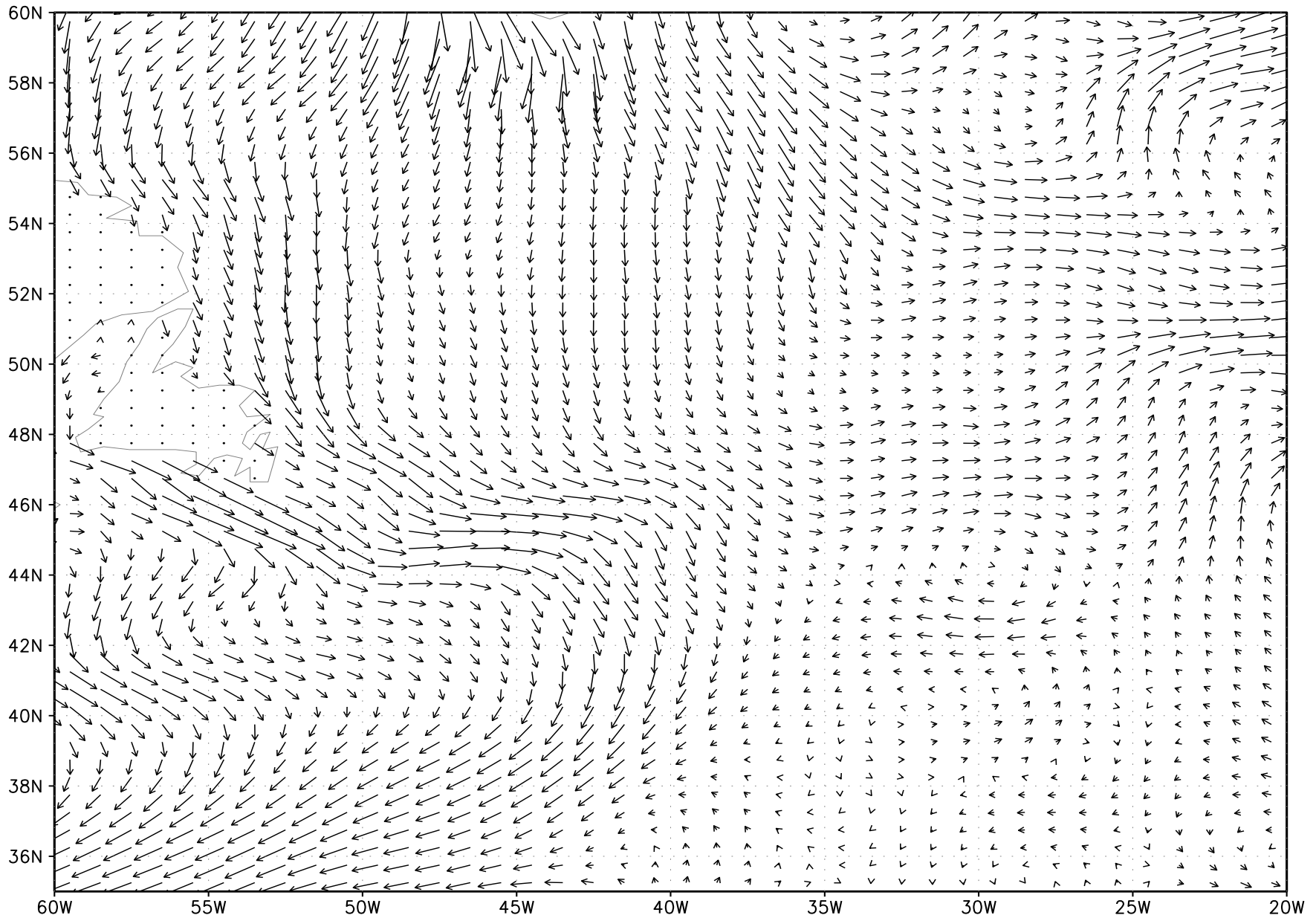
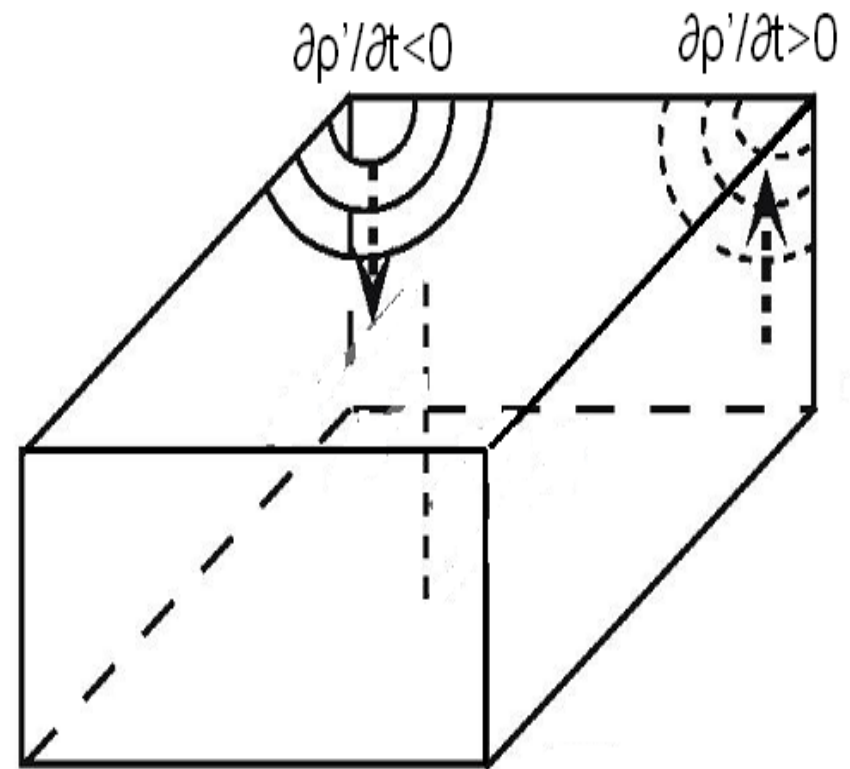
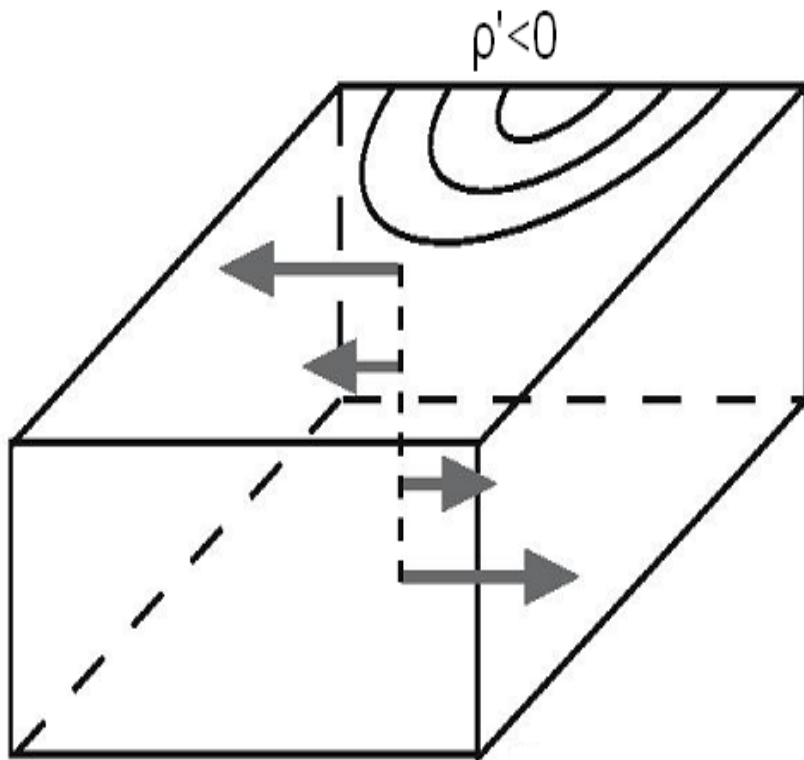


