

# Климатические реконструкции для последнего тысячелетия



*«Мечта климатолога»*

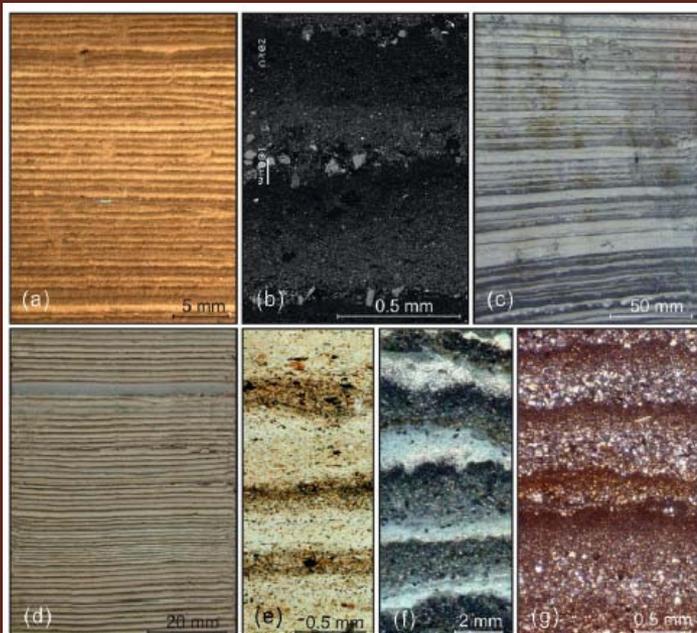
Ольга Соломина  
Институт географии РАН,  
Москва  
*[olgasolomina@yandex.ru](mailto:olgasolomina@yandex.ru)*

# О ЧЕМ?

---

- Методы реконструкций
- История развития представлений о климате последнего тысячелетия
- Современное состояние дел
- Реконструкции температуры, форсинги, модели
- Основные проблемы и противоречия

# «Полосатые» источники палеоклиматической информации



# Методы реконструкции климата высокого разрешения

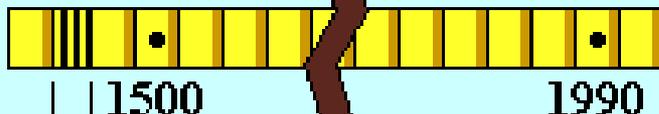
---

- Годичные кольца деревьев
- Ледниковые керны
- Сталагмиты
- Озерные отложения
- Кораллы
- Исторические документы

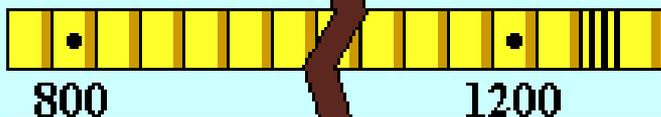
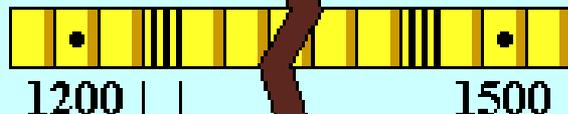
# Перекрестное датирование.

## Построение длинных хронологий.

Живое дерево



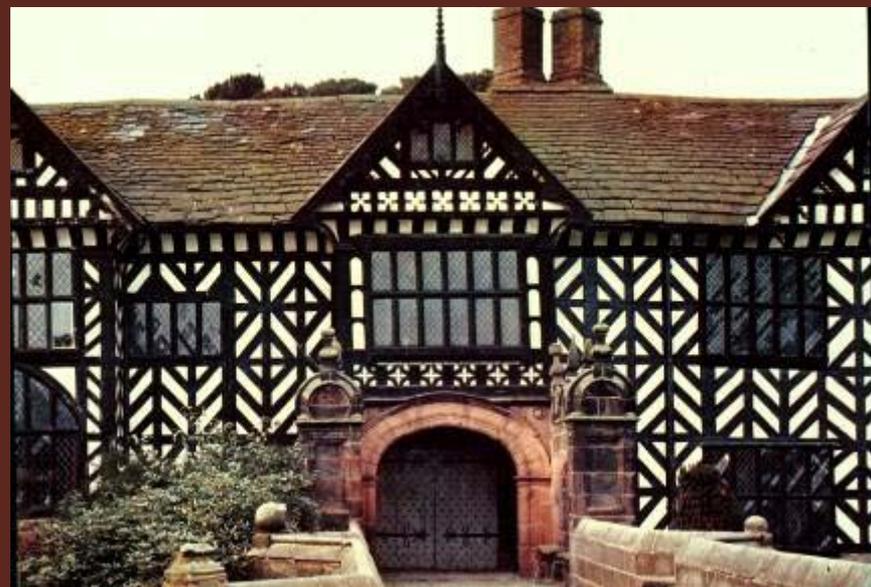
Погребенная  
древесина



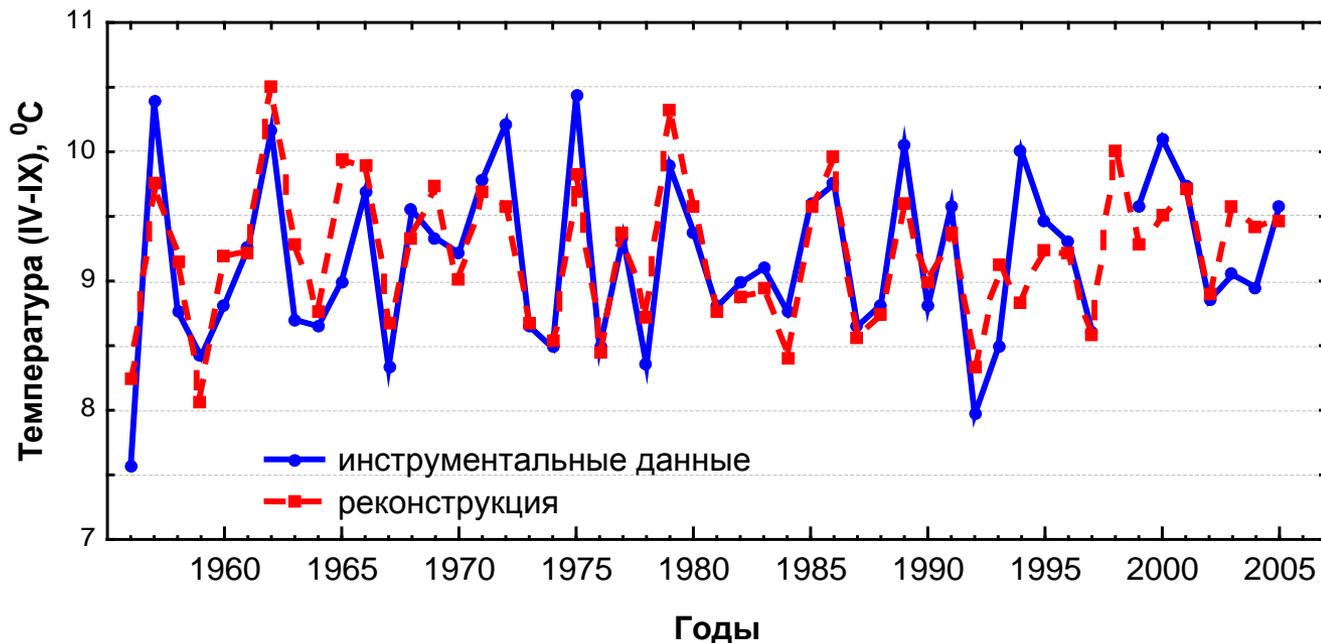
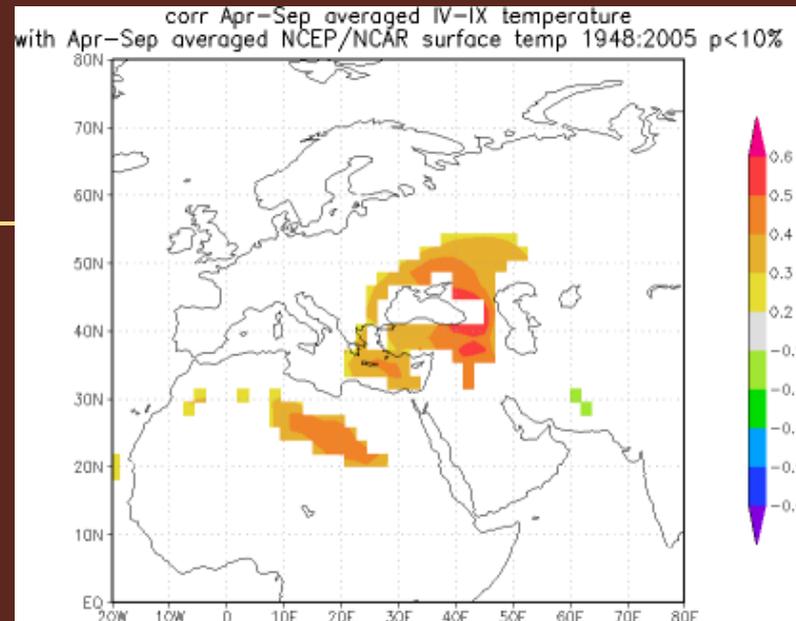
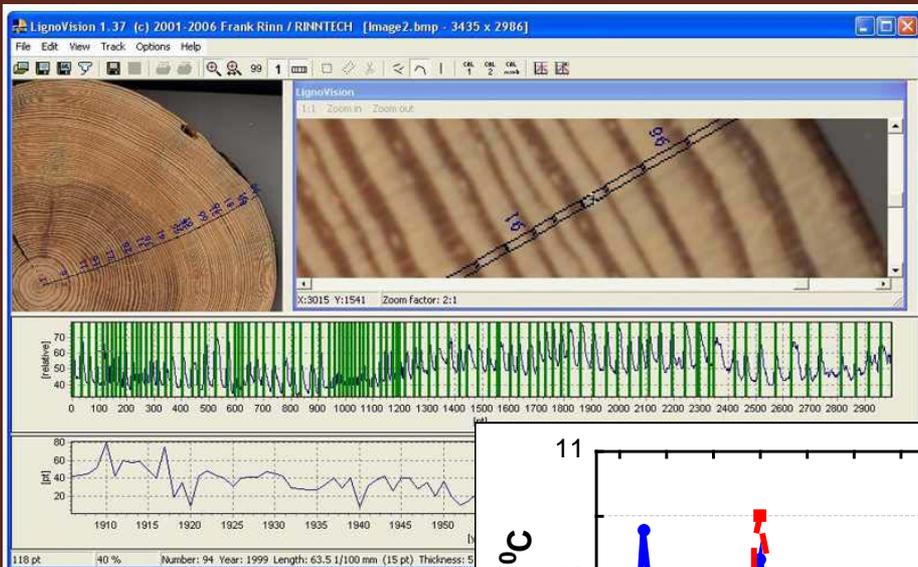
«Историческая»  
древесина



Перекрестное датирование – основа для создания длинных рядов



# Температура (апрель-сентябрь), реконструированная по максимальной плотности древесины сосны



Долгова, 2010

# Современные технологии отбора и анализа образцов

---

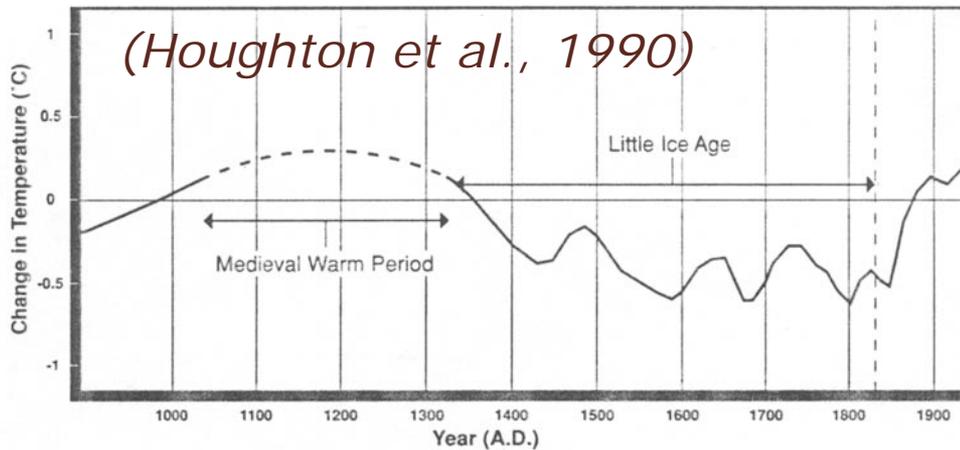


# Реконструкции климата последнего тысячелетия нового поколения

---

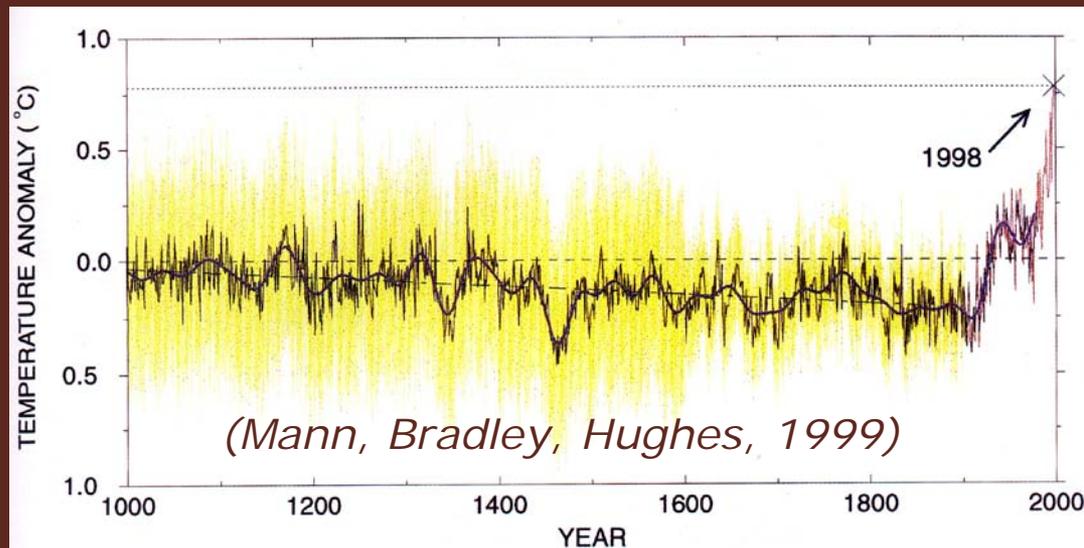
- количественные
- непрерывные
- длиннорядные
- сетевые
- с высоким временным разрешением

# Температура 1000-2000 гг.

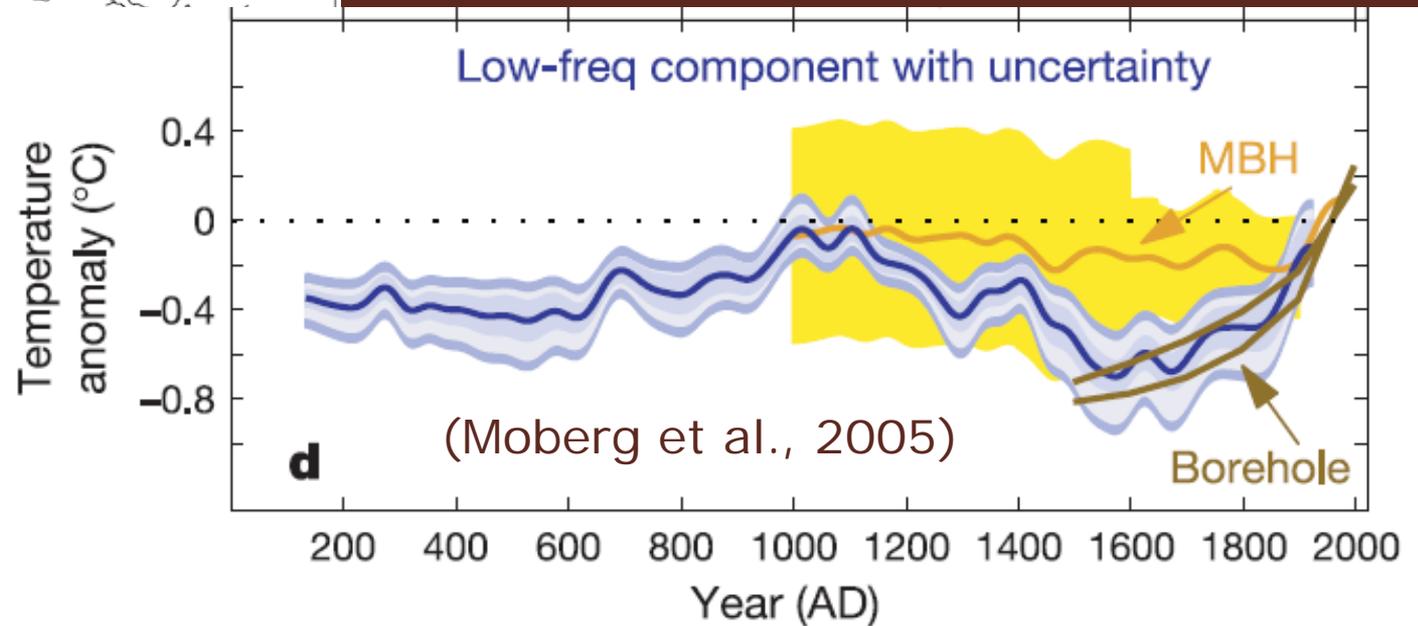
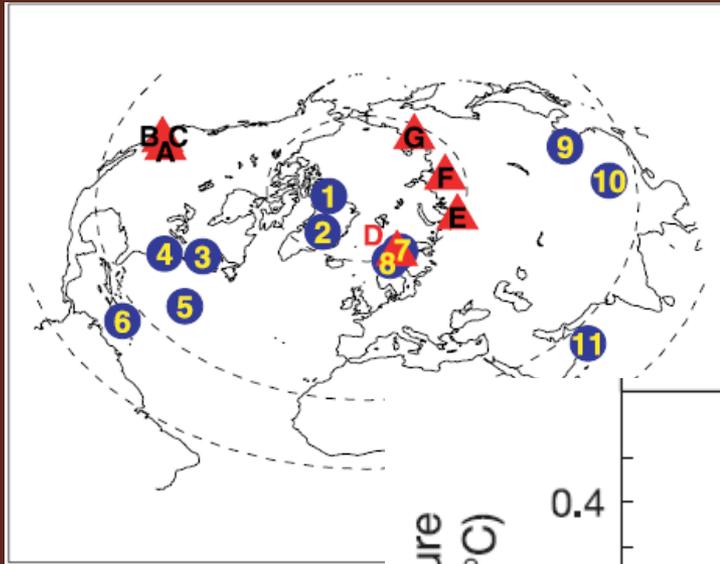


Первая концептуальная модель изменений температуры последнего тысячелетия. Европоцентризм. Средневековый оптимум и малый ледниковый период.

Обретение высокочастотной изменчивости. Потеря долгопериодной изменчивости? Отмена малого ледникового периода?



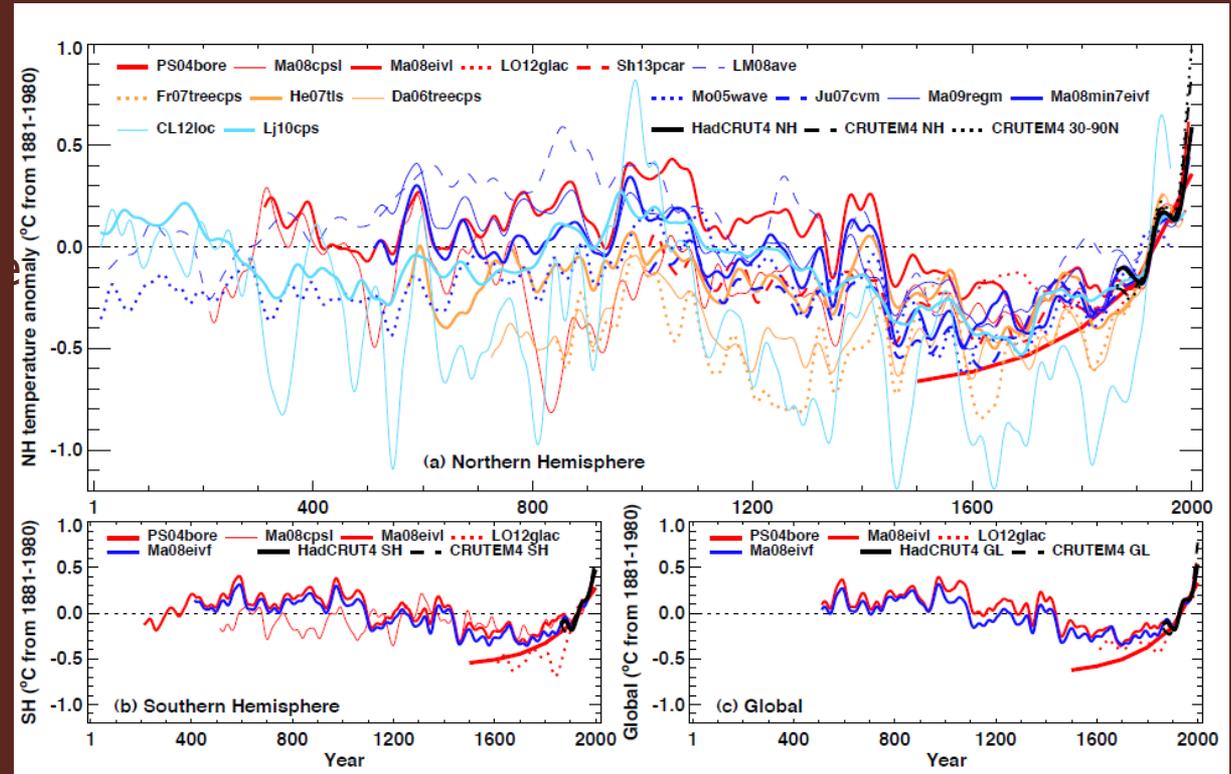
# «Низкоразрешающие» против «высокоразрешающих» реконструкций. Назад к исходной модели?



# Реконструкции температуры последних двух тысячелетий по данным IPCC 2013

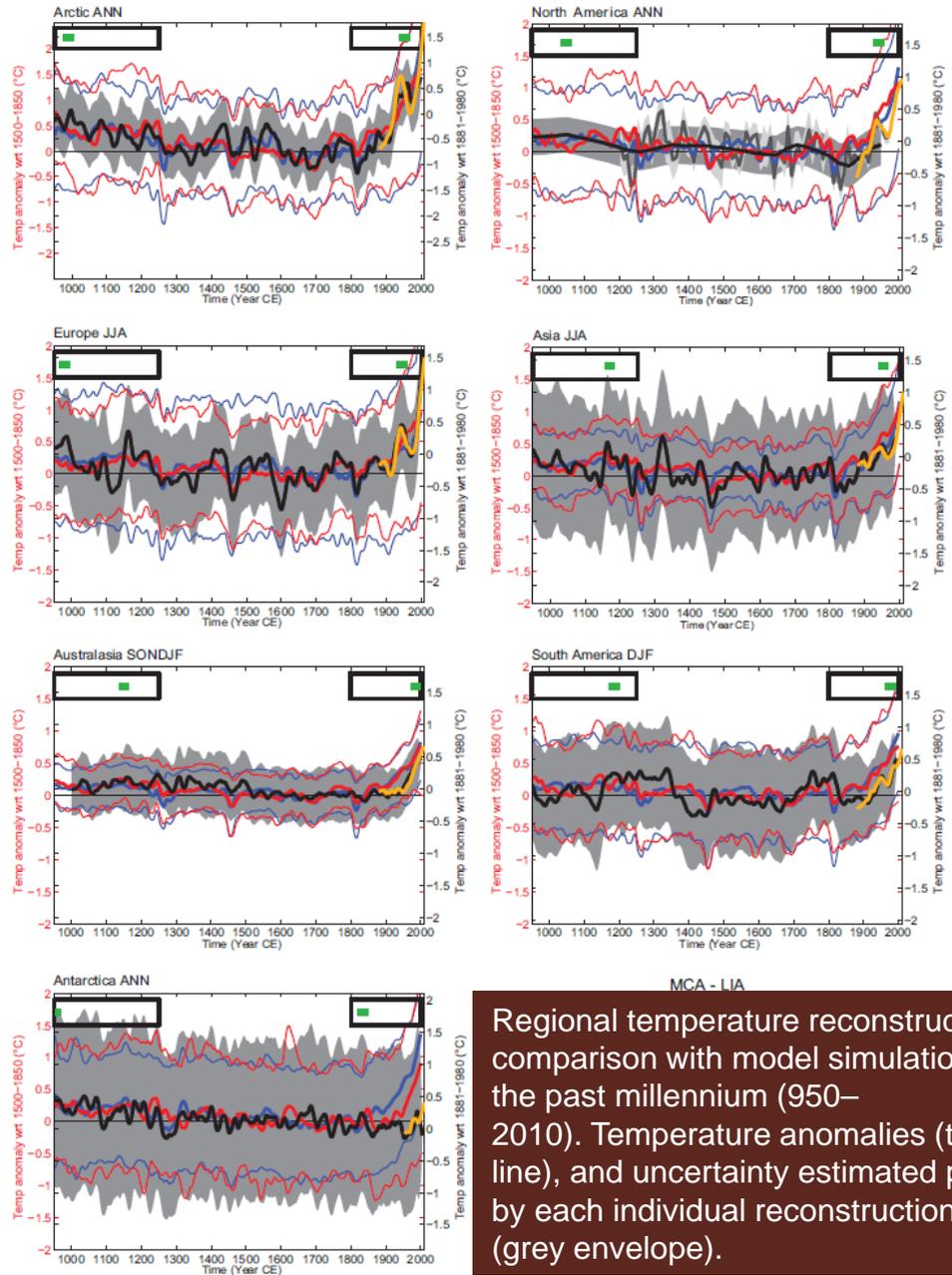
Северное полушарие

Южное полушарие



- Reconstructed (a) Northern Hemisphere and (b) Southern Hemisphere, and (c) global annual temperatures during the last 2000 years. RED: land-only all latitudes; ORANGE: land-only extra-tropical latitudes; LIGHT BLUE: land and sea extra-tropical latitudes; DARK BLUE: land and sea all latitudes) and instrumental temperatures shown in black (HadCRUT4 land and sea, and CRUTEM4 land-only; Morice et al., 2012). All series represent anomalies (°C) from the 1881–1980 mean (horizontal dashed line) and have been smoothed with a filter that reduces variations on timescales less than ~50 years.

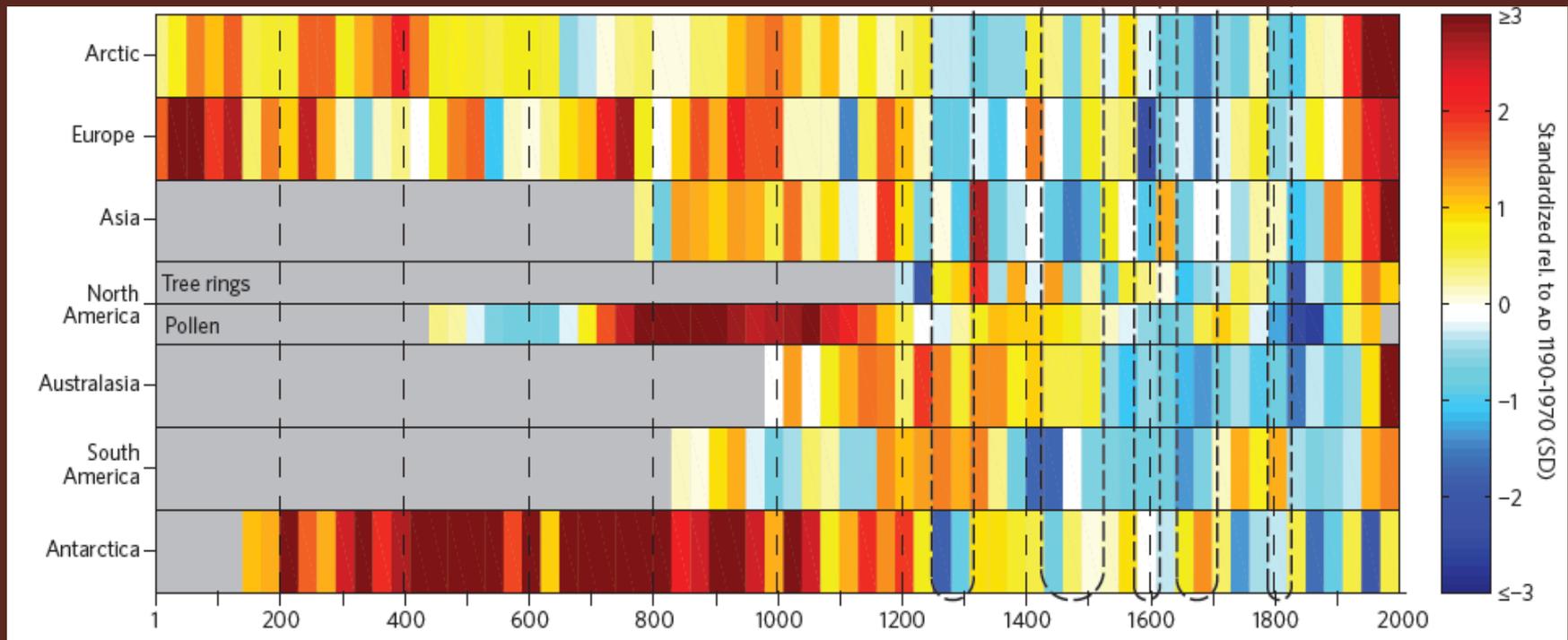
# Региональные реконструкции температуры



MCA - LIA

Regional temperature reconstructions, comparison with model simulations over the past millennium (950–2010). Temperature anomalies (thick black line), and uncertainty estimated provided by each individual reconstruction (grey envelope).

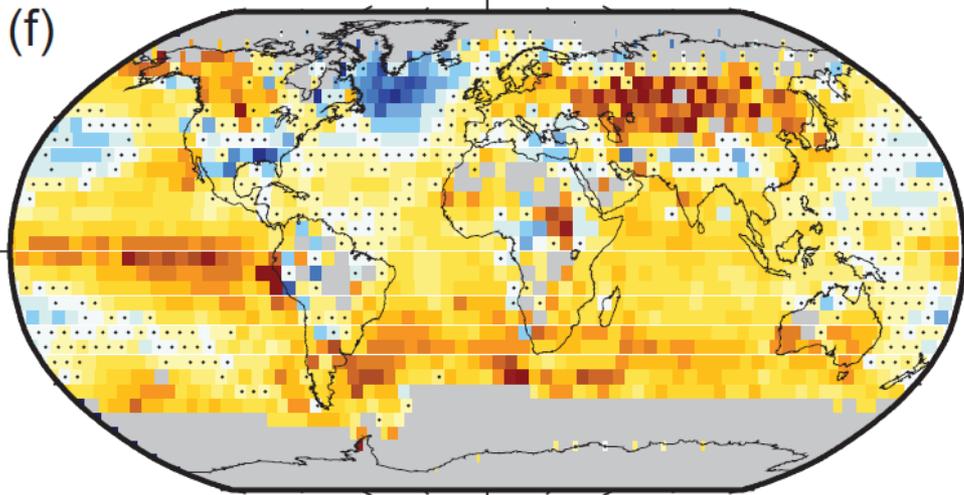
# Другой способ посмотреть на изменения температур



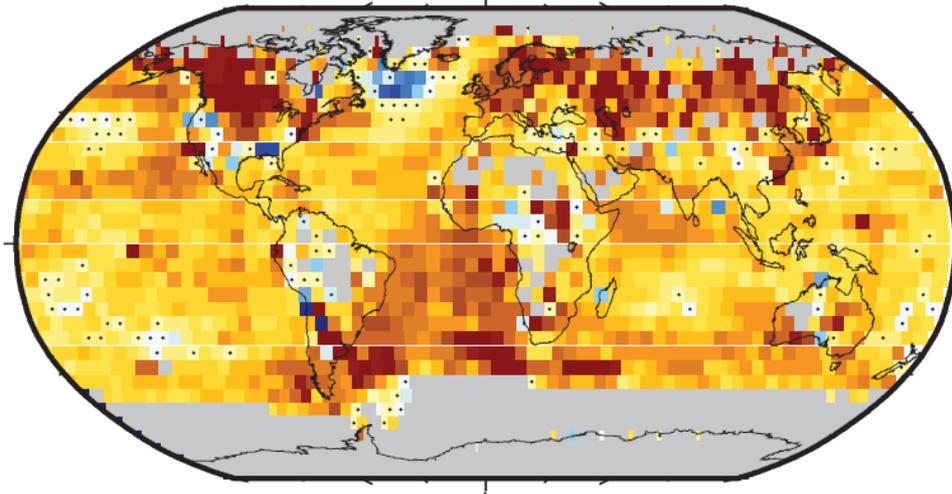
PAGES Consortium paper, 2013

# Пространственные реконструкции

Современные - Средневековый оптимум (950-1250 гг.)

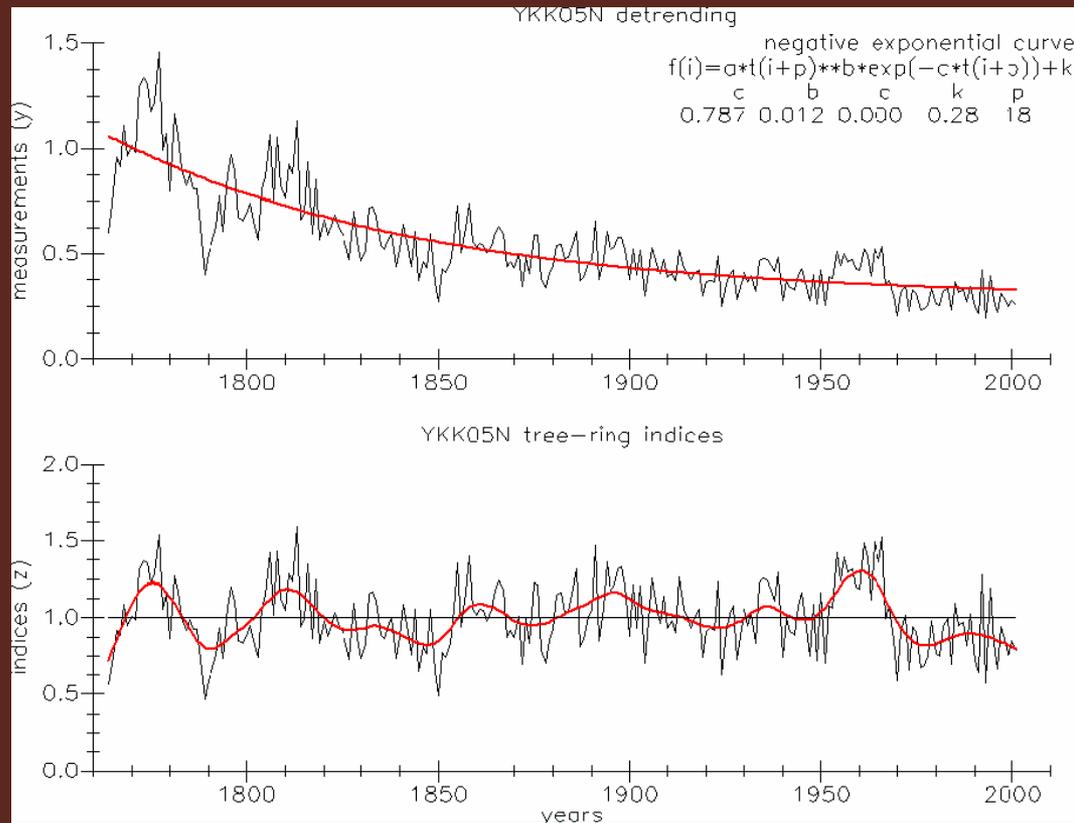


Современные - МЛП (1450-1850 гг.)



# Основные проблемы методов палеоклиматических реконструкций высокого разрешения - 1

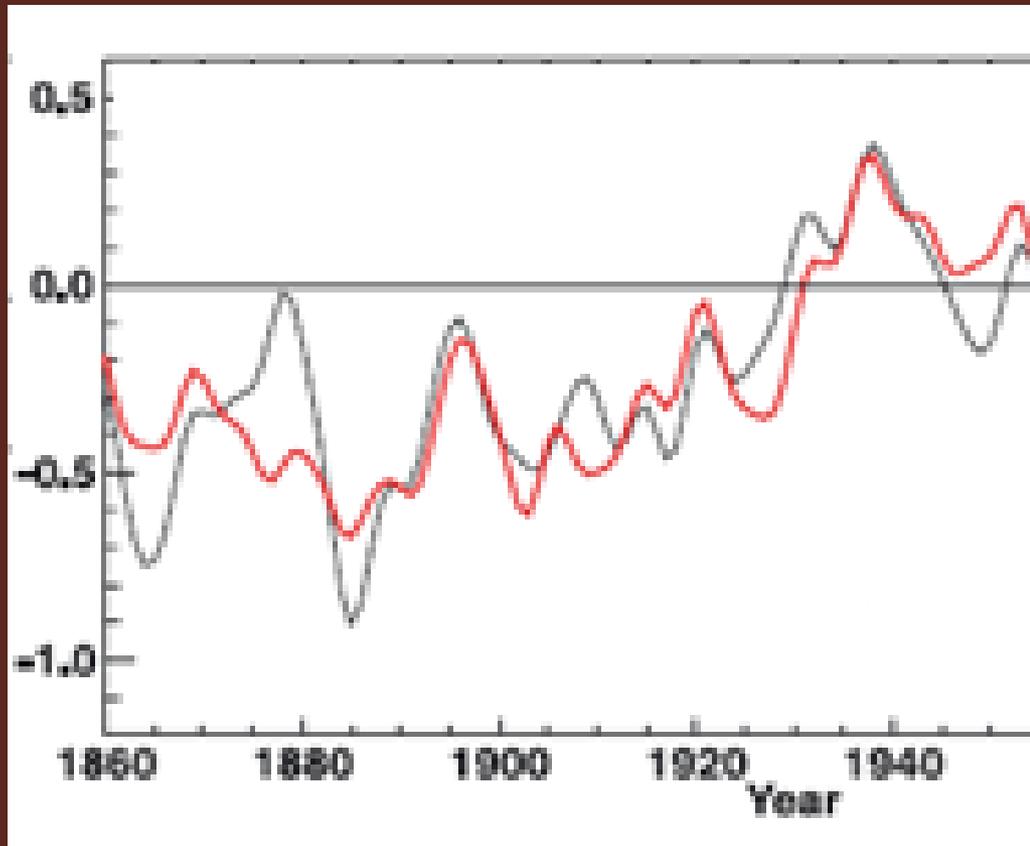
- Потеря долгопериодного сигнала (см. доклад В.В.Мацковского)



# Основные проблемы методов палеоклиматических реконструкций высокого разрешения - 2

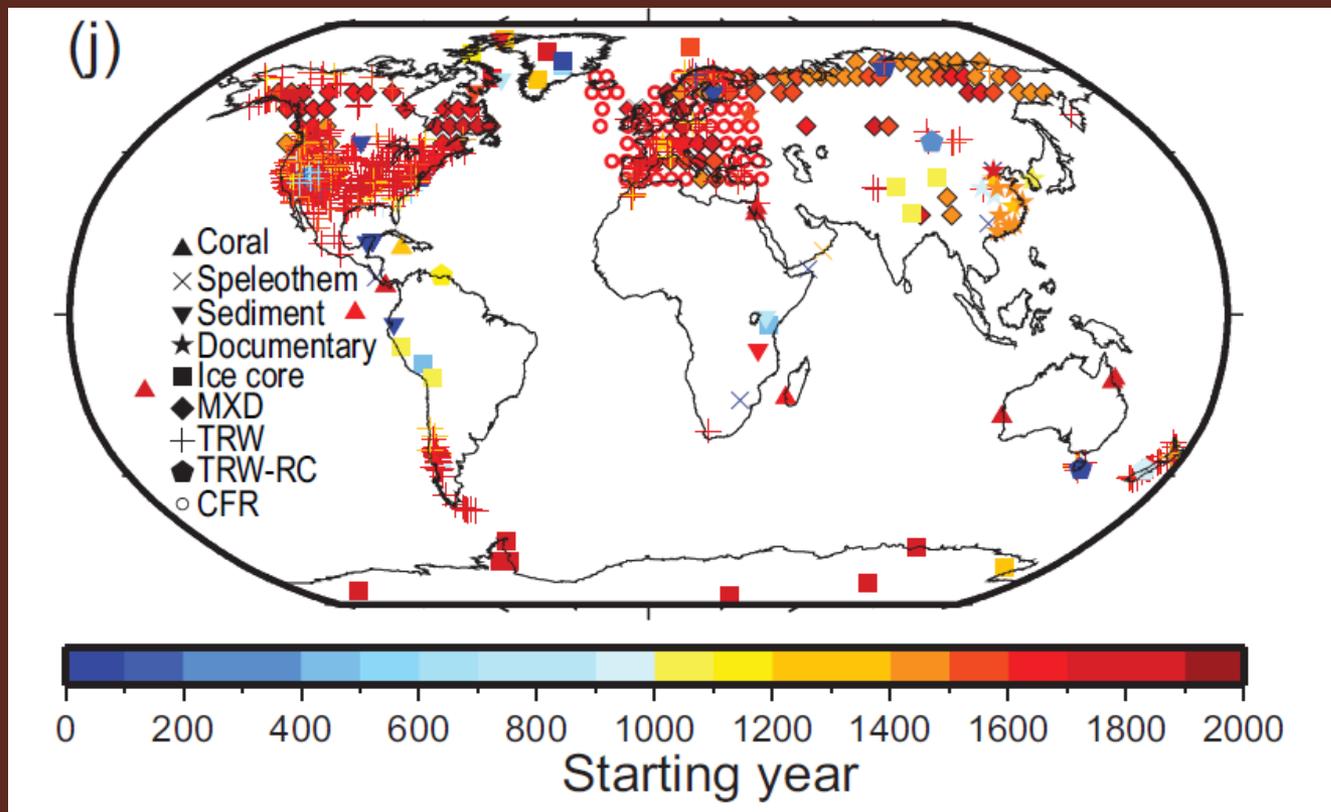
---

## □ Нестационарность сигнала



# Основные проблемы методов палеоклиматических реконструкций высокого разрешения - 3

- Отсутствие данных для больших территорий, некоторых важных параметров (облачность, давление и пр.), короткие ряды