Иллюстрация механизма 30-60 летних колебаний в Арктике и Северной Атлантике (Dijkstra et al. 2006)

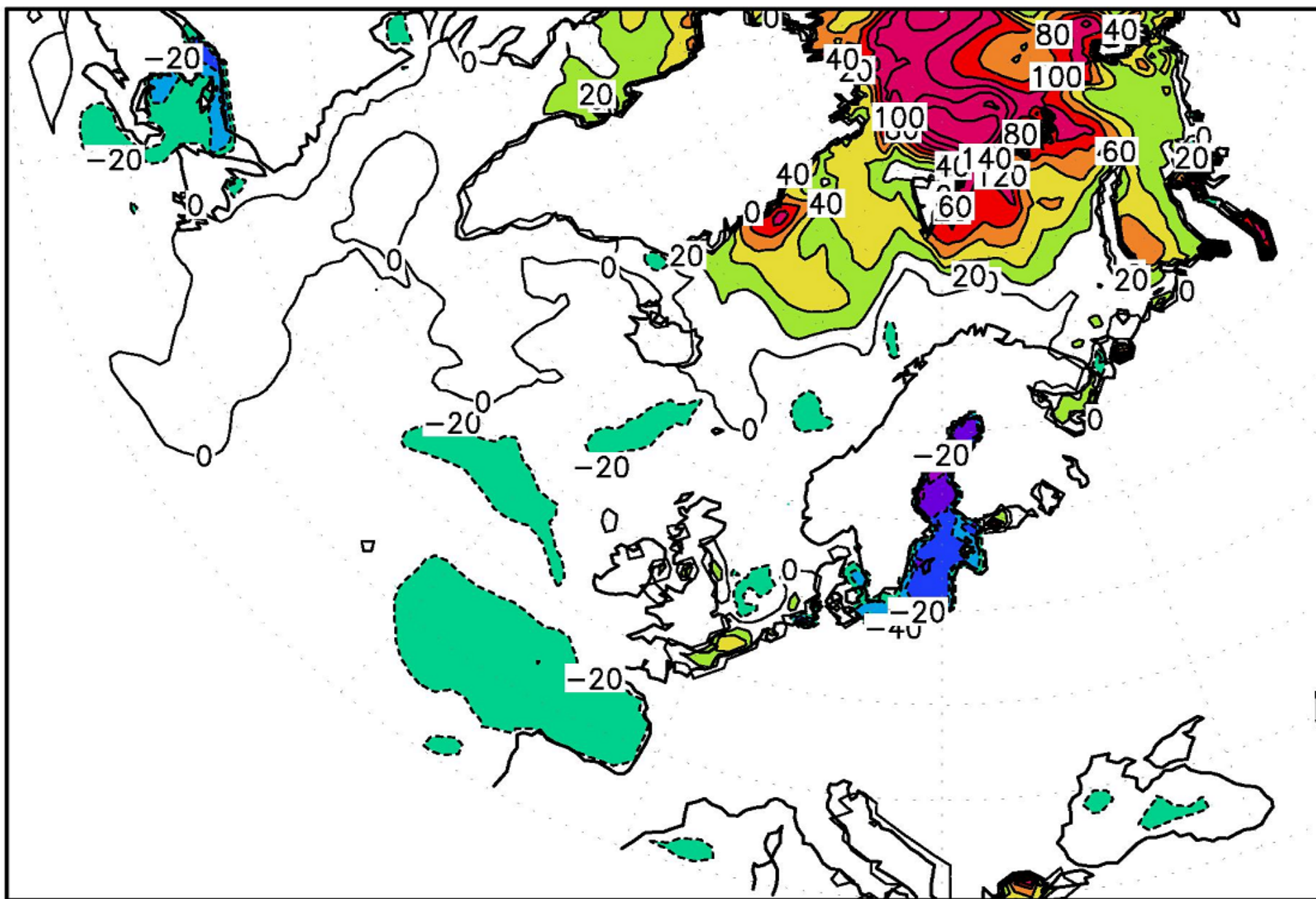
Геострофическое течение $f U_x = -1/\rho_0 \partial P / \partial y$