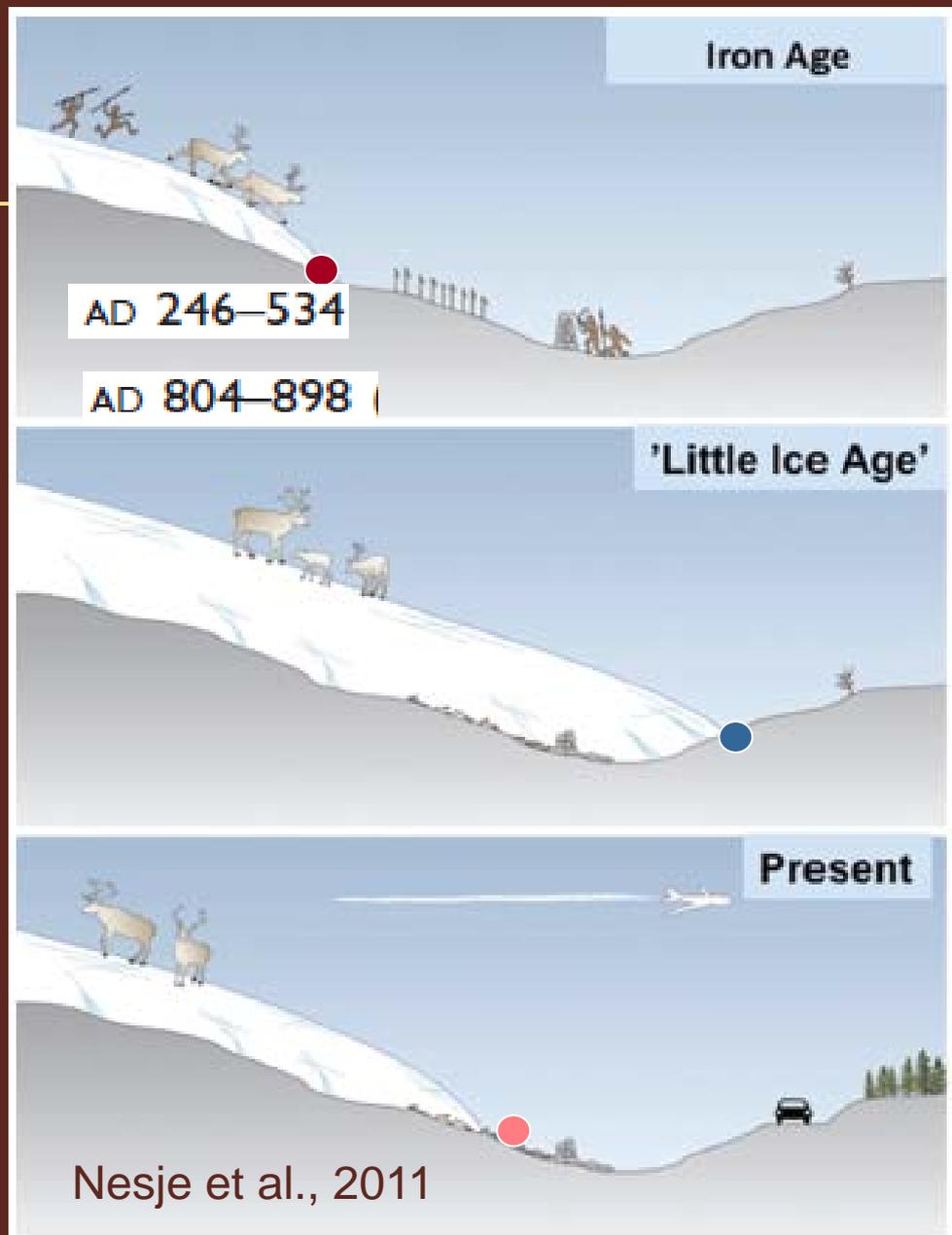


# Основные проблемы методов палеоклиматических реконструкций высокого разрешения – 4

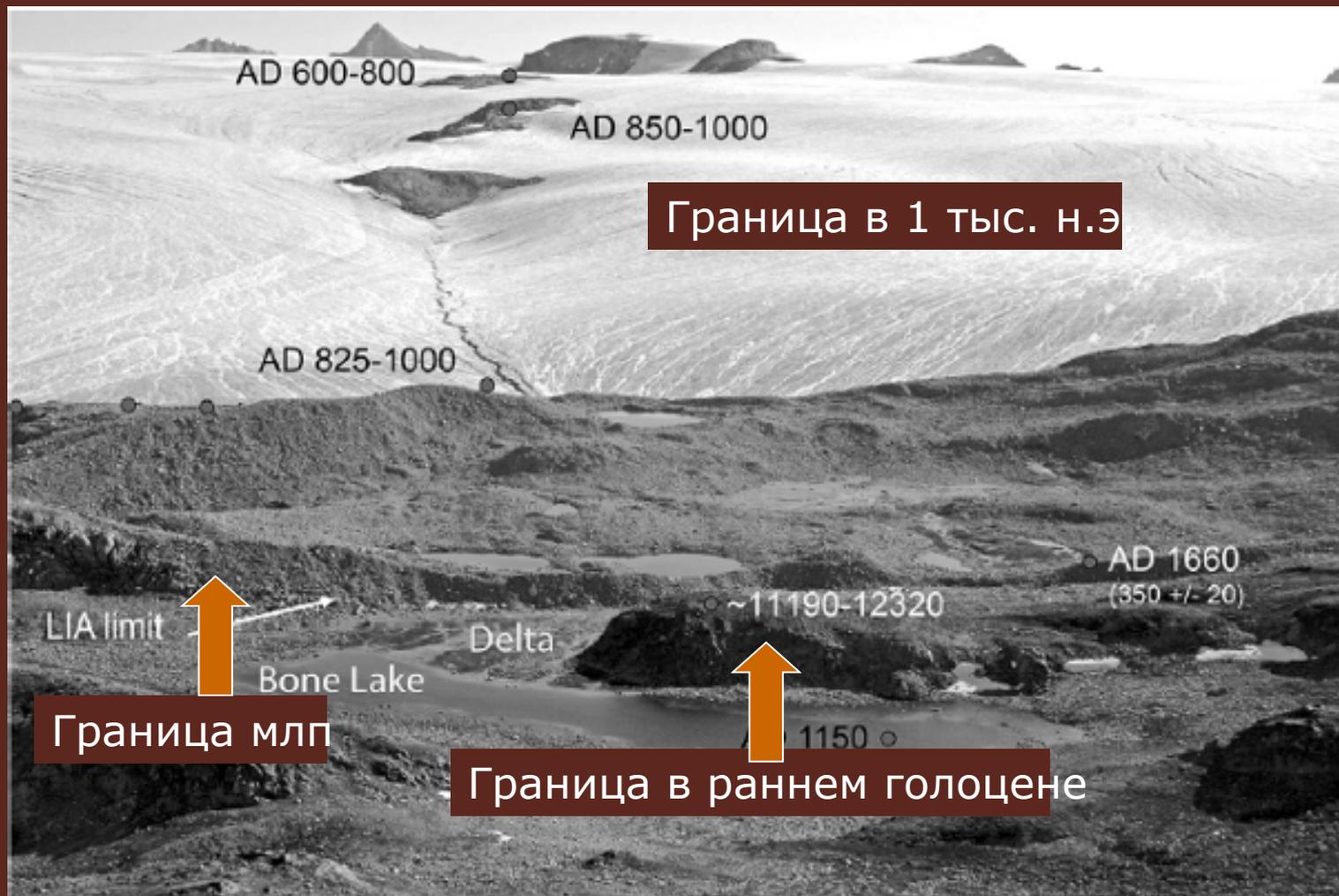
---

- Есть и еще.....

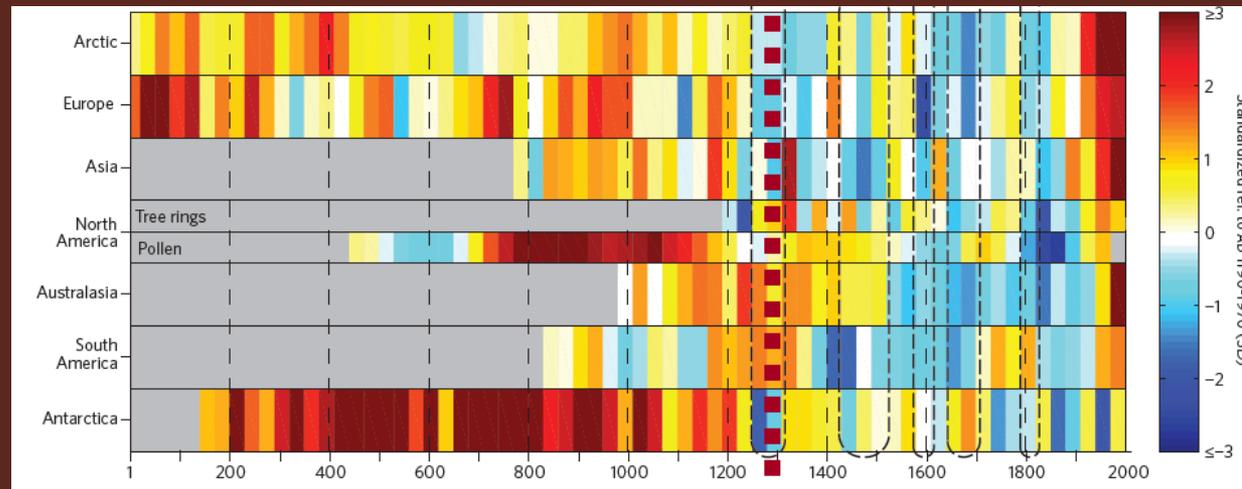
# Как проверить качество реконструкций?



# Положение края Гренландского ледникового щита

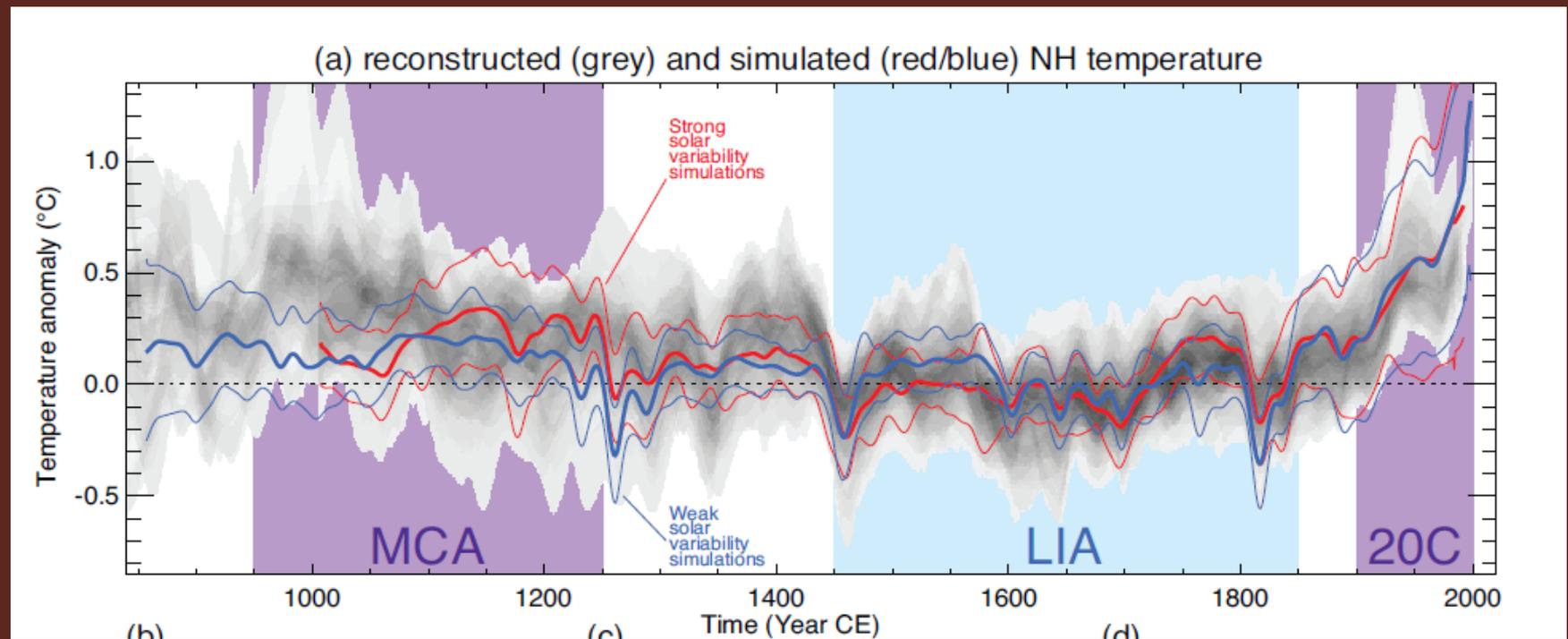


# Реконструкции температуры и колебания горных ледников

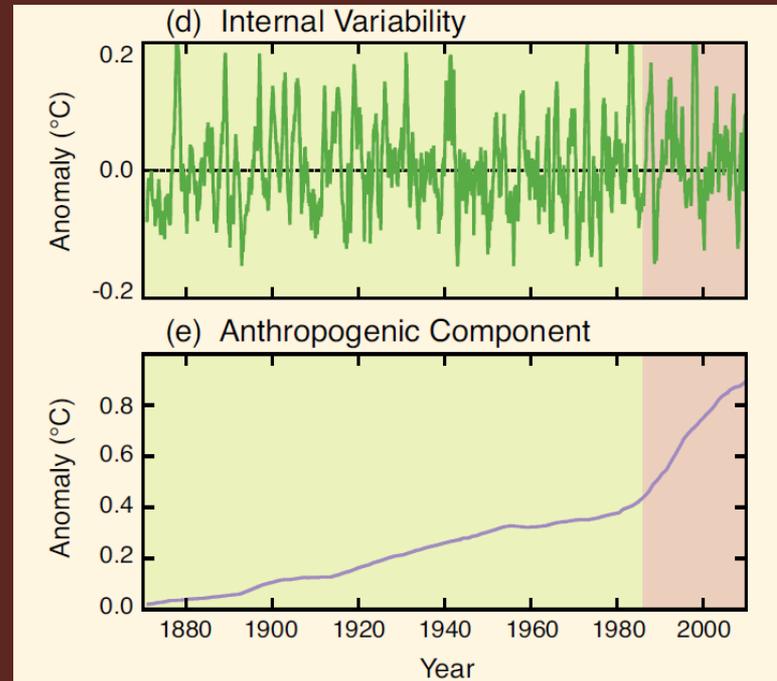
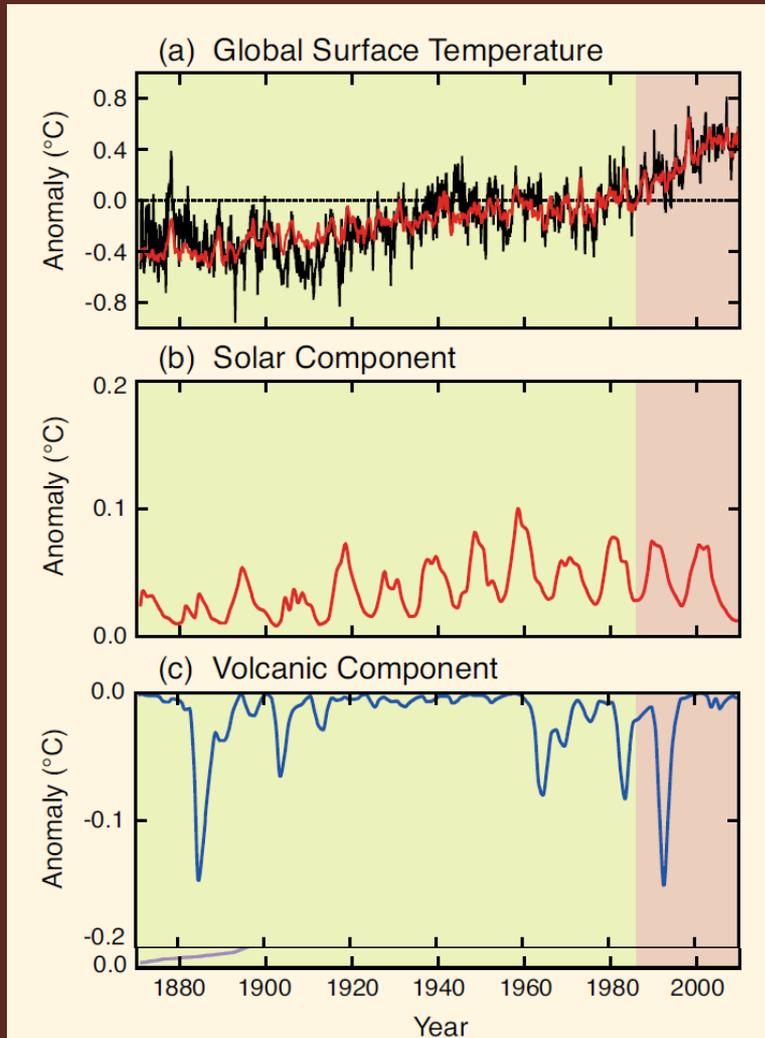


Regions	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	References	
<b>Northern Hemisphere</b>																					
Franz Josef Land												1000	1200								Lubinsky et al., 1999
E Greenland				350-550								900-950	1050-1250	1200-1400				1600-1700			Geirardottir et al., 2000
Greenland, Jakobshavn Isbra																		1750s	1850-1890	1920s	Wiedick et al., 2004
Greenland (East)						200-1025															Lowell et al., 2013
Iceland	ca 100				ca 500-600							ca 1000									Stotter et al., 1999
Iceland												850-950	950-1170								Larssen et al., 2011
Baffin Island, Arctic Canada														1276-1306	1400-1426	1400-1455					Miller et al., 2012
Baffin Island, Arctic Canada														1200							Anderson et al., 2008
S. Norway				246-434								800-830									Resje et al., 2011
S. Norway					540	650, 690						830	1100	1200	1250	1410					Matthæus et al., 2005
S. Sweden, Kebnekaise Mts													790-1210								Hormes et al., 2004
Alaska, glacier Bay												700	850	950							Wiles et al., 2011
Alaska, Brooks Range												650-1040									Ellis, Calkin, 1984
Southern Alaska						400						900	900-1100	1100 (7)	1100-1300						Wiles et al., in press
Southern Alaska																		1540-1710	1010-1030		Barclay, Wiles, Calkin, 2009
S. Alaska, Yukon																					1500-early 20 th cent
Juneau Icefield																					Denton, Karlen, 1977
British Columbia																					Clague, Koch, Geertsema Osborn et al., 2007
Swiss Alps																					Holzhauser, Magry, and Hormes et al., 2001
Swiss Alps																					Patzelt, 1914
Eastern Alps																					1200-1600
Altay																					1206 - 1256
Southern Tibet																					1445 - 1501
Southern Tibet																					1360-1450
Southern Tibet																					1580-1920
Southern Tibet																					Yang Bao et al., 2009
<b>Southern Hemisphere</b>																					
N. Zealand																					1200-1400
Andes, Quelccaya Ice Cap																					1600s LIA
Andes, Quelccaya Ice Cap																					1730-1750
Andes, Quelccaya Ice Cap																					550-620
Andes, tropics																					after 1500-6
Andes, Patagonia																					1220-1300
S. Andes between 40 and 51S																					1200-1300
S. Andes																					0-1460
S. Andes																					1620s
S. Andes																					1870-1910
Patagonia																					430-680
Kerguelen Islands																					900-1100 (major advance)
Terra Nova, Edmonson Point glacier																					550-620
Adelie Land, E Antarctica																					1.3-1.1 cal ka bp

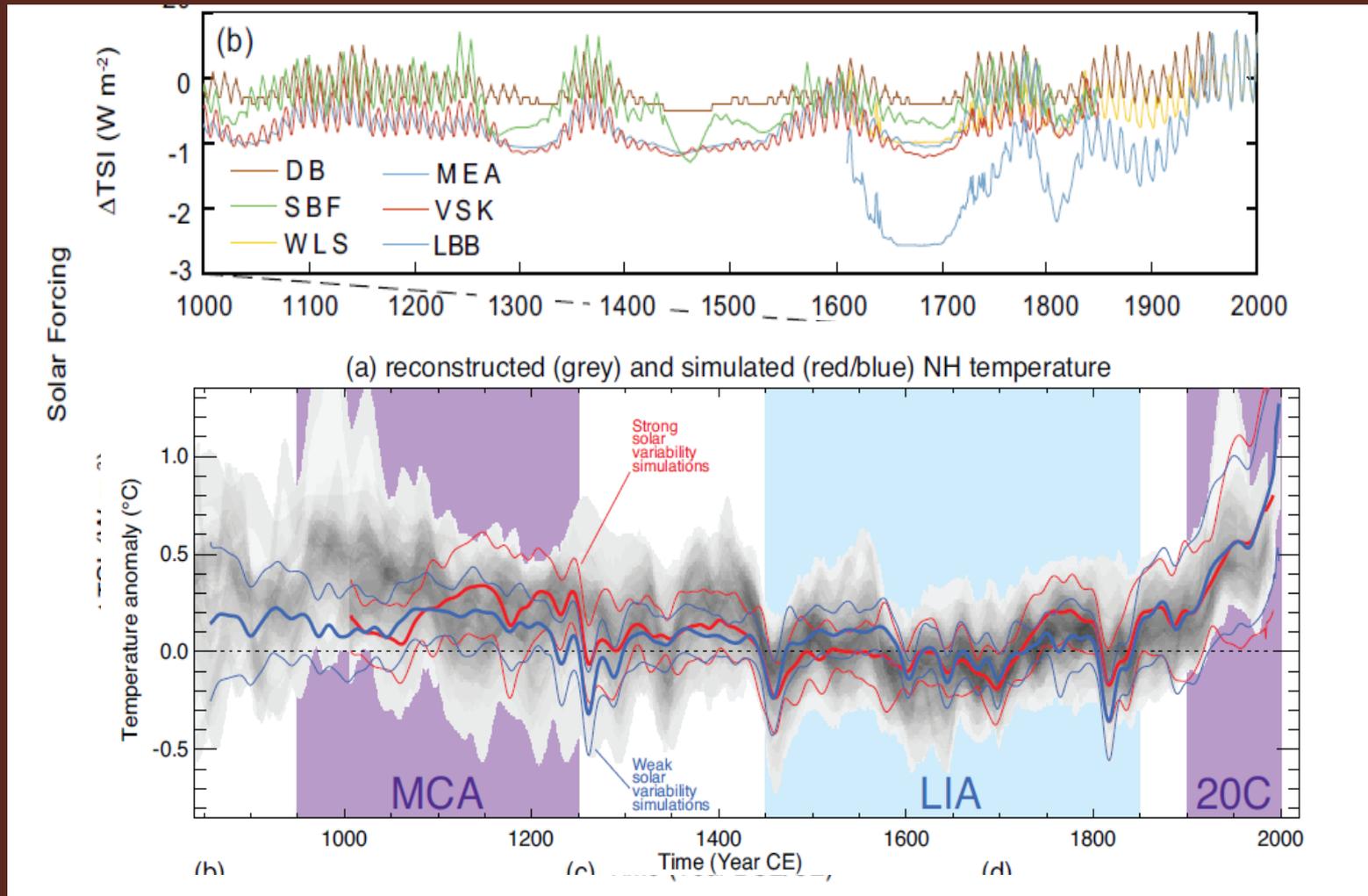
# Температура северного полушария: реконструкции и модели



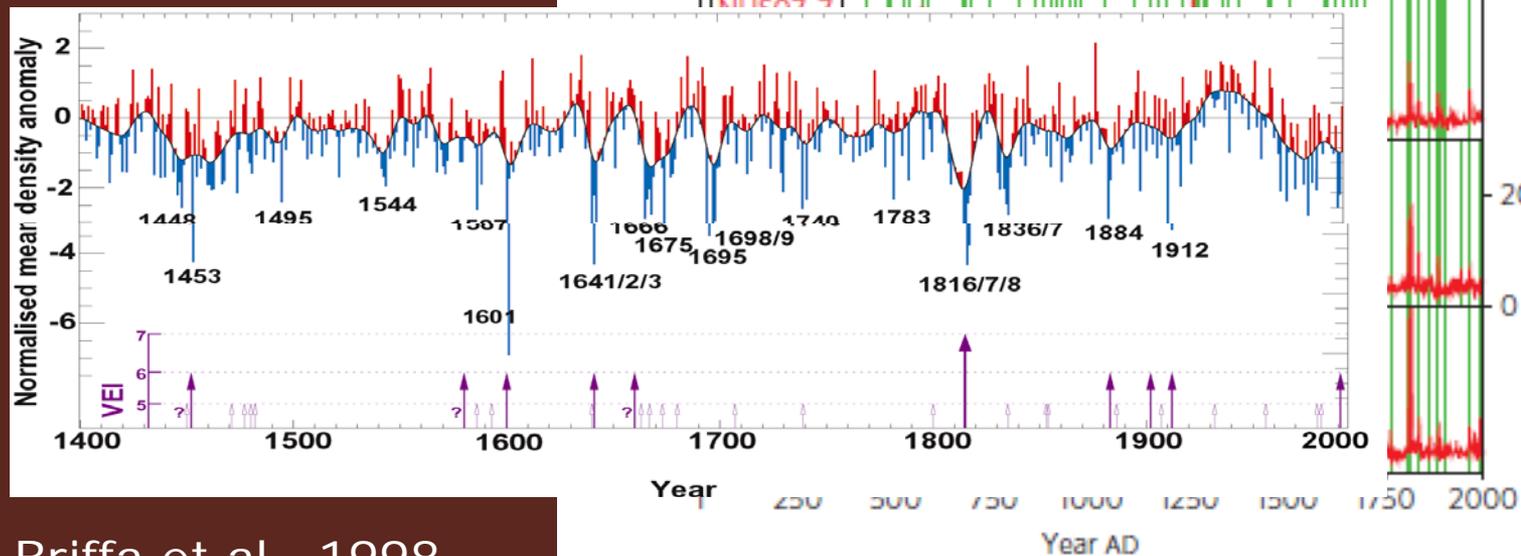
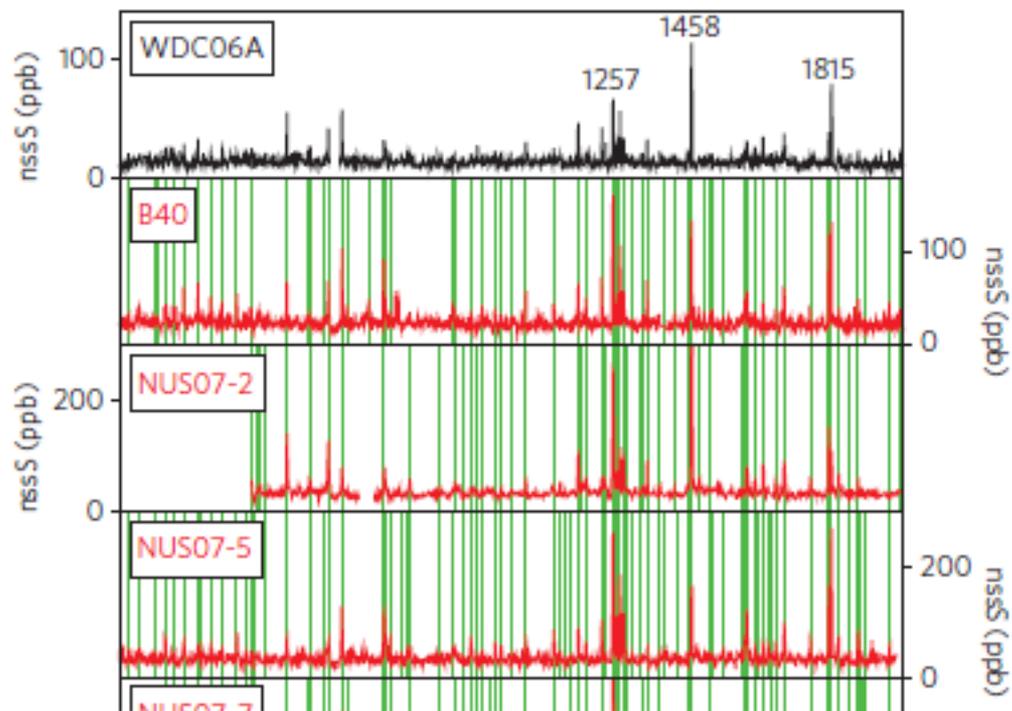
# Факторы, вызывающие колебания климата



# Реконструкции солнечной активности в прошлом



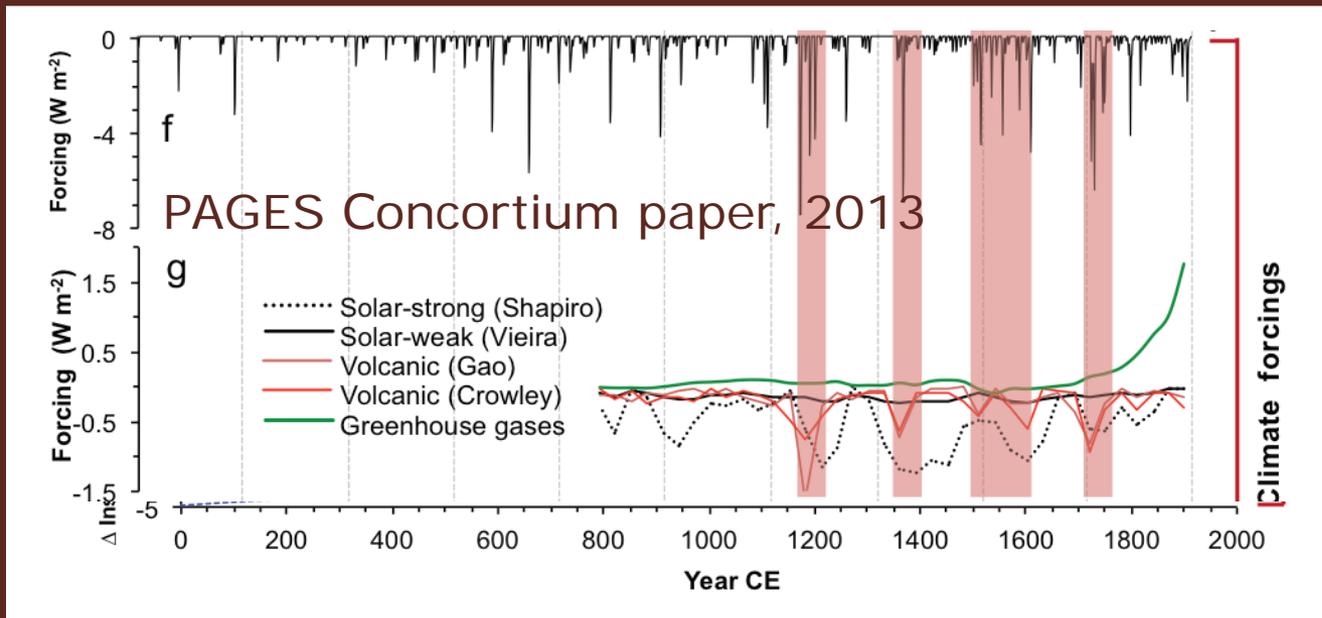
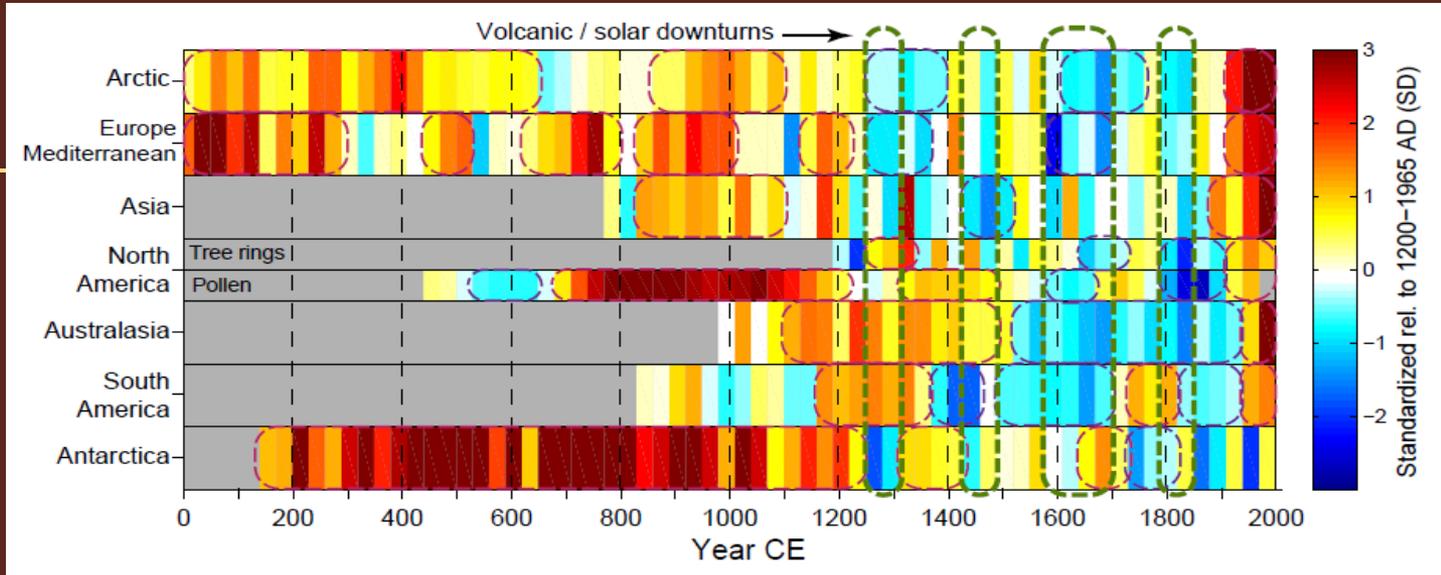
# Извержения вулканов



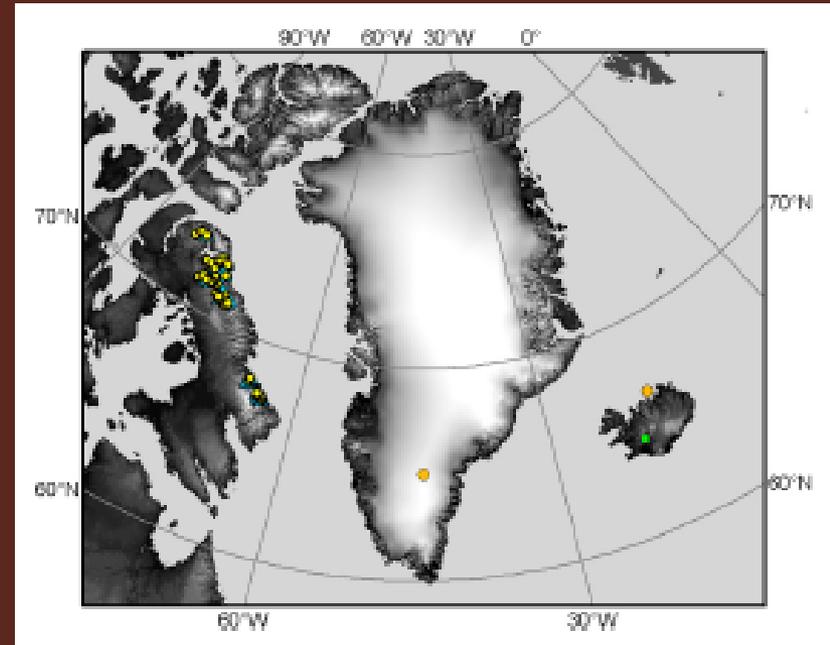
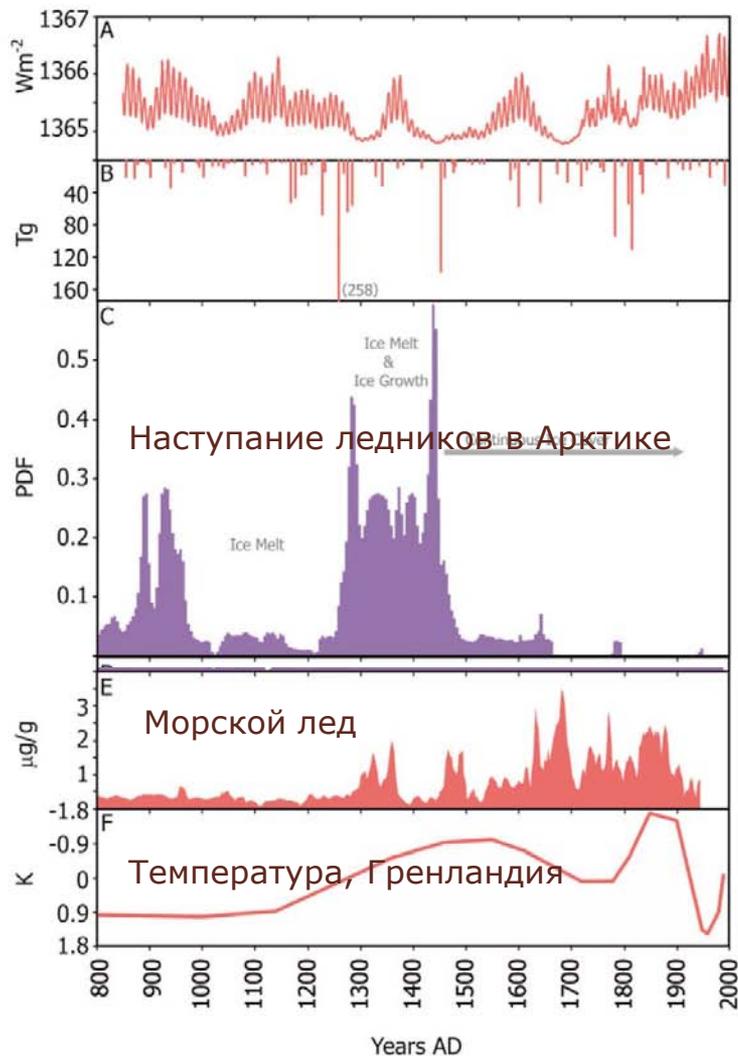
Briffa et al., 1998

Sigl et al., 2014

1251–1310, 1431–1520, 1581–1610, 1641–1700, 1791–1820 гг.



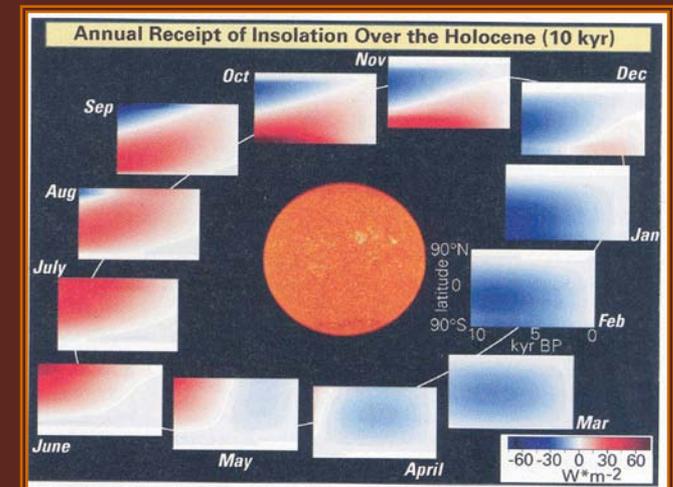
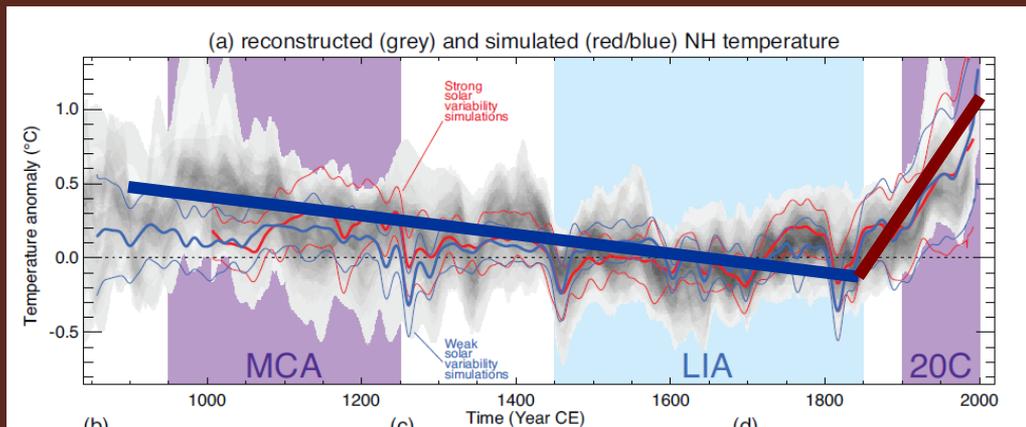
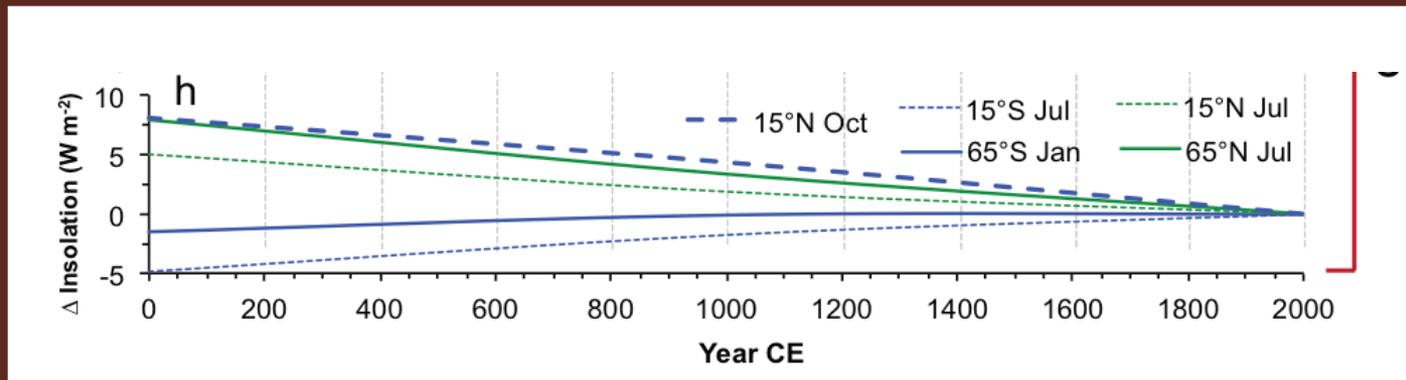
# Малый ледниковый период: Солнце, вулканы + морской лед?



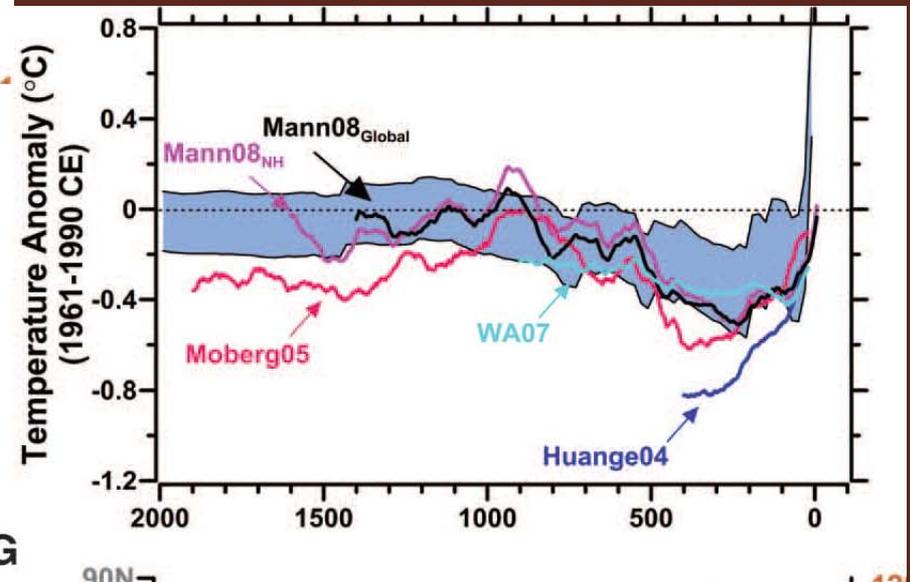
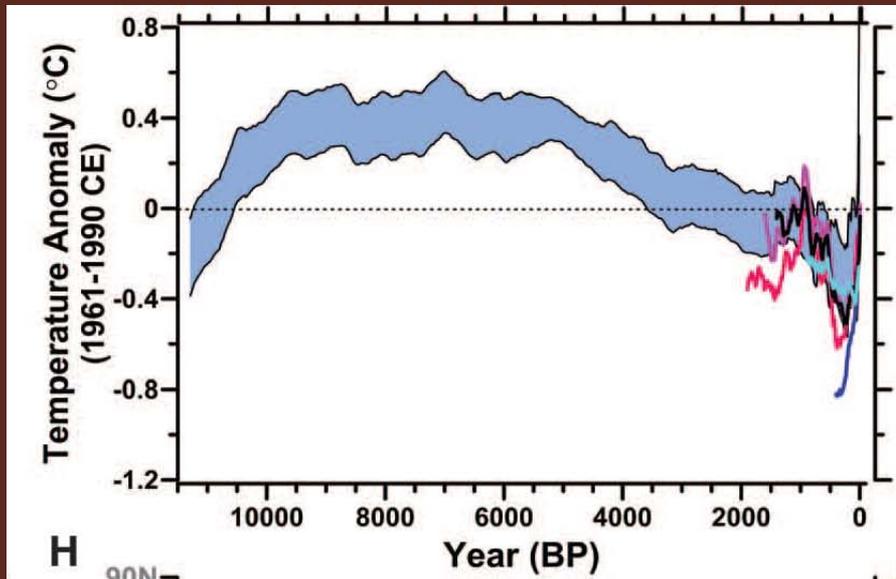
■ Ice-cap growth from Arctic Canada and Iceland shows that LIA summer cold and ice growth began abruptly between 1275 and 1300 AD, followed by a substantial intensification 1430–1455 AD. Intervals of sudden ice growth coincide with two of the most volcanically perturbed half centuries of the past millennium.