Уравнение гидростатики $\partial P / \partial z = -(\rho_0 + \rho')g$

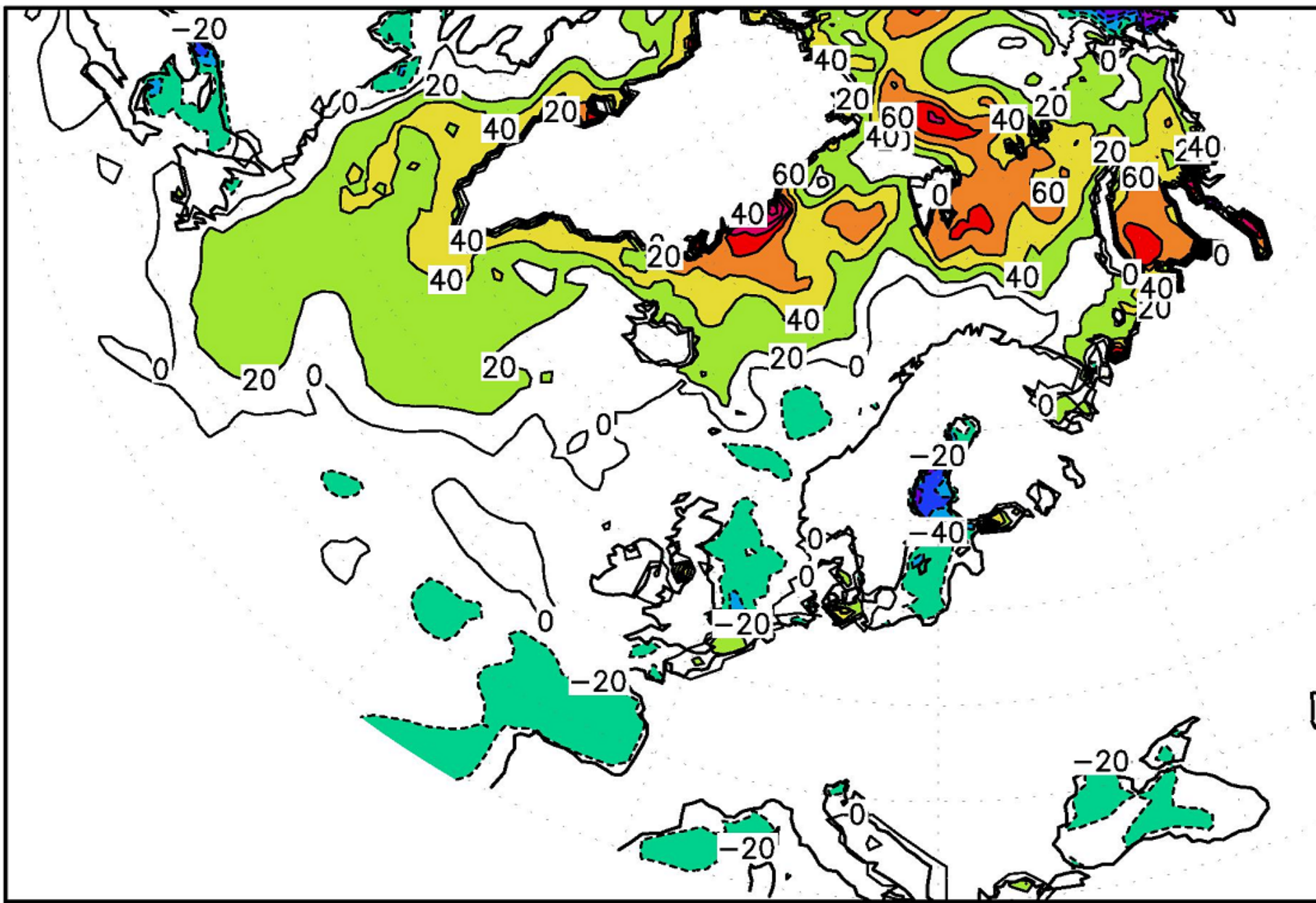
Уравнение термического течения $\partial U_x / \partial z = g/(\rho_0 f) \partial \rho' / \partial y$