Miller et al., 2012

# Орбитальный сигнал и долгопериодный тренд хода температуры последних 2000 лет

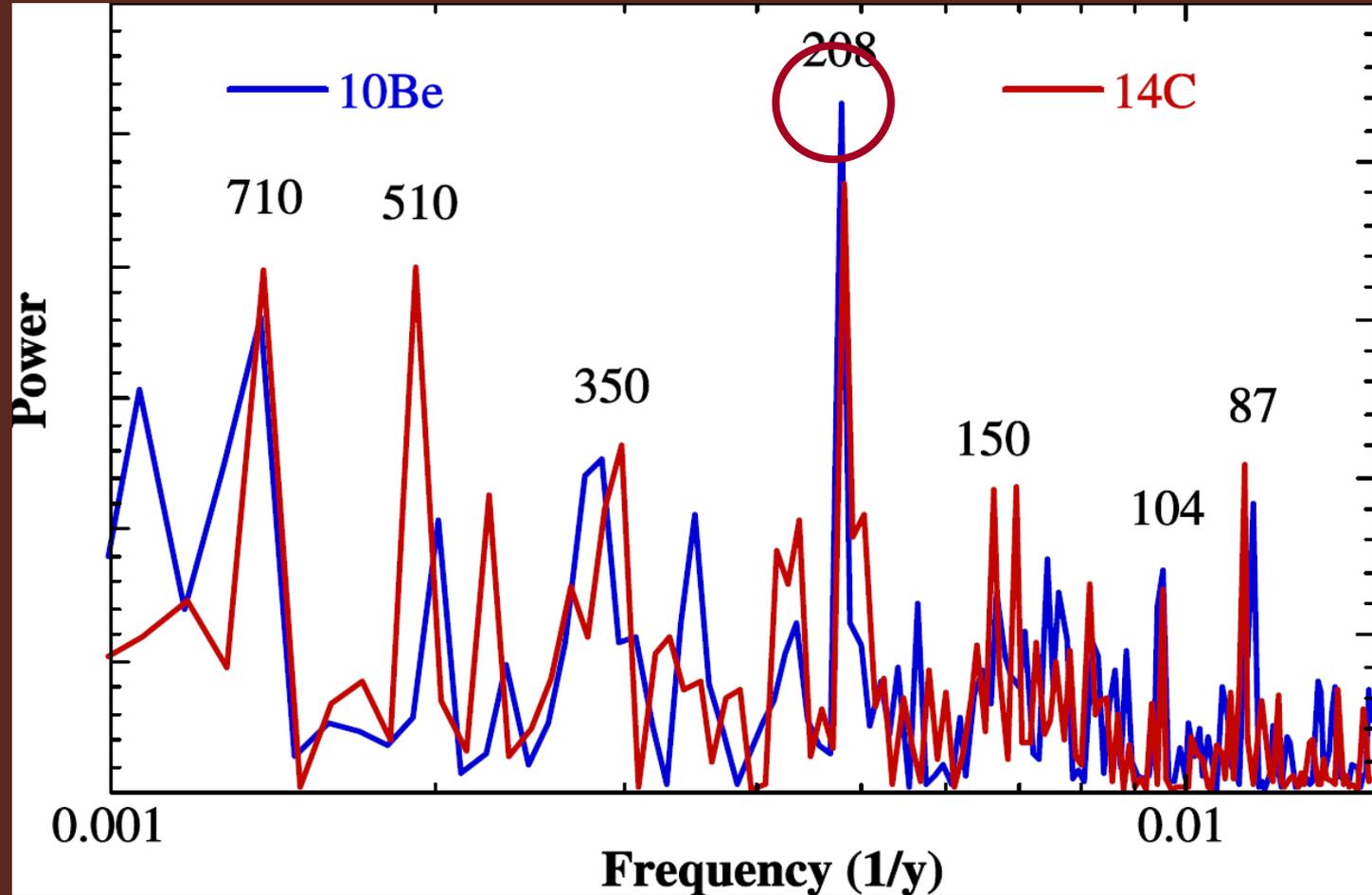


# Изменения температуры последних 2000 лет на фоне голоцена



Marcott et al., 2013

# Основные ритмы голоцена



# Что мы знаем об изменении температуры на Земле за последние 1000-2000 лет?

---

- Высокая региональная изменчивость температур
- Слабый отрицательный тренд до середины 19 в., связанный с орбитальным сигналом, и его смена на противоположный в последние полтора столетия
- Более теплое 1 тыс. н.э., по сравнению с периодом 13-19 вв.
- Масштабы современного потепления примерно соответствуют температурам во время «Средневековой аномалии».
- Малый ледниковый период, видимо, был вызван изменением солнечной активности, рядом вулканических извержений и, как следствие, похолоданием, усиленным распространением морского льда в Арктике.
- Существует целый ряд неопределенностей, связанных как с несовершенством реконструкций, так и с ограниченностью нашего понимания процессов естественной климатической изменчивости.



Средневековая аномалия  
(VIII-XIII вв.?)

Малый ледниковый период  
(XIV-XIX вв.)

Современное потепление  
(XX в.)



Соломина Ольга Николаевна - чл.-корр. РАН, доктор геогр. наук, заместитель директора ИГРАН. Специалист в области палеоклиматических реконструкций и датирования археологических памятников, морен горных ледников, селевых, лавинных, вулканогенных и других голоценовых отложений. Работала в горах Кавказа, Средней Азии, Камчатки, Урала, в Андах, в Арктике и в Антарктике.



Долгова Екатерина Антоновна - кандидат географических наук, инженер-исследователь ИГРАН. В область научных интересов входят дендроклиматология, палеогляциология. Принимала участие в полевых работах в горах Кавказа, Пutorана.



Максимова Ольга Евгеньевна - кандидат географических наук. Специалист в области палеоклиматических реконструкций и датирования археологических памятников. Работала в горах Средней Азии, на Русской равнине.

О.Н. Соломина, Е.А. Долгова, О.Е. Максимова  
Реконструкция гидрометеорологических условий последних столетий на Северном Кавказе, в Крыму и на Тянь-Шане по дендрохронологическим данным

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Институт географии

О.Н. Соломина, Е.А. Долгова, О.Е. Максимова

Реконструкция гидрометеорологических условий последних столетий на Северном Кавказе, в Крыму и на Тянь-Шане по дендрохронологическим данным

2012

# Межправительственная комиссия по изменениям климата

---



# Международный проект «Глобальные изменения в прошлом»

The image shows a screenshot of a web browser displaying the PAGES (Past Global Changes) website. The browser's address bar shows the URL [www.pages-igbp.org](http://www.pages-igbp.org). The website header features the PAGES logo and navigation links: [contact](#), [subscribe](#), [contribute](#), [jobs](#), and social media icons for Facebook, Twitter, YouTube, and RSS. A secondary navigation bar includes [News](#), [About](#), [Calendar](#), [Science](#), [Working Groups](#), [Products](#), [My PAGES](#), and [People](#). The main content area is titled "Welcome to PAGES" and includes a large image of Earth from space. Below the image, the text reads: "The PAGES (Past Global Changes) project is an international effort to coordinate and promote past global change research. The primary objective is to improve our understanding of past changes in the Earth System in order to improve projections of future climate and environment, and inform strategies for sustainability. ... [more](#)". A second paragraph states: "PAGES is funded by the US and Swiss National Science Foundations and NOAA, and is a core project of IGBP with plans to transition into Future Earth over the next year ... [more](#)". The browser's taskbar at the bottom shows the Windows Start button, several application icons, and system tray information including the time 18:01 and date 16.09.2014.

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

pages igbp — Яндекс: насл... x PAGES - Past Global Changes ... x +

Яндекс [www.pages-igbp.org](#) Перевести 349 +18

**PAGES** PAST GLOBAL CHANGES [contact](#) [subscribe](#) [contribute](#) [jobs](#) [f](#) [t](#) [v](#) [r](#)

[News](#) [About](#) [Calendar](#) [Science](#) [Working Groups](#) [Products](#) [My PAGES](#) [People](#)

You are here: Home

## Latest News

- Welcome to PAGES
- PAGES' NSF grants renewed
- New regional impact concept
- EarthCube seeking volunteers
- Extended Arctic2k database

## Search

Search

## Latest Magazine

Past Global Changes Magazine

## Welcome to PAGES

The PAGES (Past Global Changes) project is an international effort to coordinate and promote past global change research. The primary objective is to improve our understanding of past changes in the Earth System in order to improve projections of future climate and environment, and inform strategies for sustainability. ... [more](#)

PAGES is funded by the US and Swiss National Science Foundations and NOAA, and is a core project of IGBP with plans to transition into Future Earth over the next year ... [more](#)

Пуск [e](#) [f](#) [i](#) [r](#) EN 18:01 16.09.2014

# Фонд Александра фон Гумбольдта, Германия

The screenshot shows a web browser window displaying the homepage of the Alexander von Humboldt Foundation. The browser's address bar shows the URL [www.humboldt-foundation.de/web/start.html](http://www.humboldt-foundation.de/web/start.html). The website features a green header with navigation links: HOME, NEWSLETTER BESTELLEN, RSS, SUCHE, KONTAKT, IMPRESSUM, LOGIN, and ENGLISH. The main content area includes a network diagram on the left and the slogan "Exzellenz verbindet – be part of a worldwide network." on the right. Below the slogan is a photograph of a man writing on a chalkboard. A text box below the photo reads: "Für den **internationalen Forschungsstandort** gewinnen wir Spitzenforscher und junge Talente für Kooperationen in Deutschland." To the right of the photo is a "Nachrichten" (News) section with several entries, each with a date and a brief description, followed by a right-pointing arrow. The bottom of the browser window shows the Windows taskbar with various icons and the system clock displaying 18:11 on 16.09.2014.

HOME NEWSLETTER BESTELLEN RSS SUCHE KONTAKT IMPRESSUM LOGIN ENGLISH

Exzellenz verbindet –  
be part of a worldwide network.

Alexander von Humboldt  
Stiftung/Foundation

Über die Stiftung  
Newsletter  
Statistischer Überblick  
Humboldt-Ranking  
Publikationen und Informationsmaterial  
Chancengleichheit  
Willkommenskultur  
Anschrift und Anfahrt  
Karriere  
Partner

Förderung  
Programme von A-Z  
Programme nach Zielgruppen  
Neu ausgewählte Stipendiaten

Für den **internationalen Forschungsstandort** gewinnen wir Spitzenforscher und junge Talente für Kooperationen in Deutschland.

Nachrichten

01.09.2014 | 250.000 Euro an Geistes- und Sozialwissenschaftler →

28.08.2014 | Digital Humanities: Märchenhafte Chance oder Modetrend? →

25.08.2014 | GAIN-Jahrestagung: Deutschland wirbt in den USA um Spitzenkräfte →

13.08.2014 | Neuer Newsletter online →

11.08.2014 | Humboldt-Ranking: Wo Wissenschaftler aus dem Ausland forschen wollen →

Ältere Nachrichten →

# Фонд Фулбрайт, США

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

pages igbr — Яндекс: нашл... x PAGES - Past Global Changes ... x fulbright — Яндекс: нашлось... x Fulbright | Bureau of Educatio... x

Яндекс eca.state.gov/fulbright Перевести 349 +17

## THE FULBRIGHT PROGRAM

- About Fulbright →
- Fulbright Programs →
- Information For →
- The Fulbright Experience →
- Fulbright Alumni →
- Facts and Common Questions →
- Contact Us →

## The Fulbright Program

The Fulbright Program is the flagship international educational exchange program sponsored by the U.S. government and is designed to increase mutual understanding between the people of the United States and the people of other countries.

Learn About the J. William Fulbright Scholarship Board (FSB) [Learn More →](#)

### EXPLORE PROGRAMS BY COUNTRIES

The Fulbright Program is active in more than 155 countries - explore our world with this interactive map.

- Student Program »
- Scholar Program »
- Teacher Exchange Program »
- Fulbright-mtvU Fellowship »
- International Science and Technology Award »
- Fulbright-Hays Programs »
- Fulbright NEXUS »
- Humphrey Program »

share [email icon] [facebook icon] [twitter icon] [plus icon]

Пуск [Internet Explorer icon] [Folder icon] [Globe icon] [Я icon]

EN [signal strength icon] [battery icon] [volume icon] 18:08 16.09.2014



Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

inqua — Яндекс: нашлось 2... x INQUA Home x PAGES - Past Global Changes ... x +

Яндекс www.inqua.org Перевести 349 +17



**INQUA**  
International Union for Quaternary Research



About Commissions Projects Meetings Awards Publications ECR Links

# International Union for Quaternary Research

The International Union for Quaternary Science (INQUA) was established in 1928 and exists to encourage and facilitate the research of Quaternary scientists in all disciplines. To this end:

- Five Commissions (Coastal & Marine Processes; Humans & the Biosphere; Palaeoclimates; Stratigraphy & Chronology; Terrestrial

## News

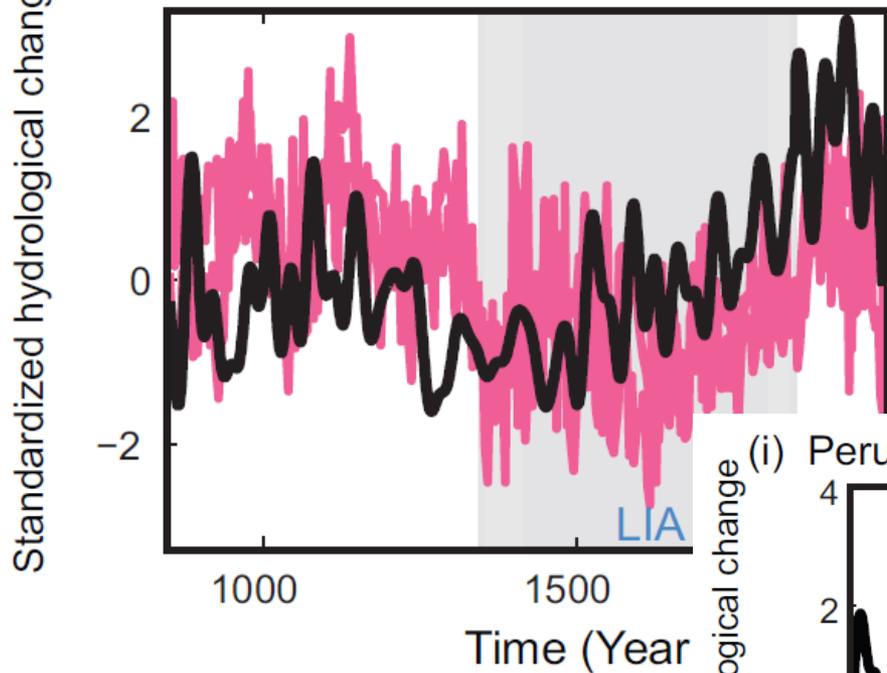
### QI Editor

INQUA is looking for a new Editor-in-Chief of *Quaternary International*. Expressions of interest should be sent to the Secretary General by 31/12/2014 ([details here](#)).

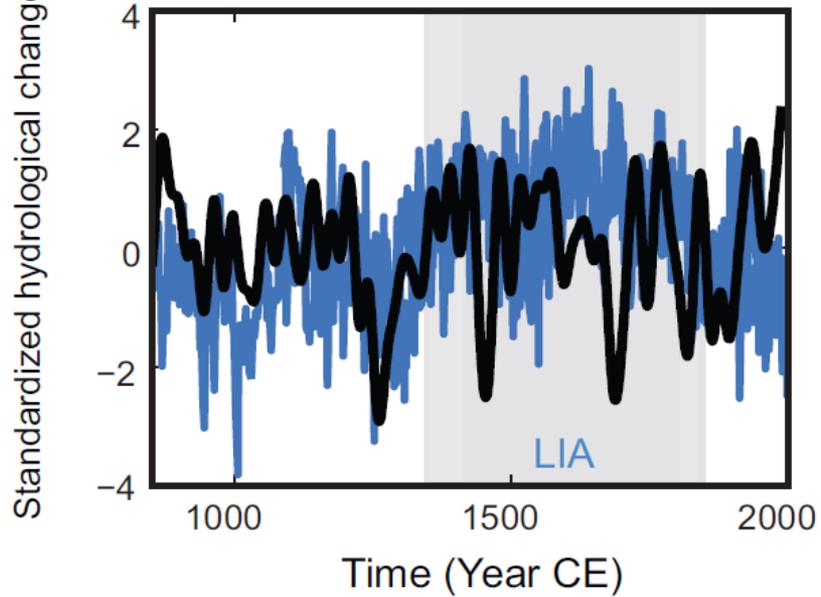
Пуск EN 18:12 16.09.2014



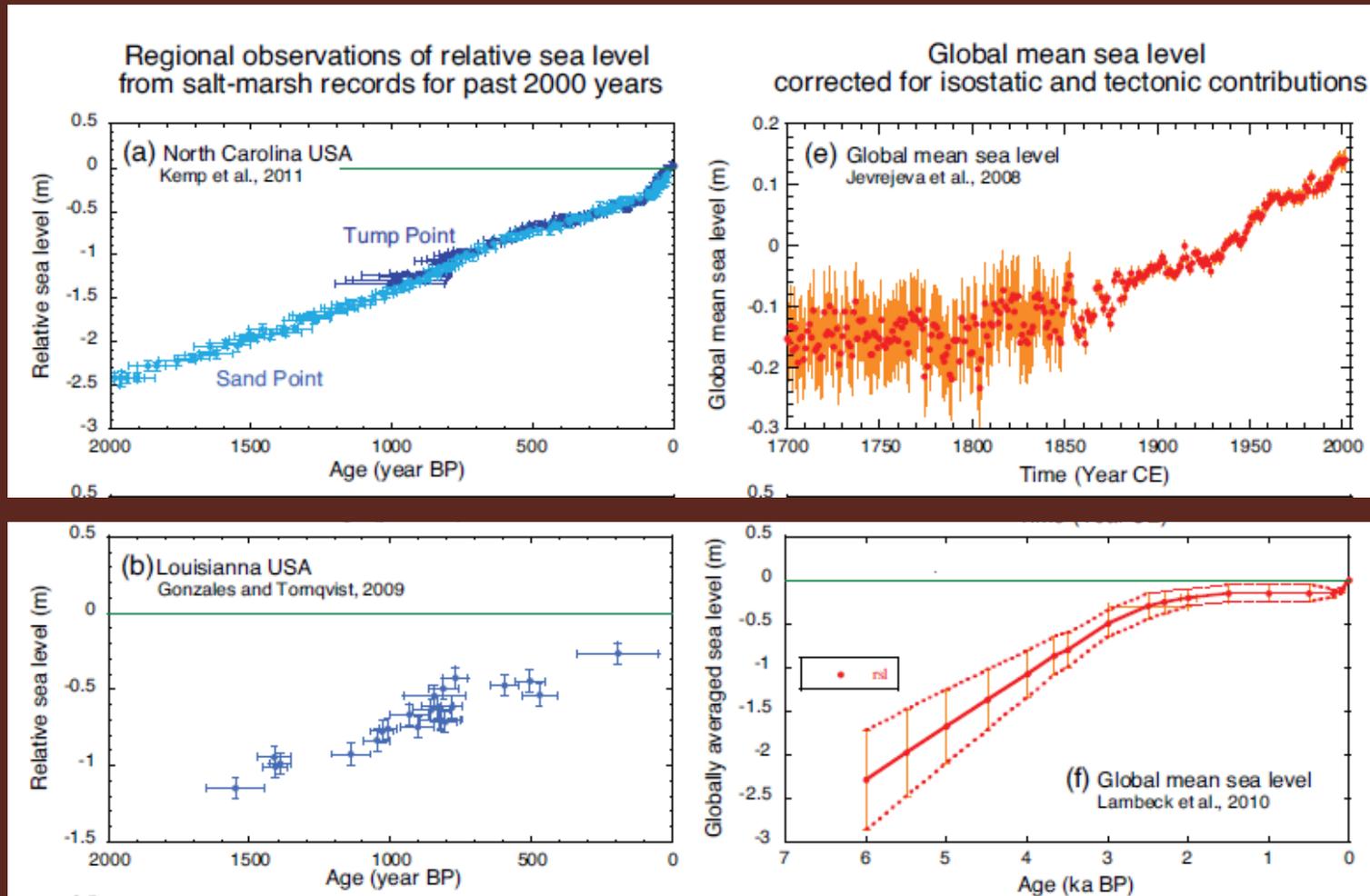
(f) China: Huangye (f1), Wanxian (f2) caves