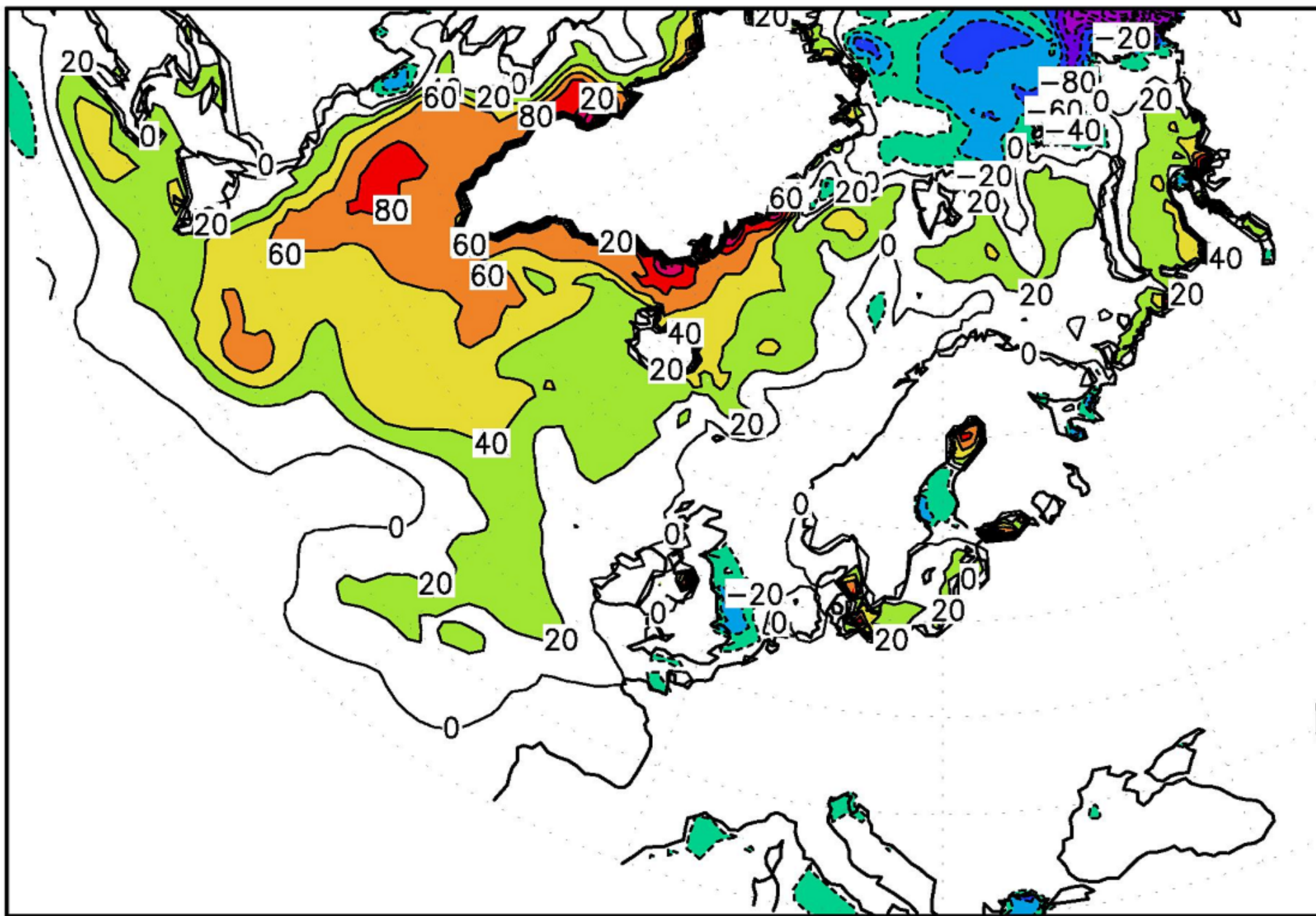
Аномалия плотности. Год 0.

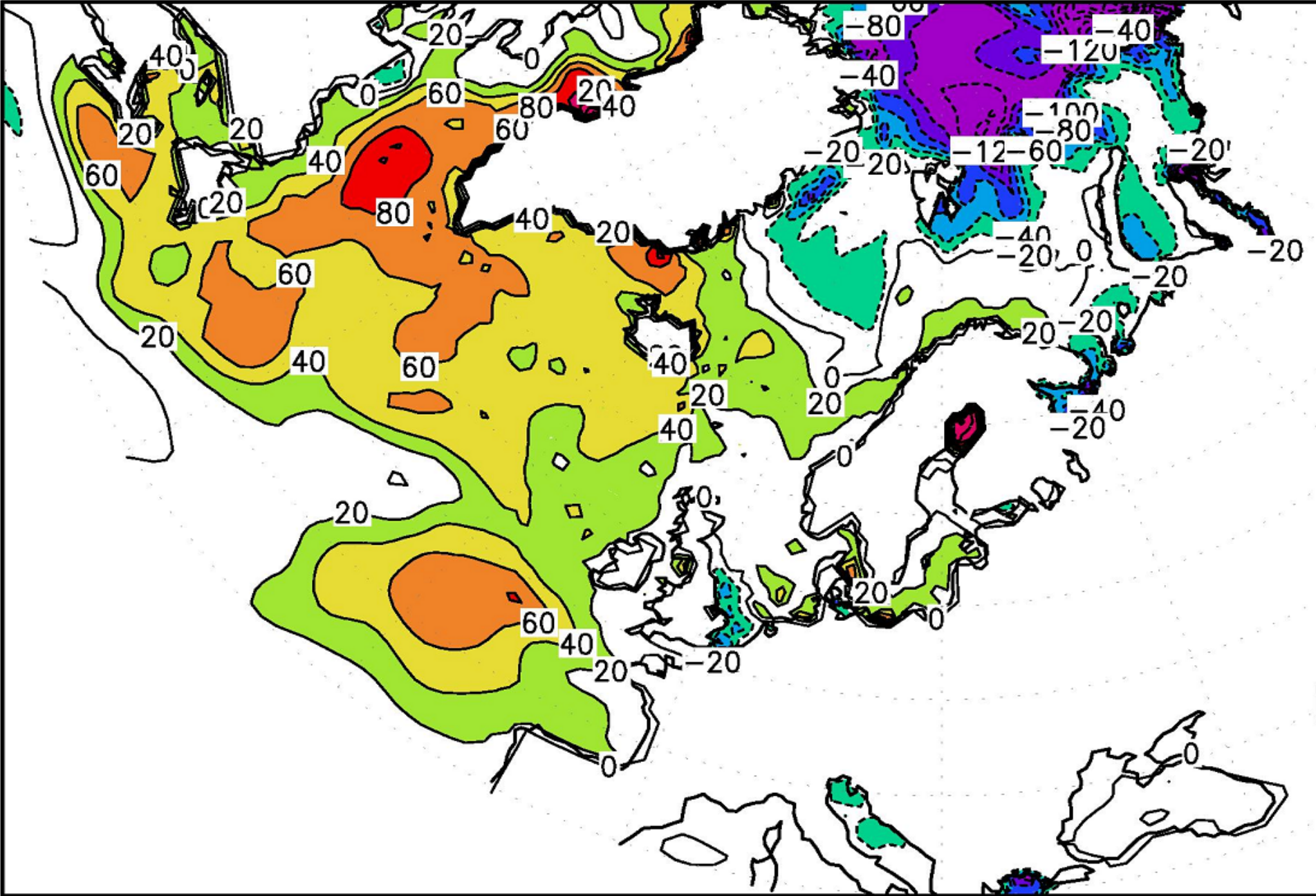


Аномалия плотности. Год 5.