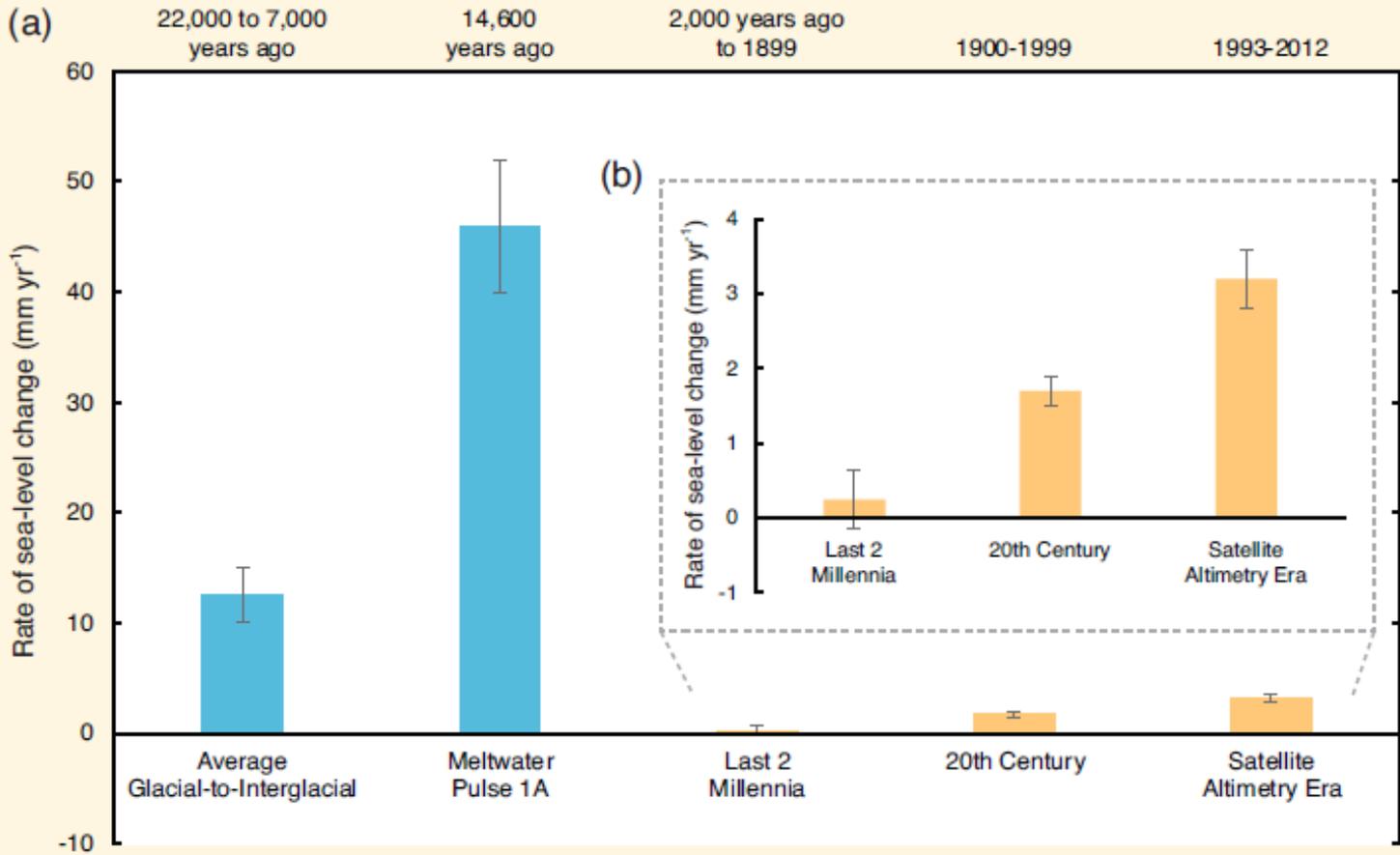


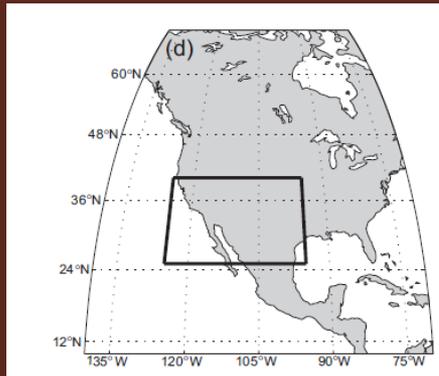
(i) Peru: Cascayunga (i1) cave, Pumacocha (i2) lake



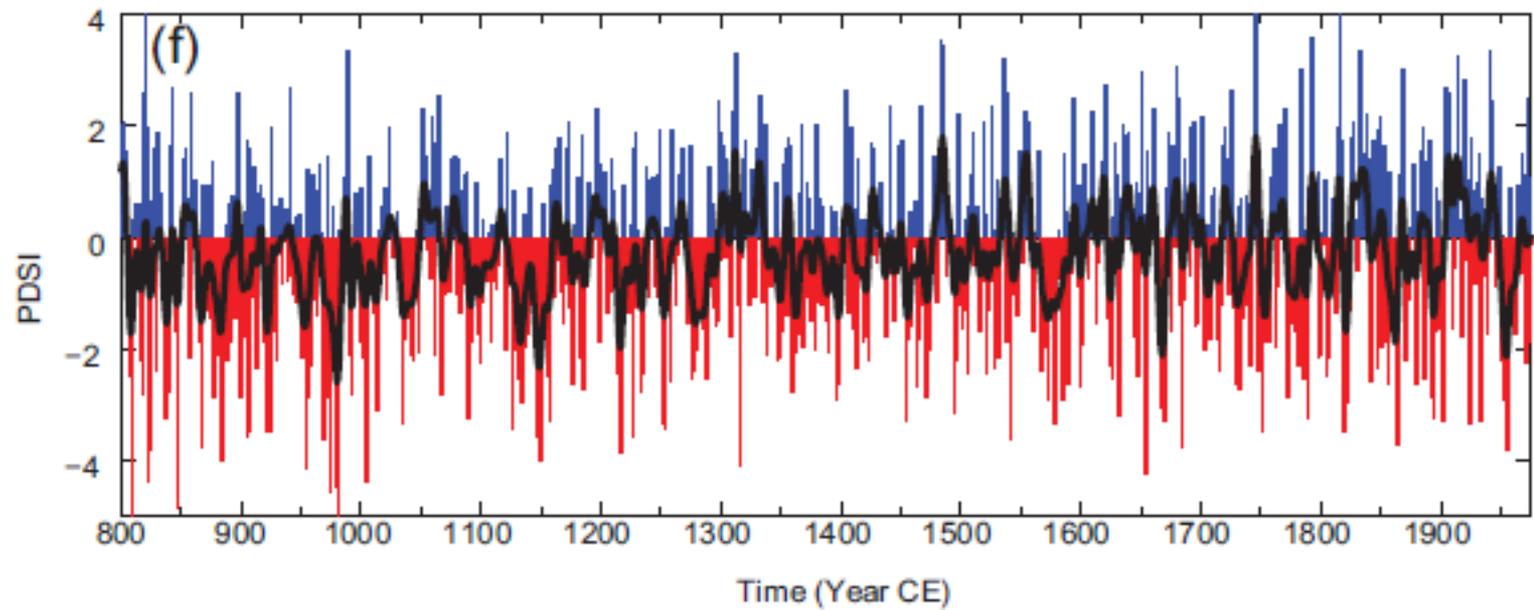
# Изменения уровня Океана

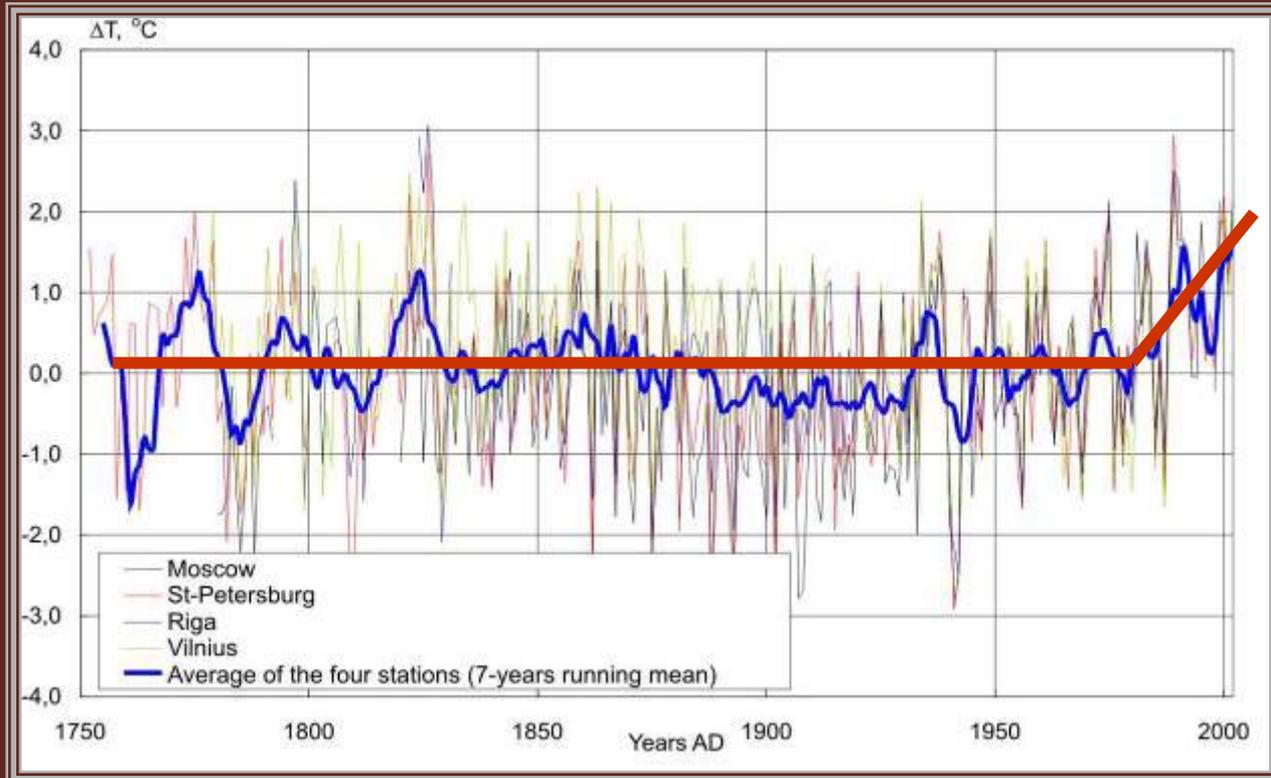




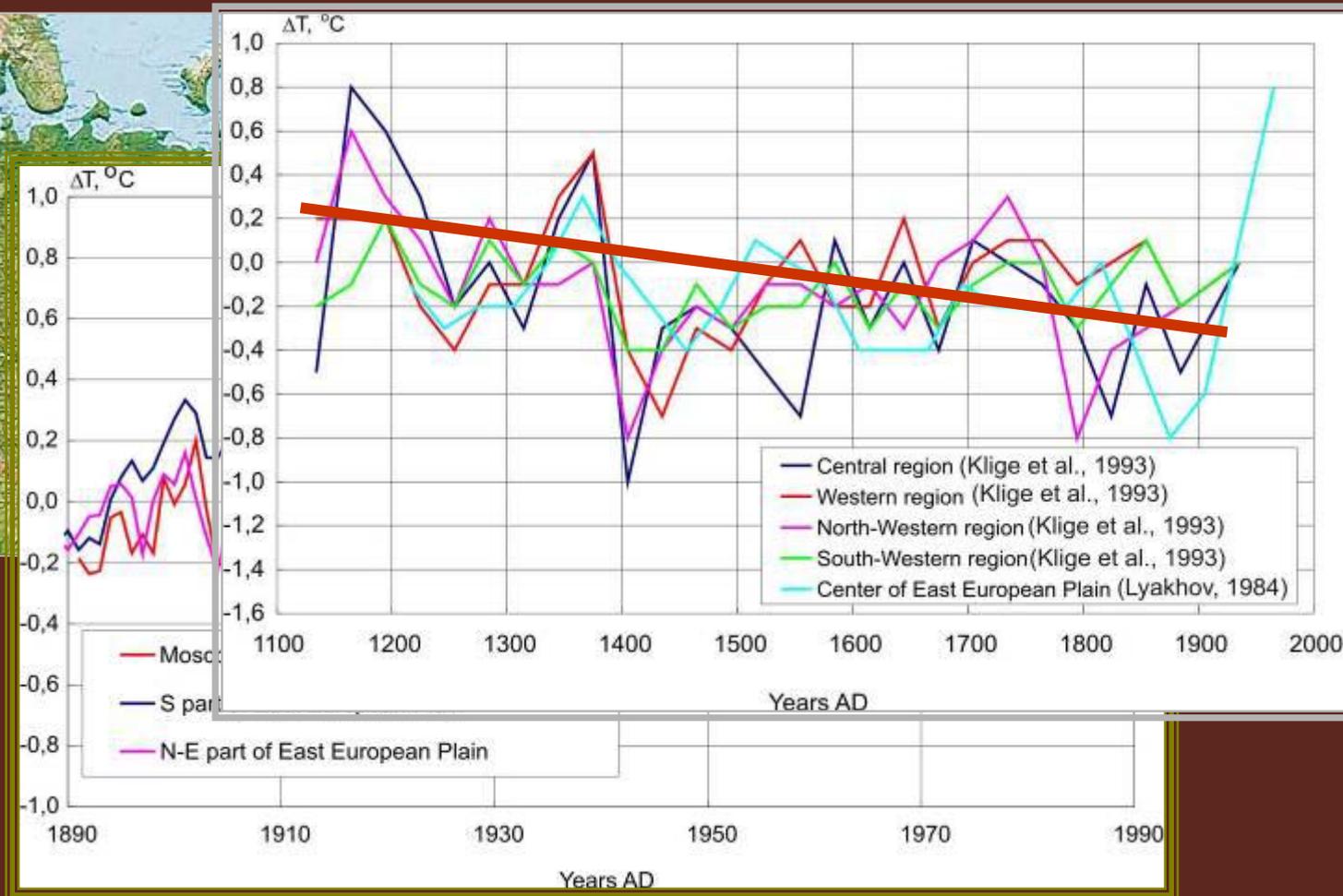
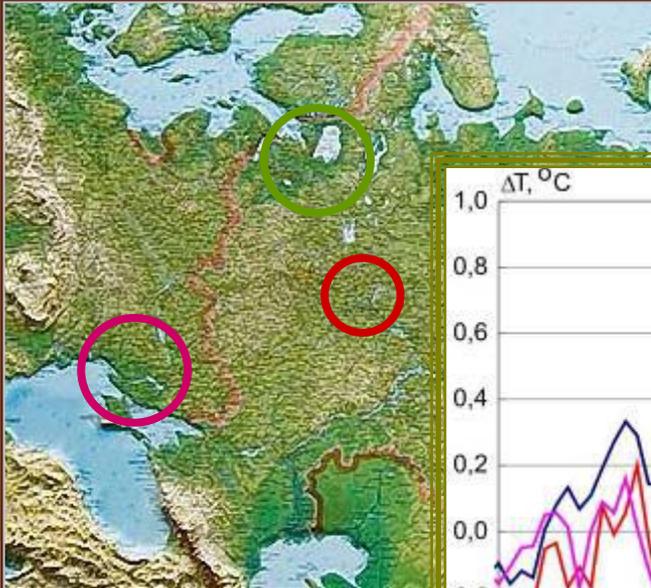


droughts in the North  
America (Cook et al., 2004)

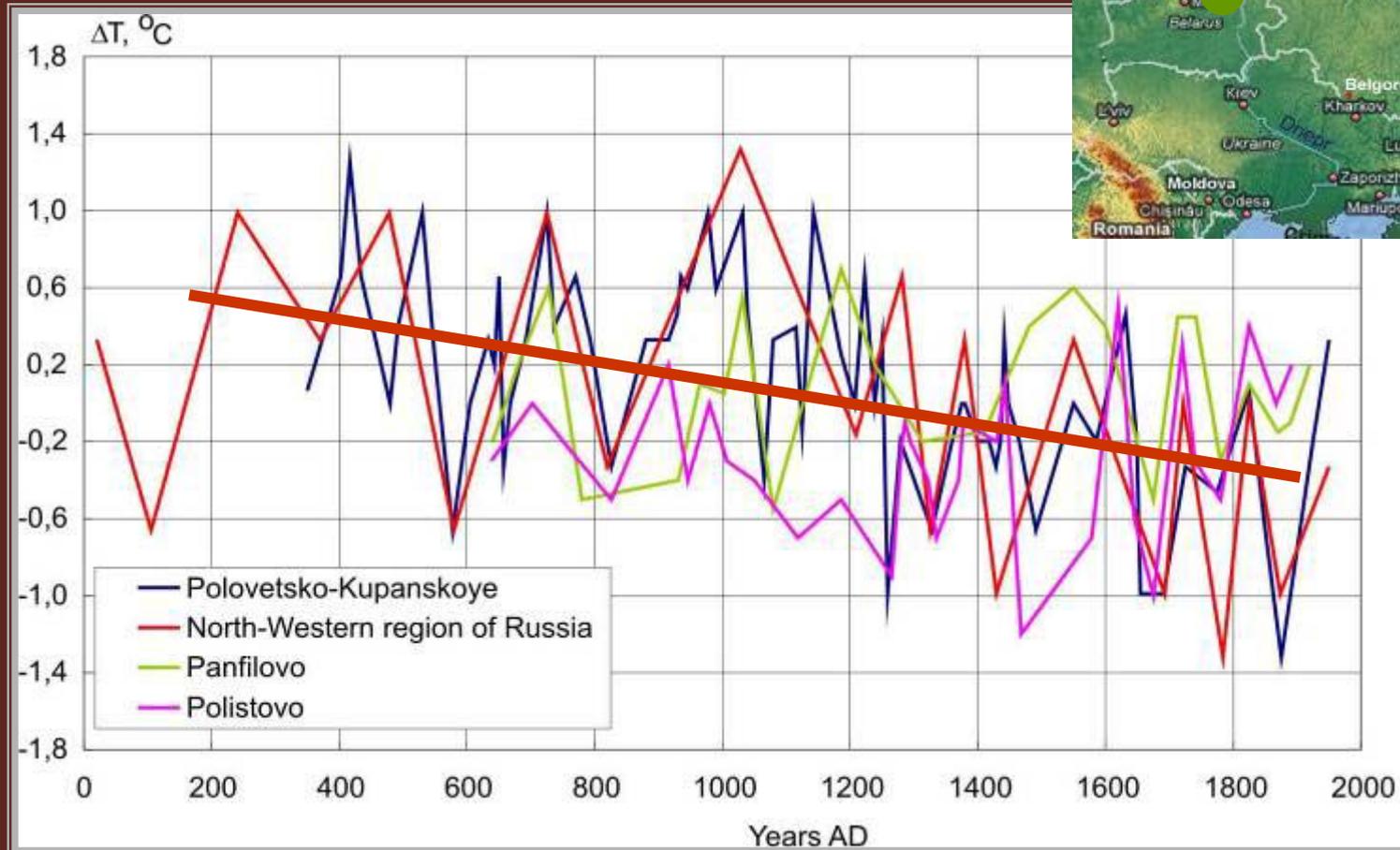
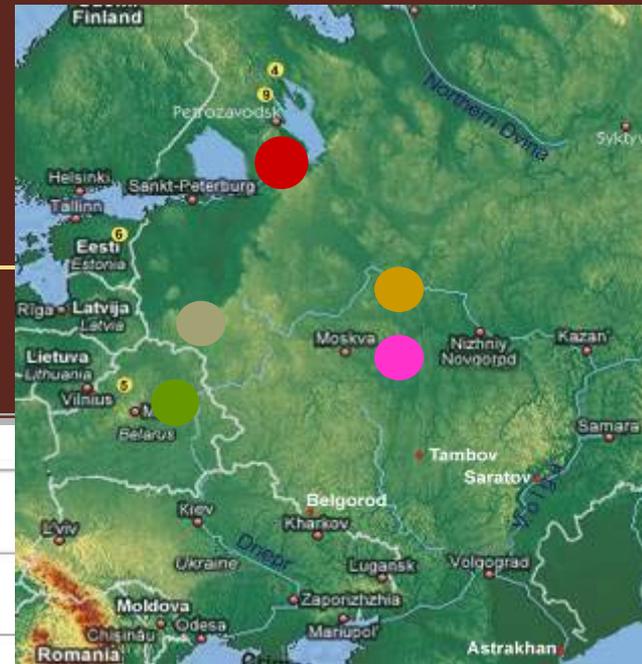