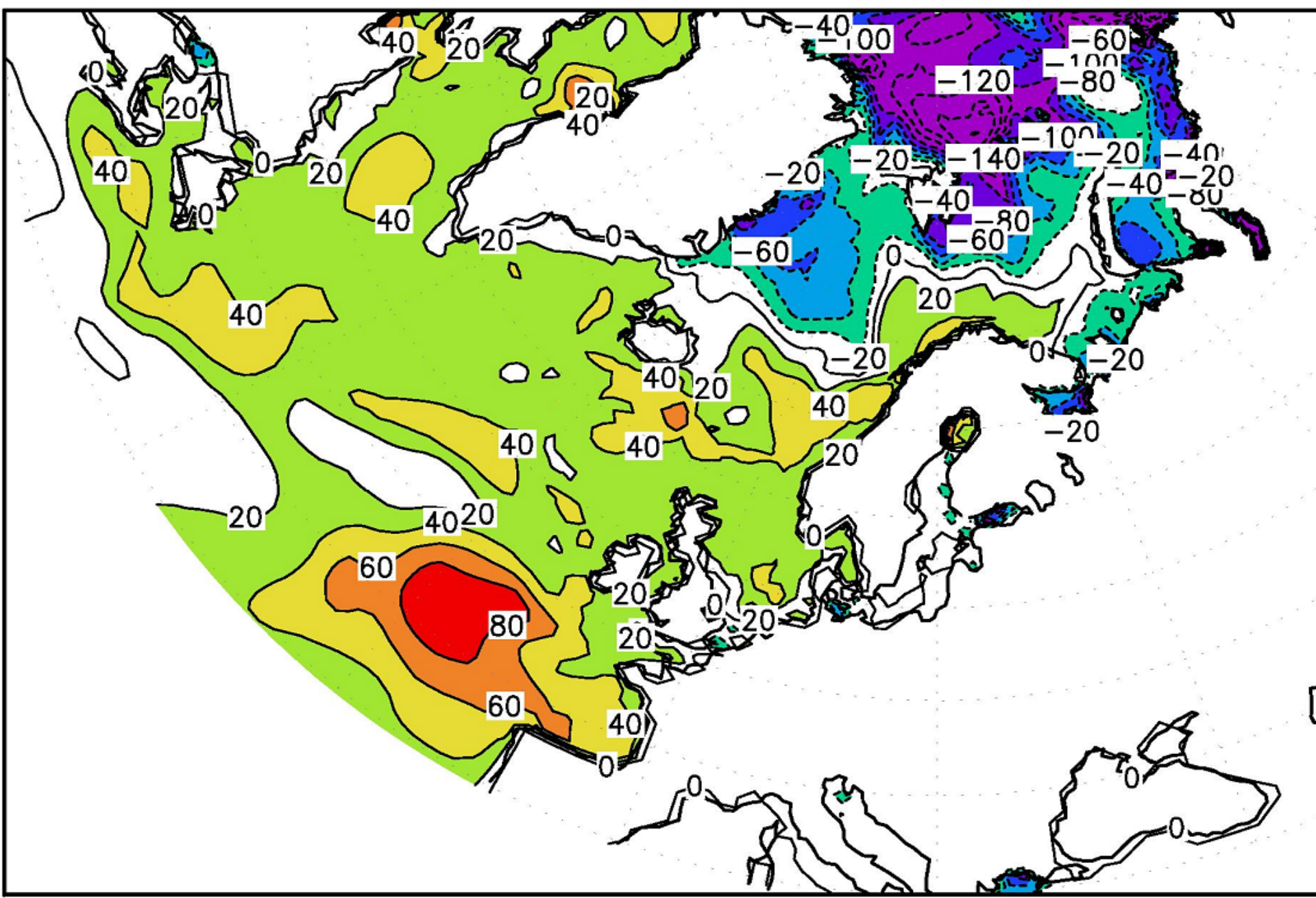


Аномалия плотности. Год 10.