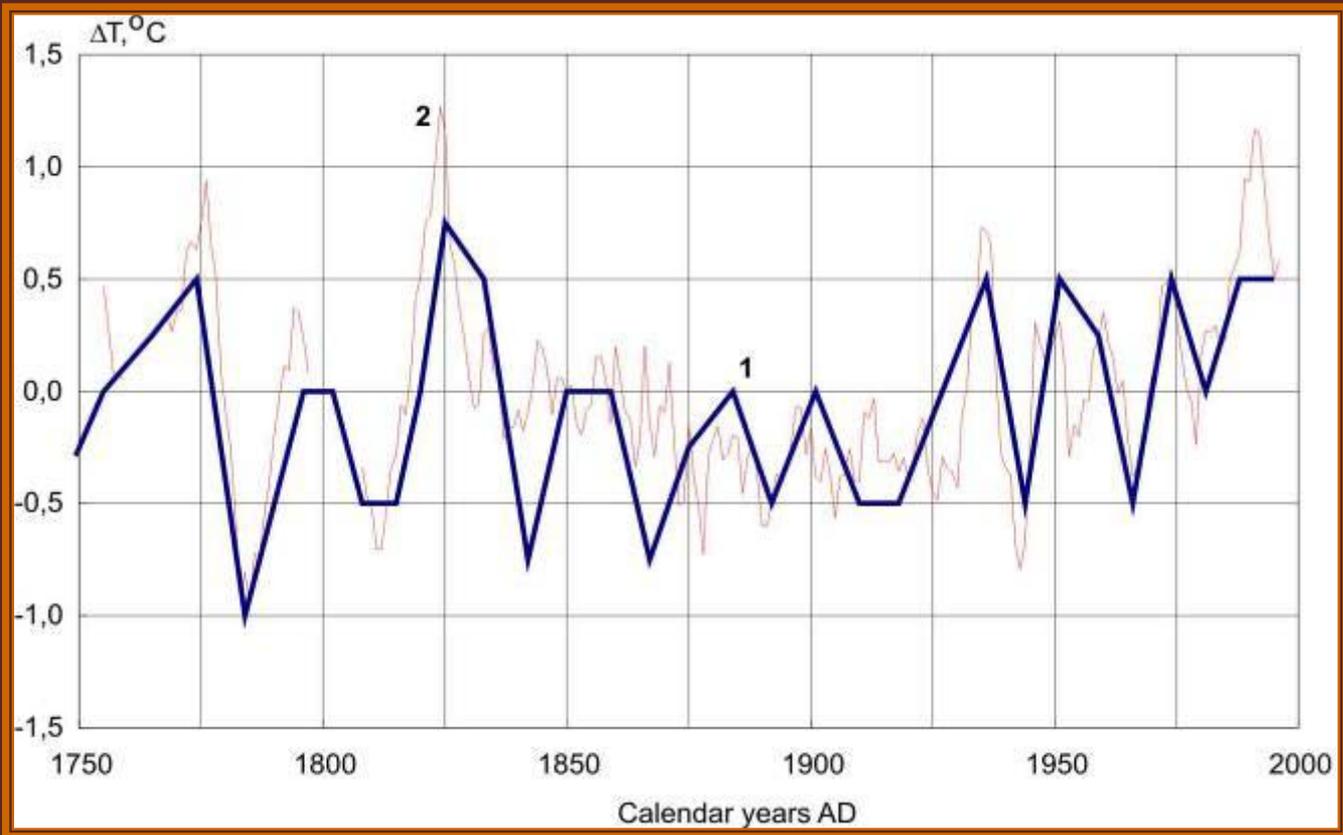


# INSTRUMENTAL AND HISTORICAL DATA



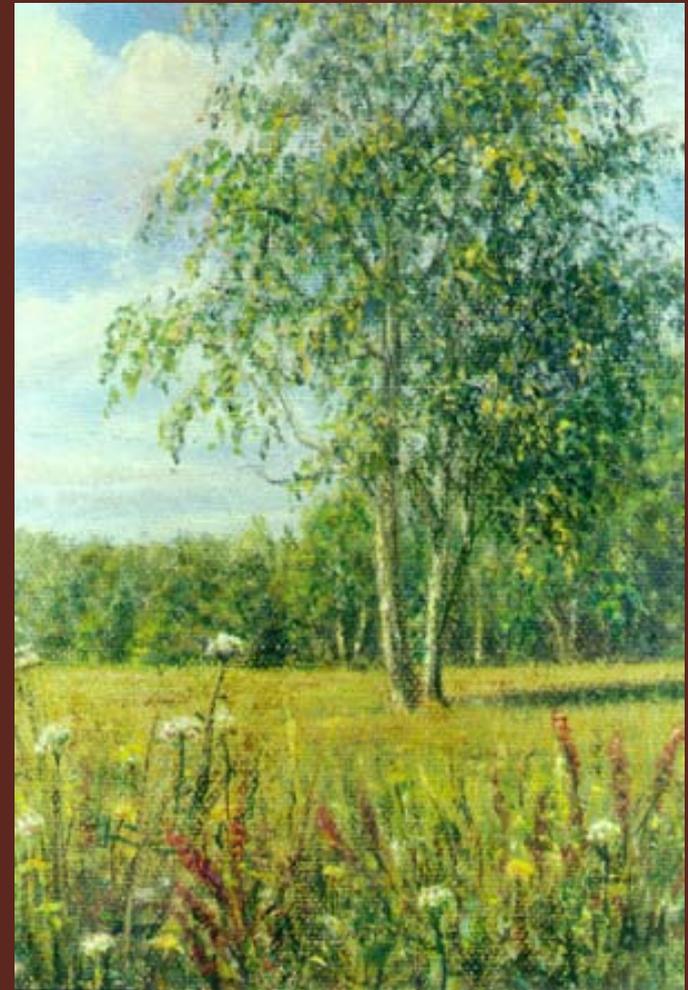
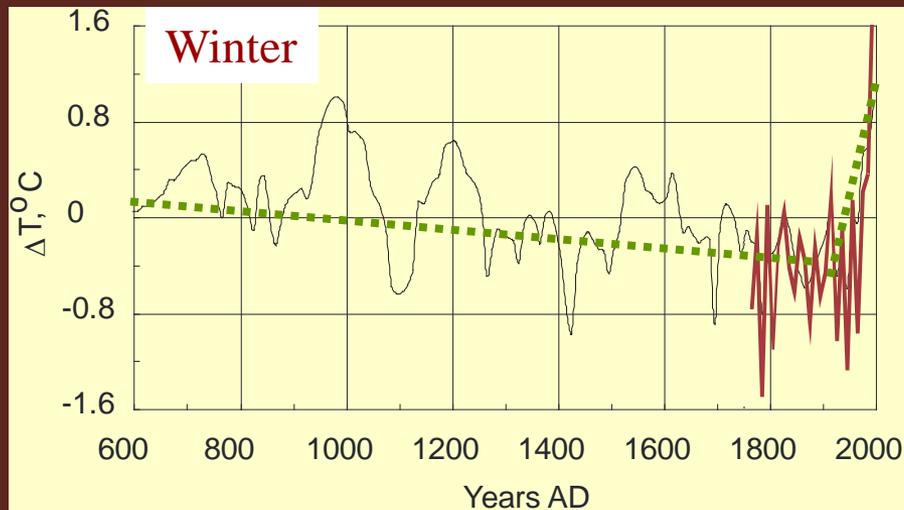
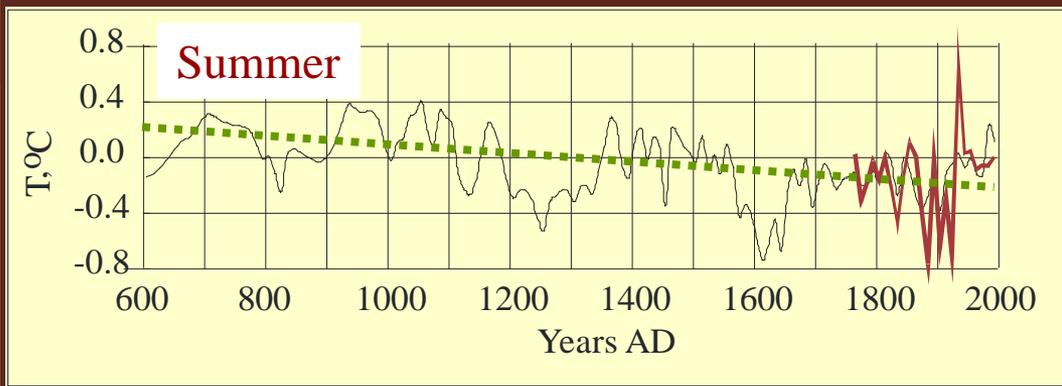
# Palynological reconstructions

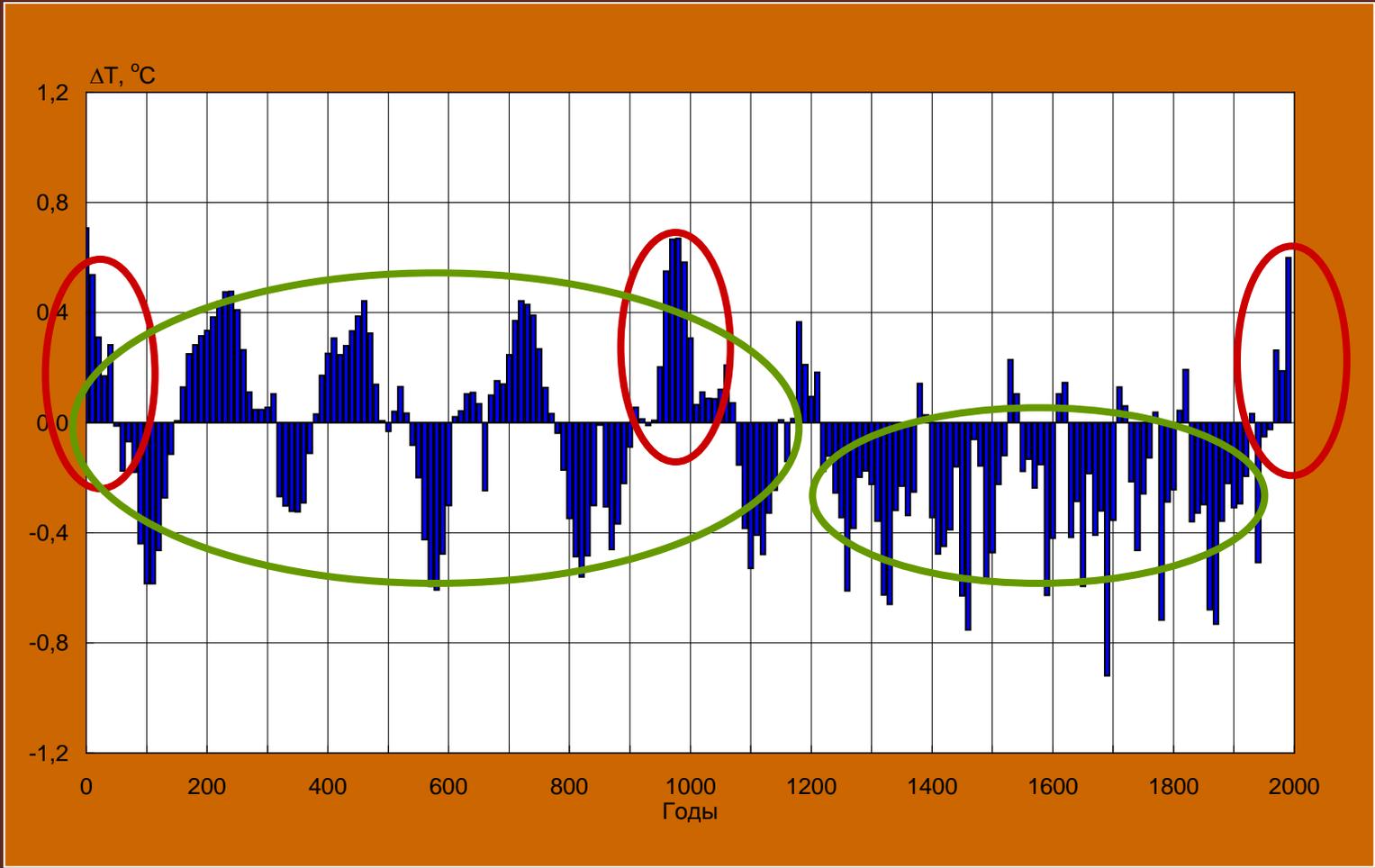




(Klimenko et al., 2001)

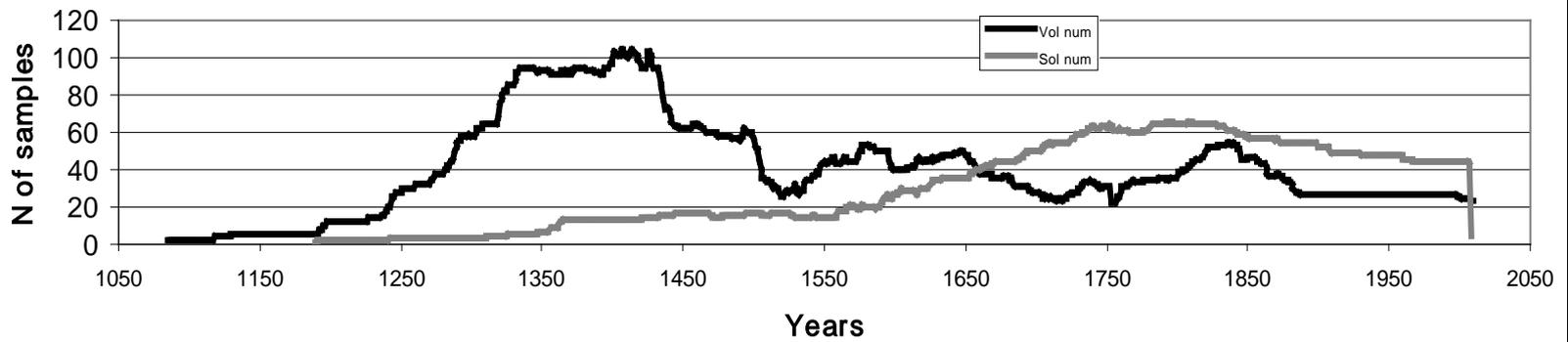
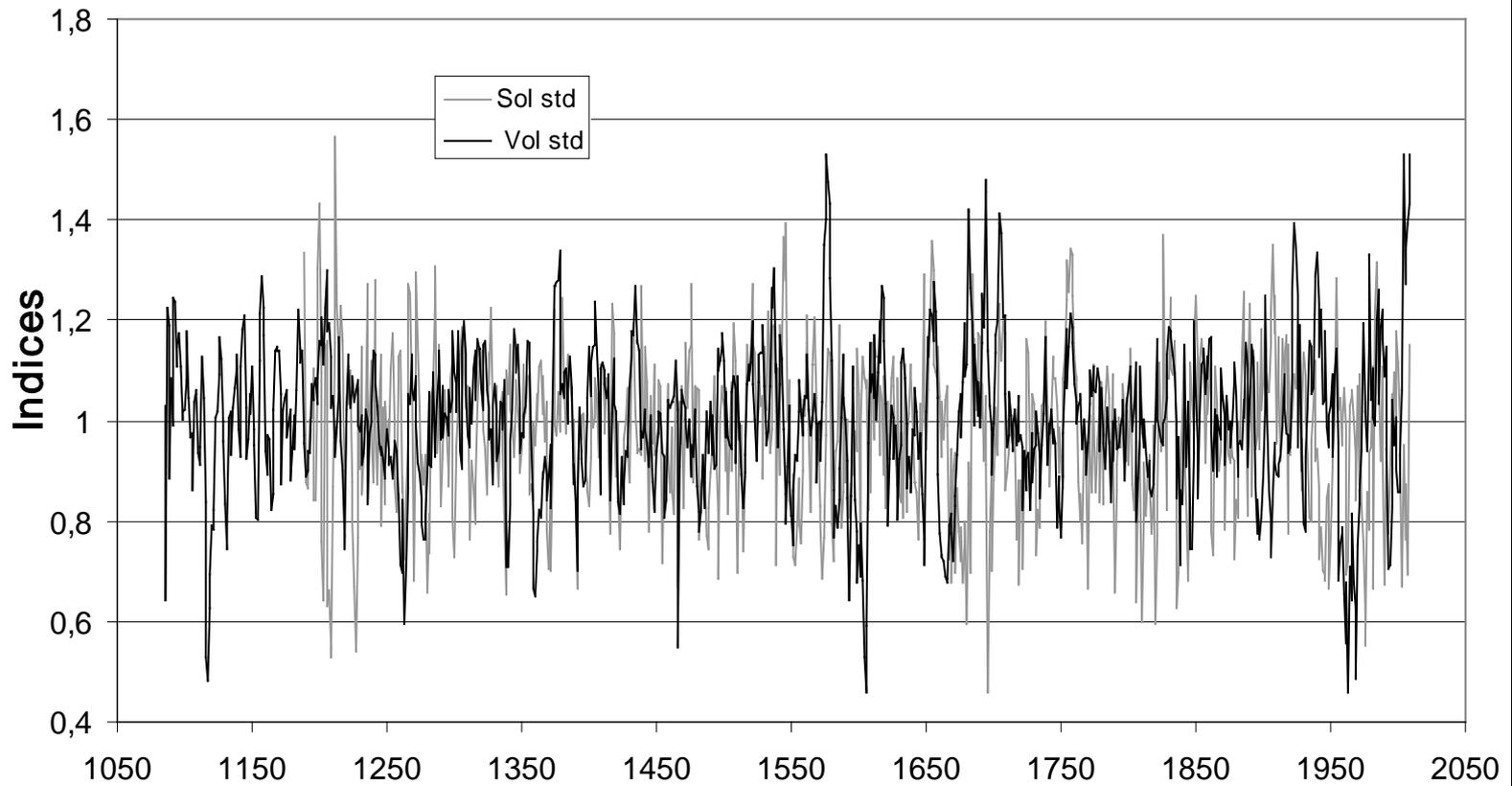
## Deviations from 1951–1980 averaged for decades

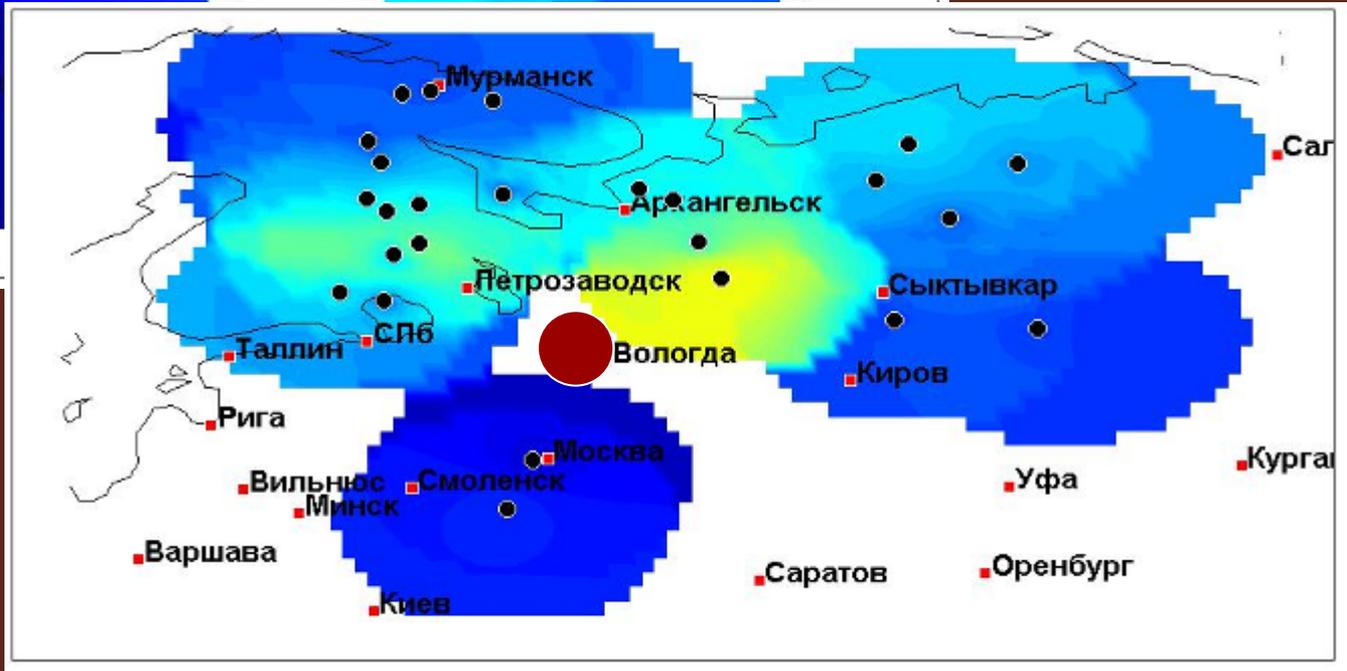
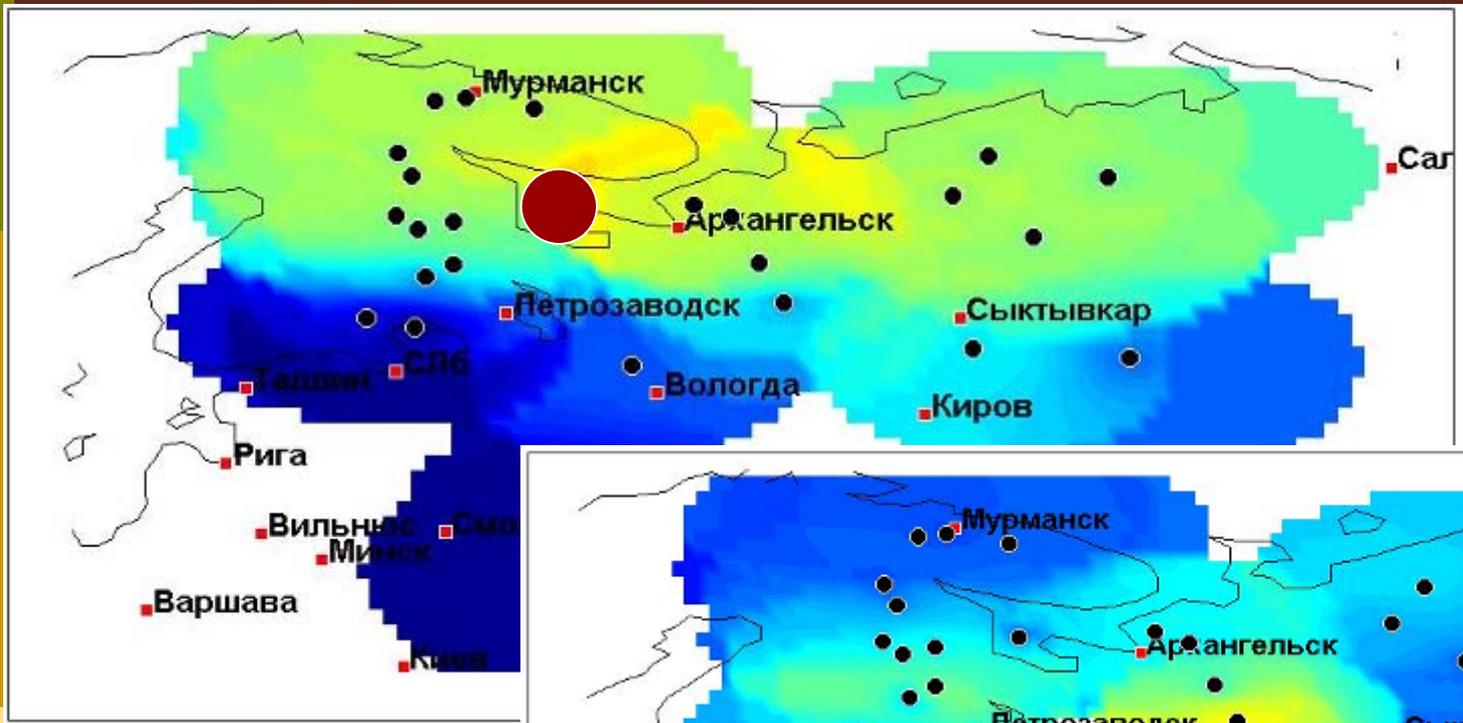