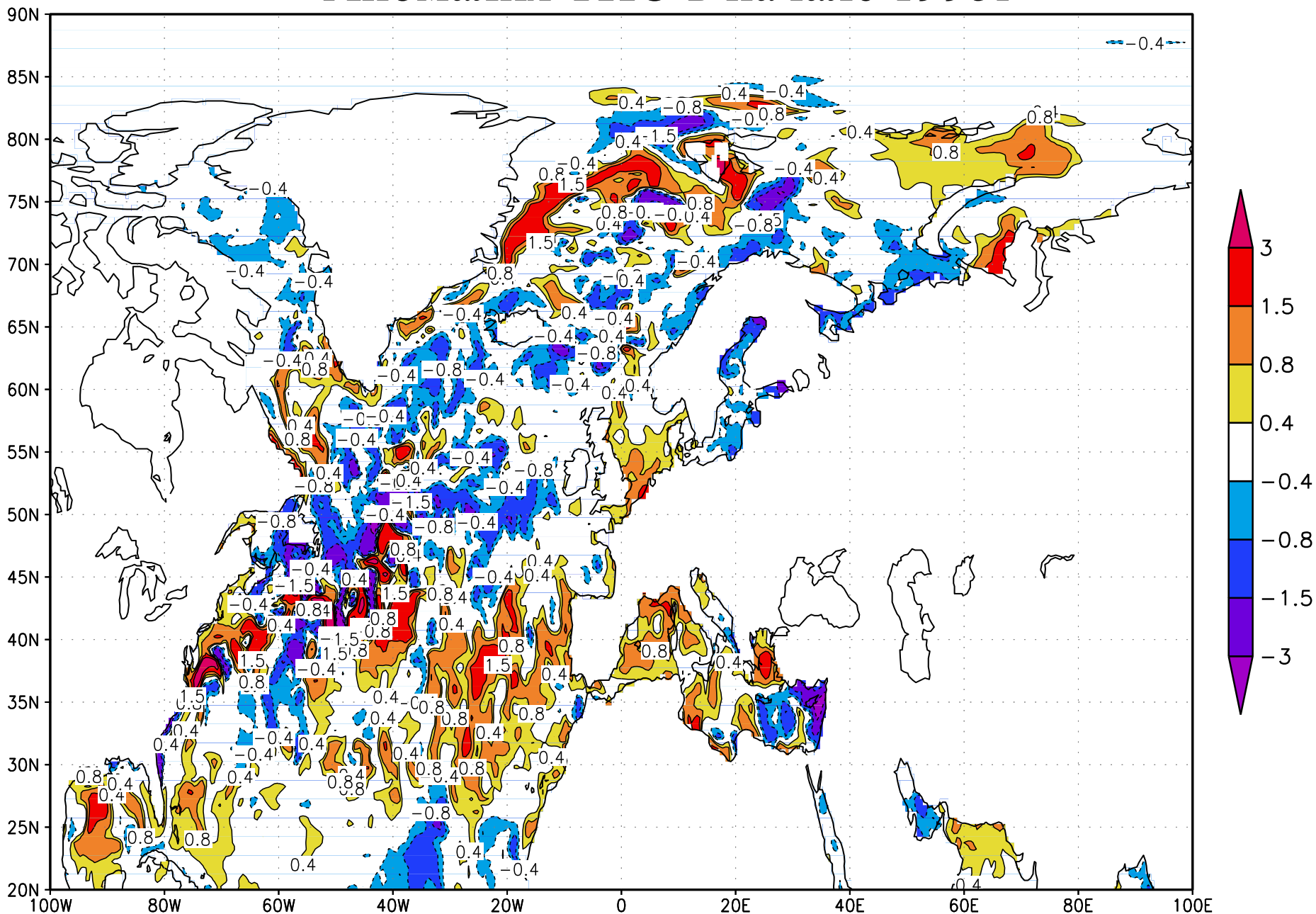




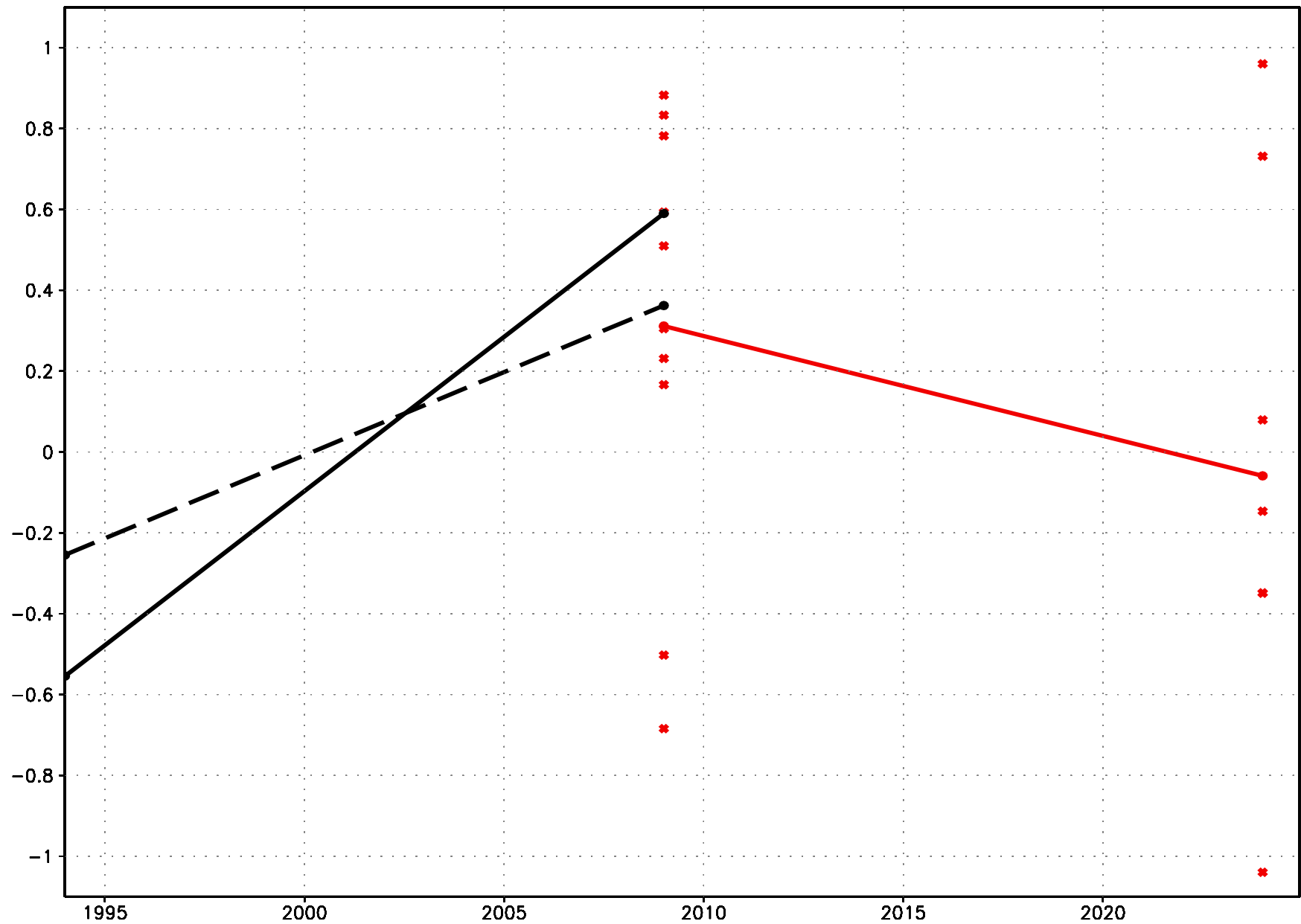
Аномалия плотности. Год 20.



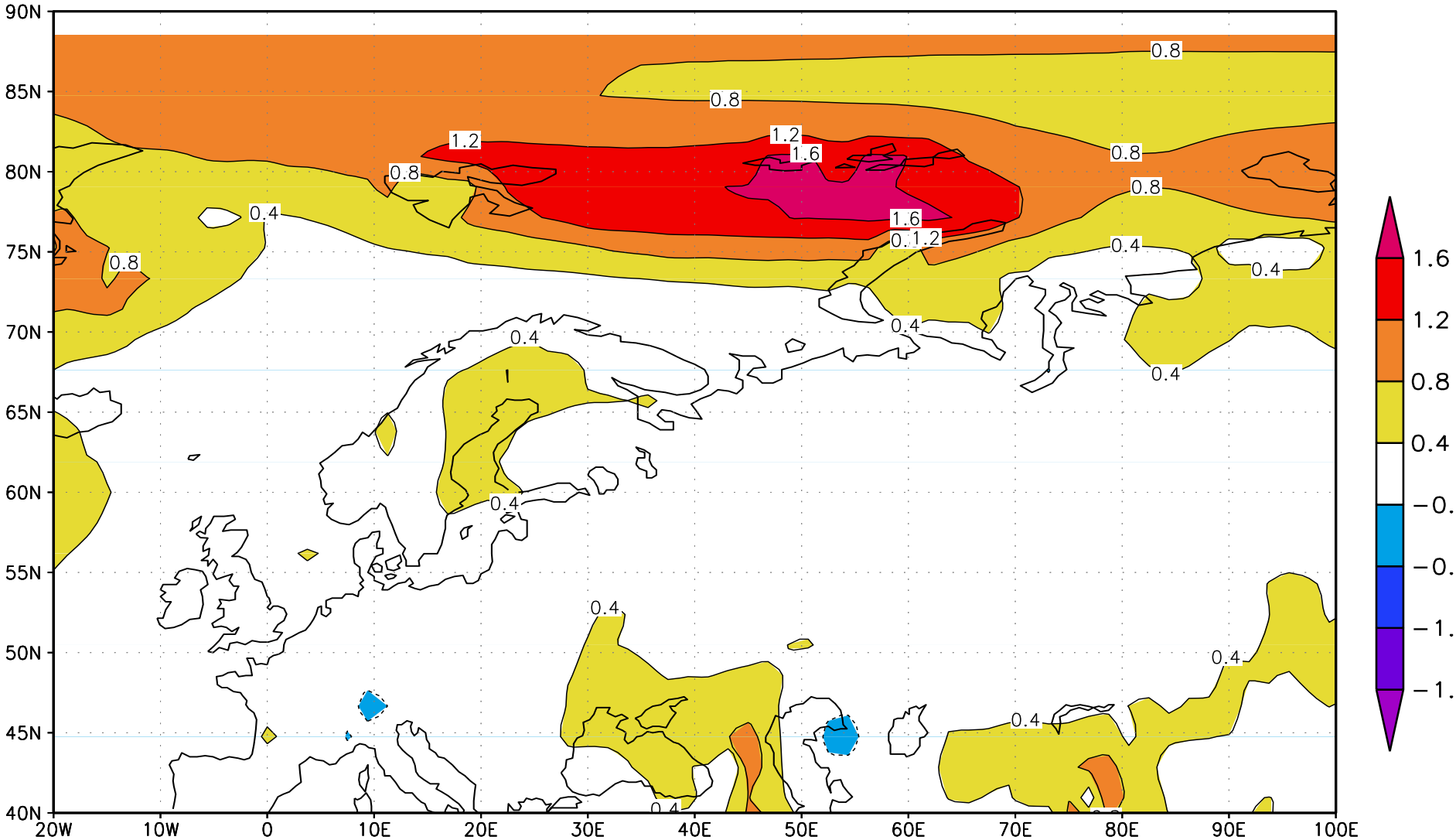
Аномалия ТПО в начале 1995г



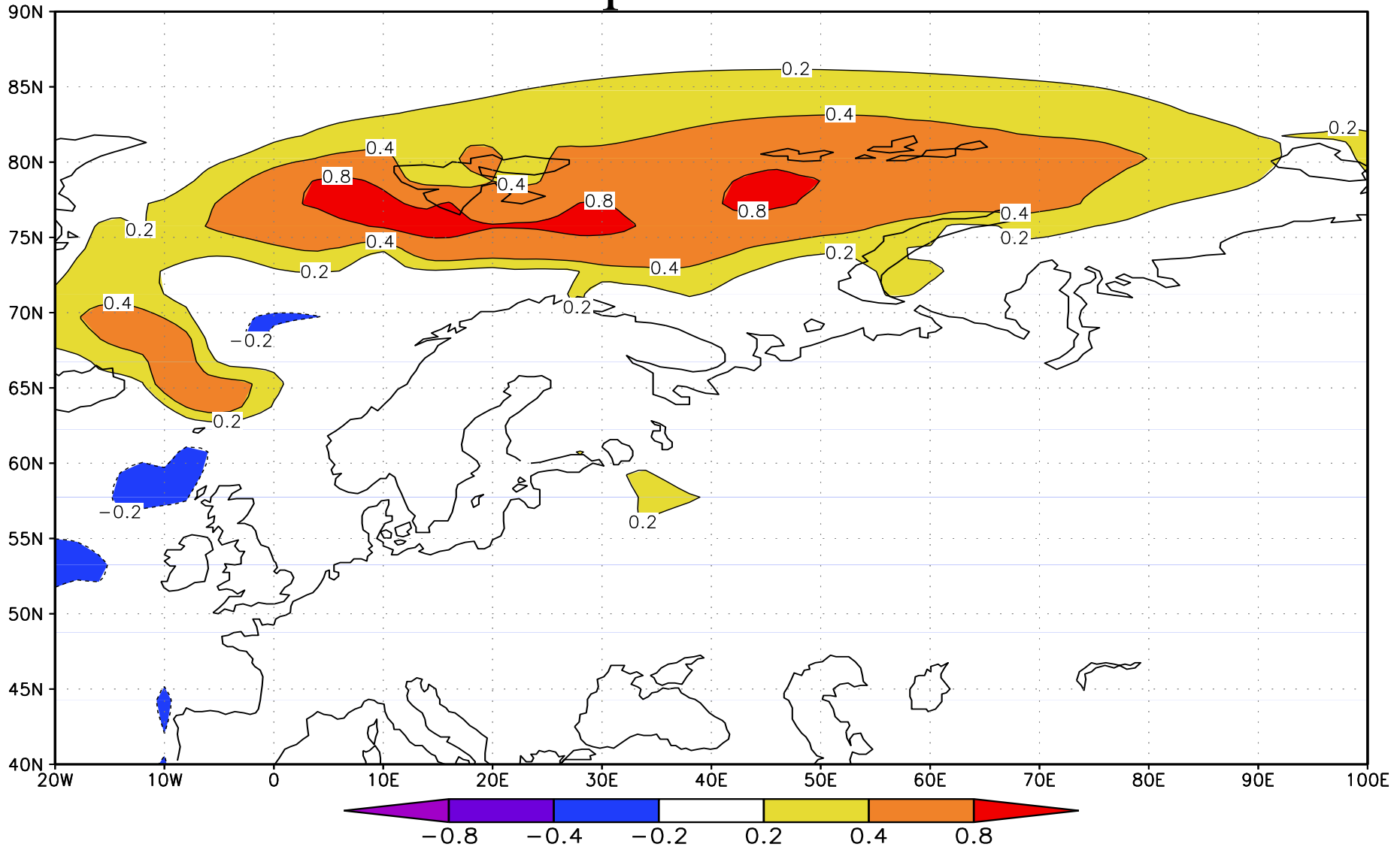
Температура в области 70-88N, 20W-80E



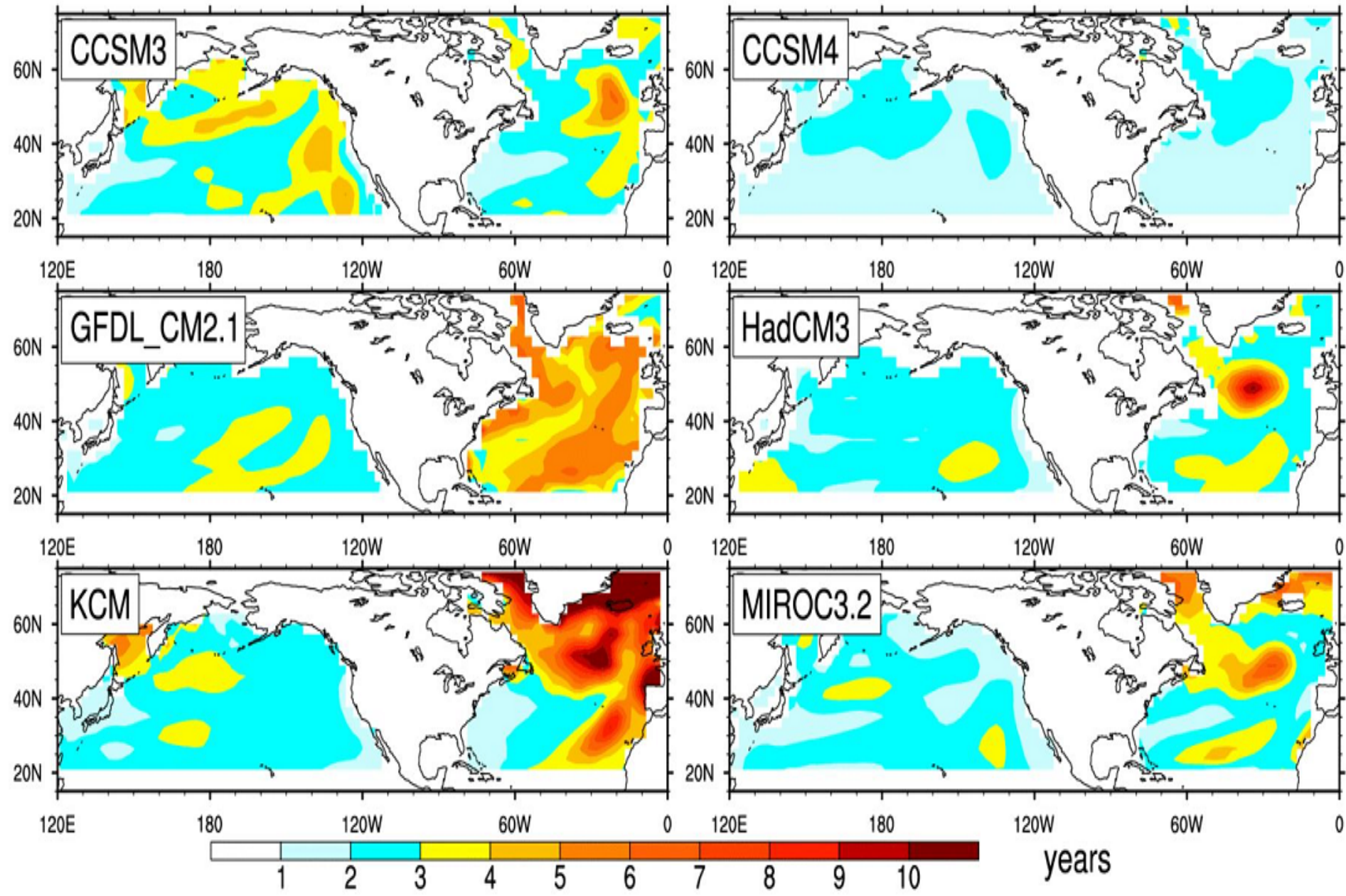
Аномалия температуры в 1996-2010г (NCEP)



прогнозам



Время, в течение которого климатические модели помнят начальное состояние
(Branstator et al., J. Climate 2012)



Вклад начальных данных и внешних воздействий в предсказуемость климата