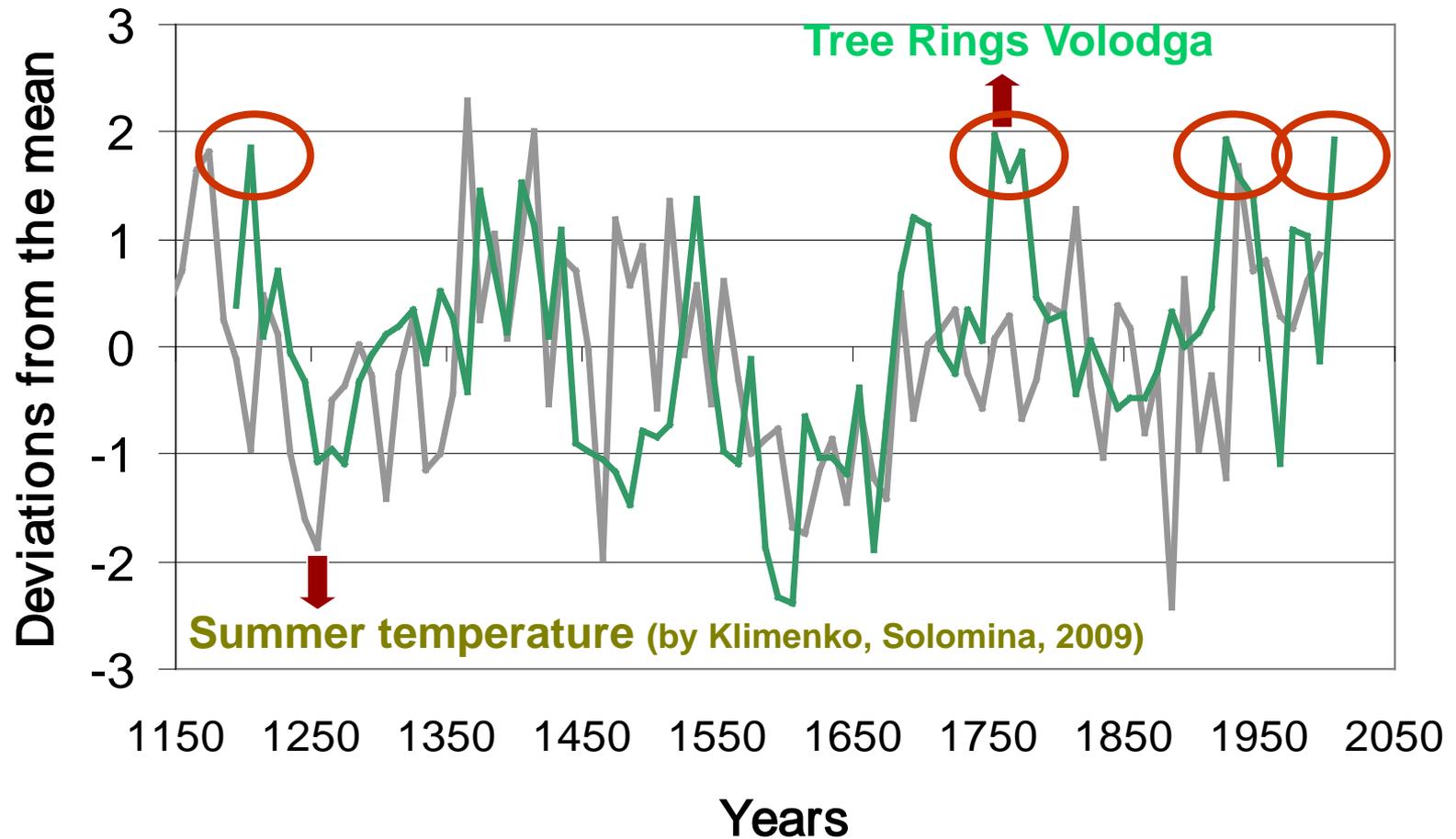
Years AD

# New long ring-width chronologies in the NW of Russia

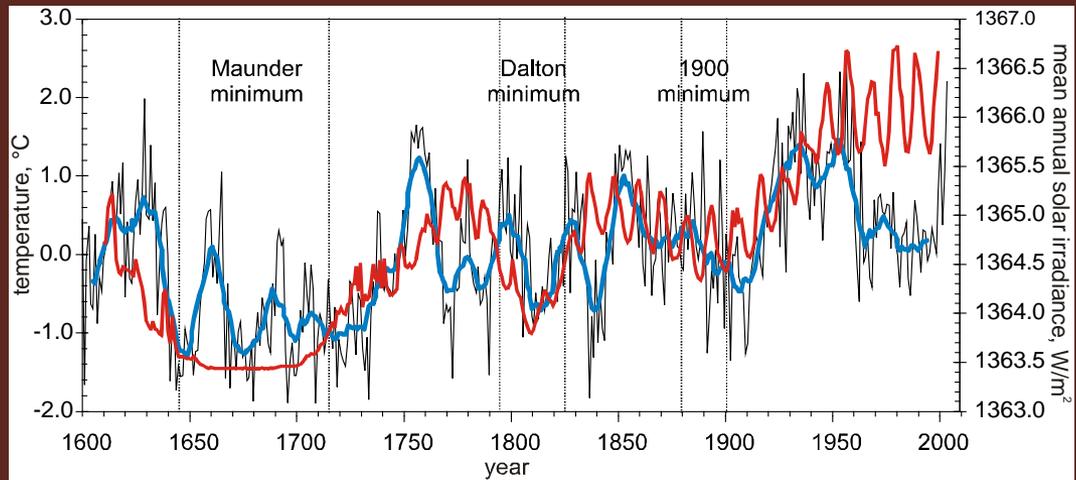
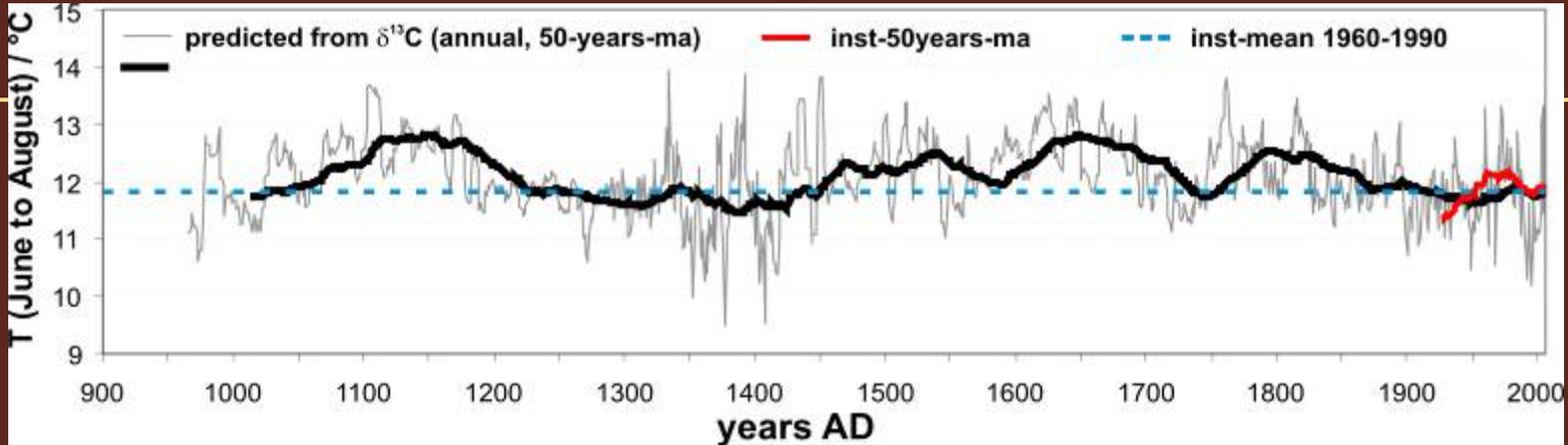




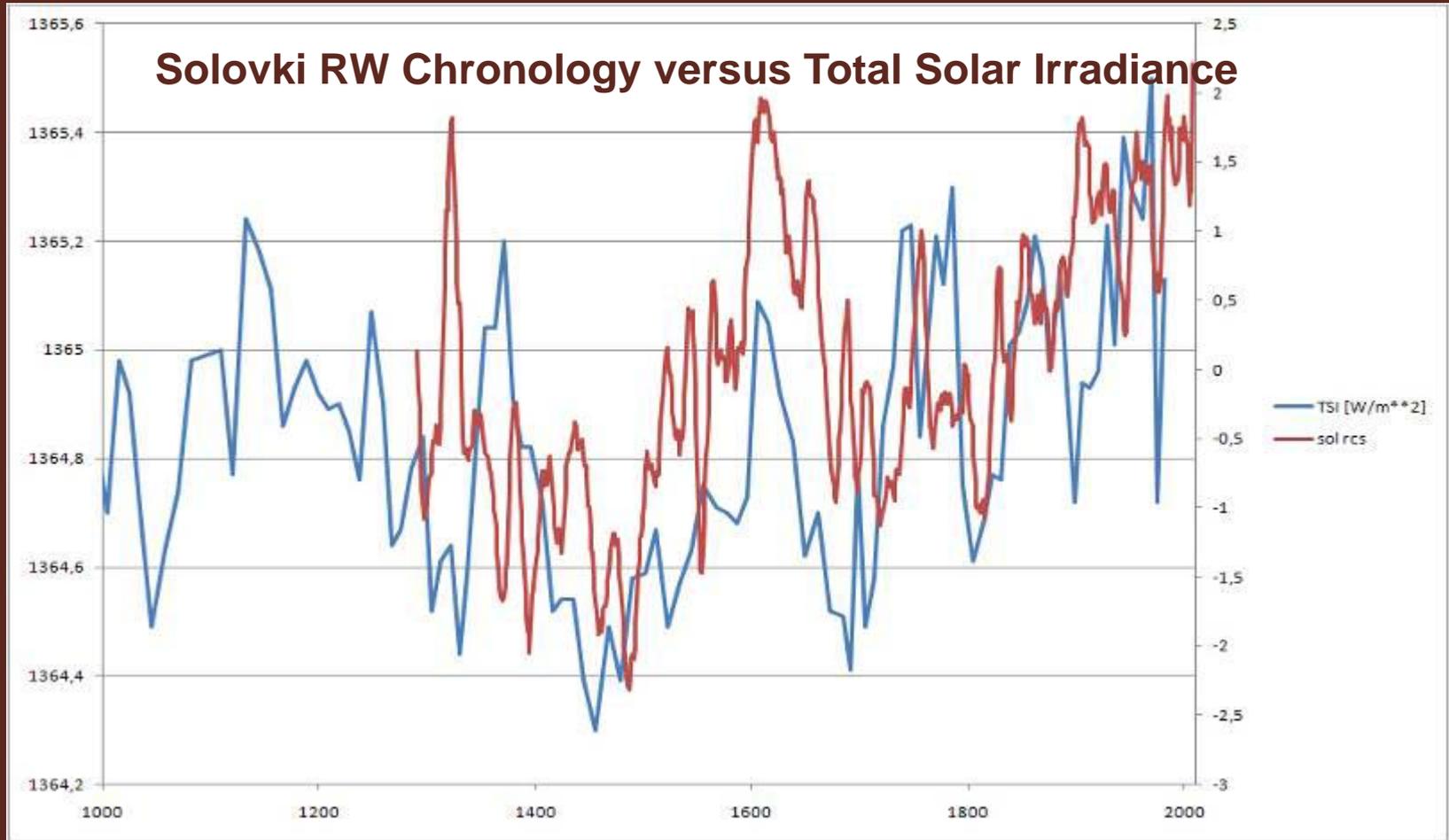
# Vologda ring width chronology and summer temperature reconstruction based on pollen and historical data

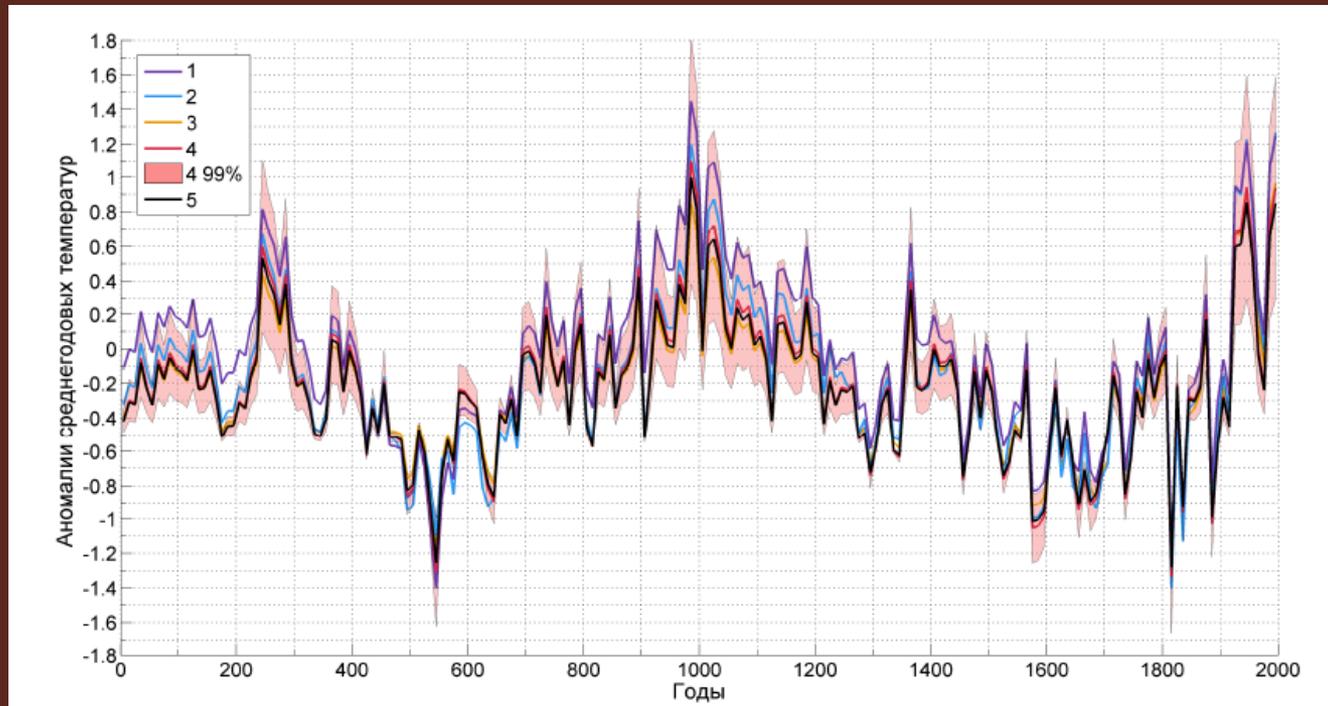
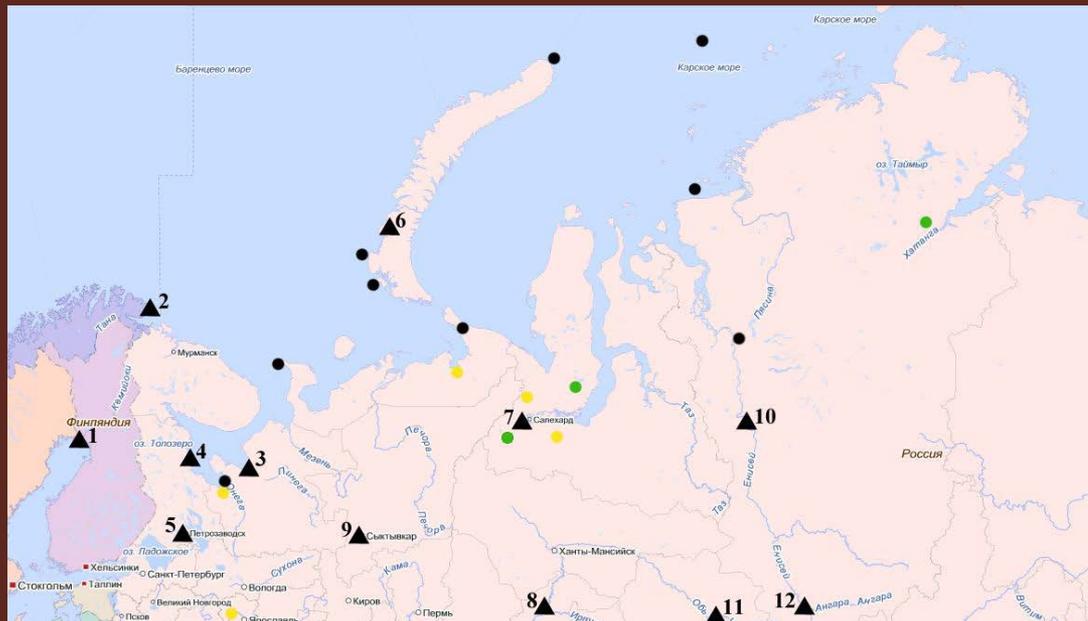


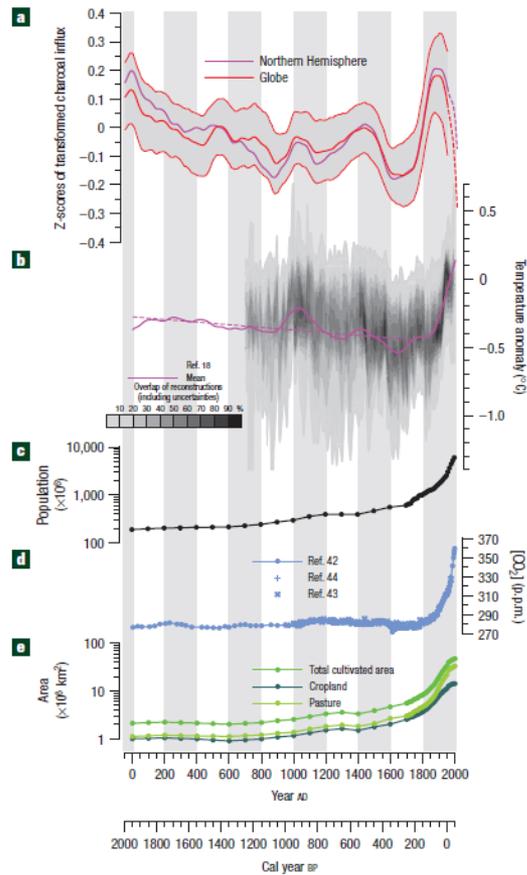
# Tree-ring reconstructios in the Khibiny Mts



# Tree-rings-Solar Correlations in Solovki



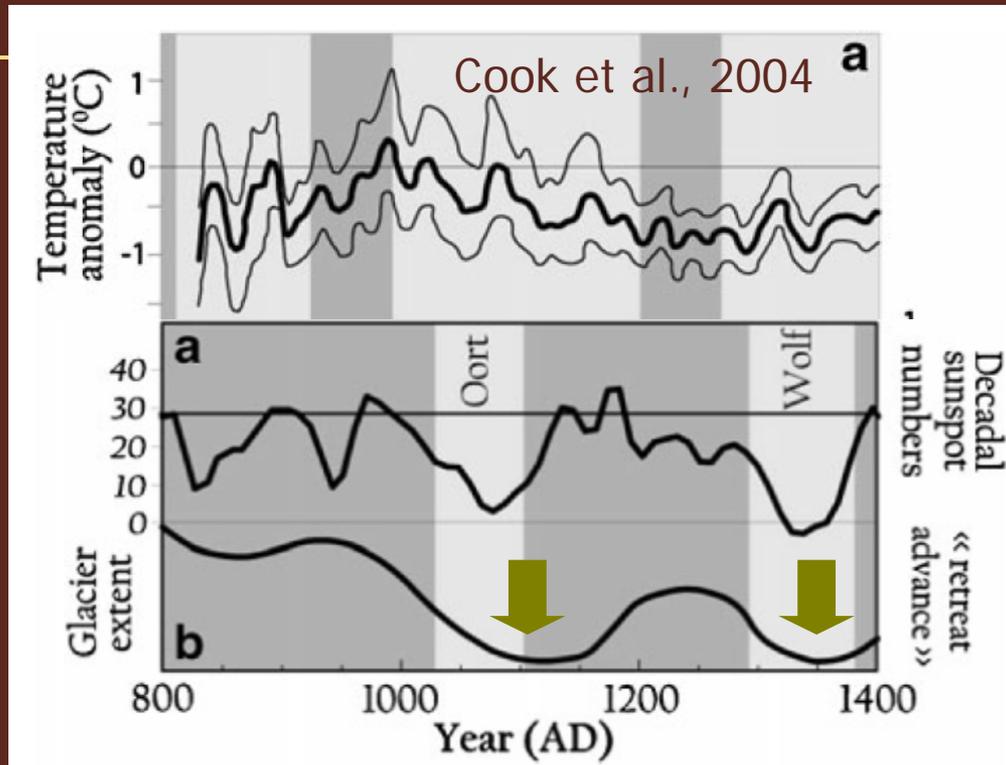




**Figure 1 Reconstructions of biomass burning, climate, population and land cover.** a, Reconstruction of global (red line) and Northern Hemisphere (purple line) biomass burning with confidence intervals based on bootstrap resampling by site. A dashed line is used to represent increased uncertainty in late twentieth century changes in biomass burning. b, Reconstructions of Northern Hemisphere climate<sup>18</sup> with mean values (purple line) of available reconstructions, trend line (dotted line) for first part of record and overlap of uncertainty ranges of ten Northern Hemisphere temperature reconstructions after AD 700 (grey shading). c, World population from the HYDE 3.0 database<sup>30</sup>. d, Atmospheric CO<sub>2</sub> concentration<sup>42-44</sup>. e, Global agricultural land cover<sup>20</sup>.

MARLON ET AL., 2008

# MCA GLACIER ADVANCE IN CANADA



Koch and Clague, 2011

Glacier advances in western Canada and Alaska during Medieval time were most likely the result of increased winter precipitation due to prolonged La Niña-like conditions that were caused by increased solar activity. We argue that changes in solar output initiate a response in the tropical Pacific that impacts the El Niño/Southern Oscillation and associated North Pacific teleconnections.