

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАН

Температура поверхности  
морей и озёр России  
ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

*Тронин Андрей Аркадьевич*

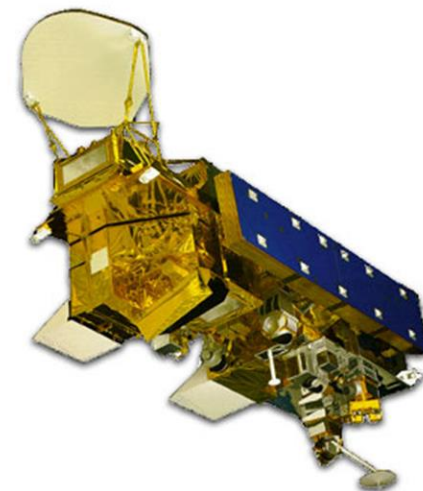
тел: 7-812-499-64-94

факс: 7-812-499-64-54

E-mail: [a.a.tronin@ecosafety-spb.ru](mailto:a.a.tronin@ecosafety-spb.ru)

<http://www.ecosafety-spb.ru>

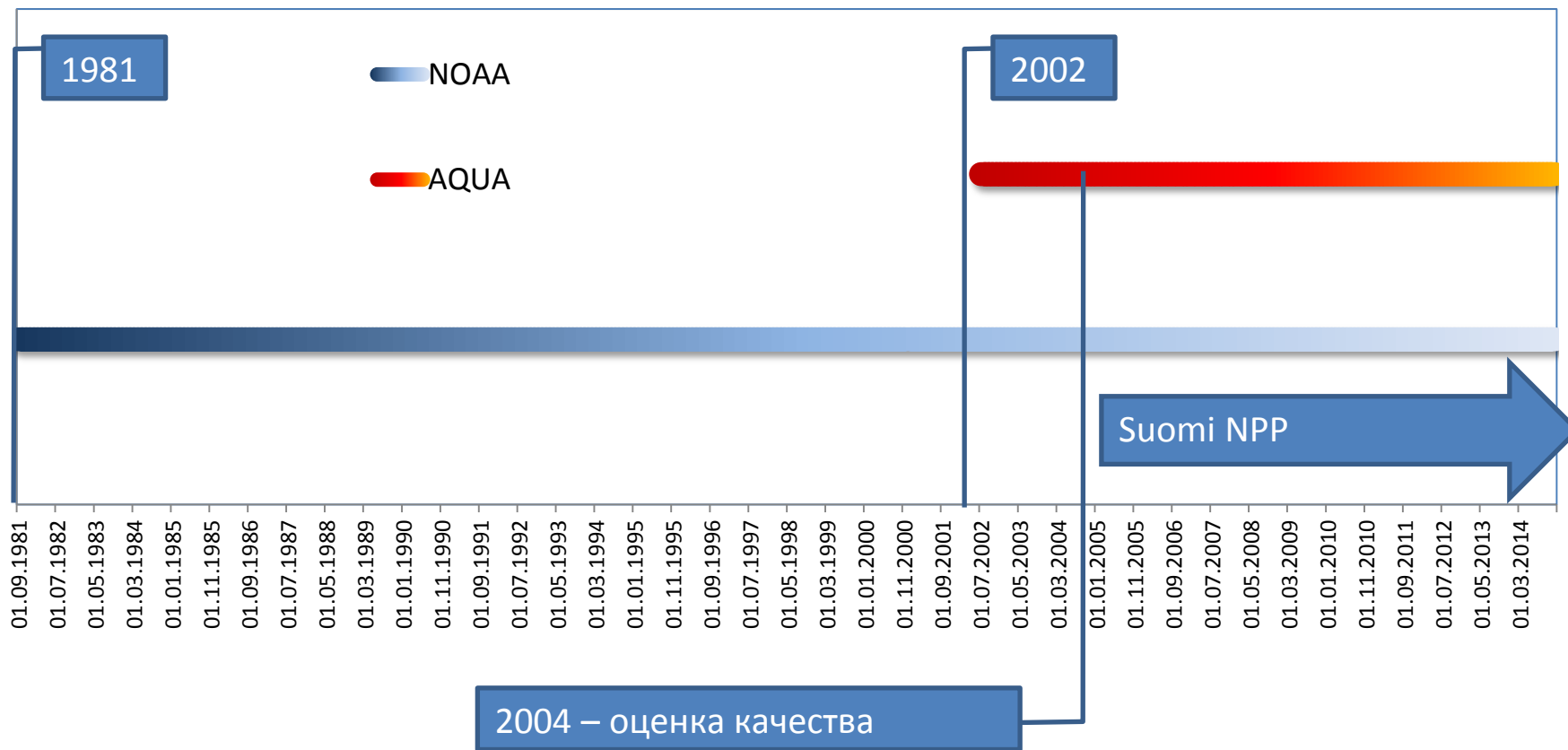
# Спутниковые системы для измерения температуры поверхности моря



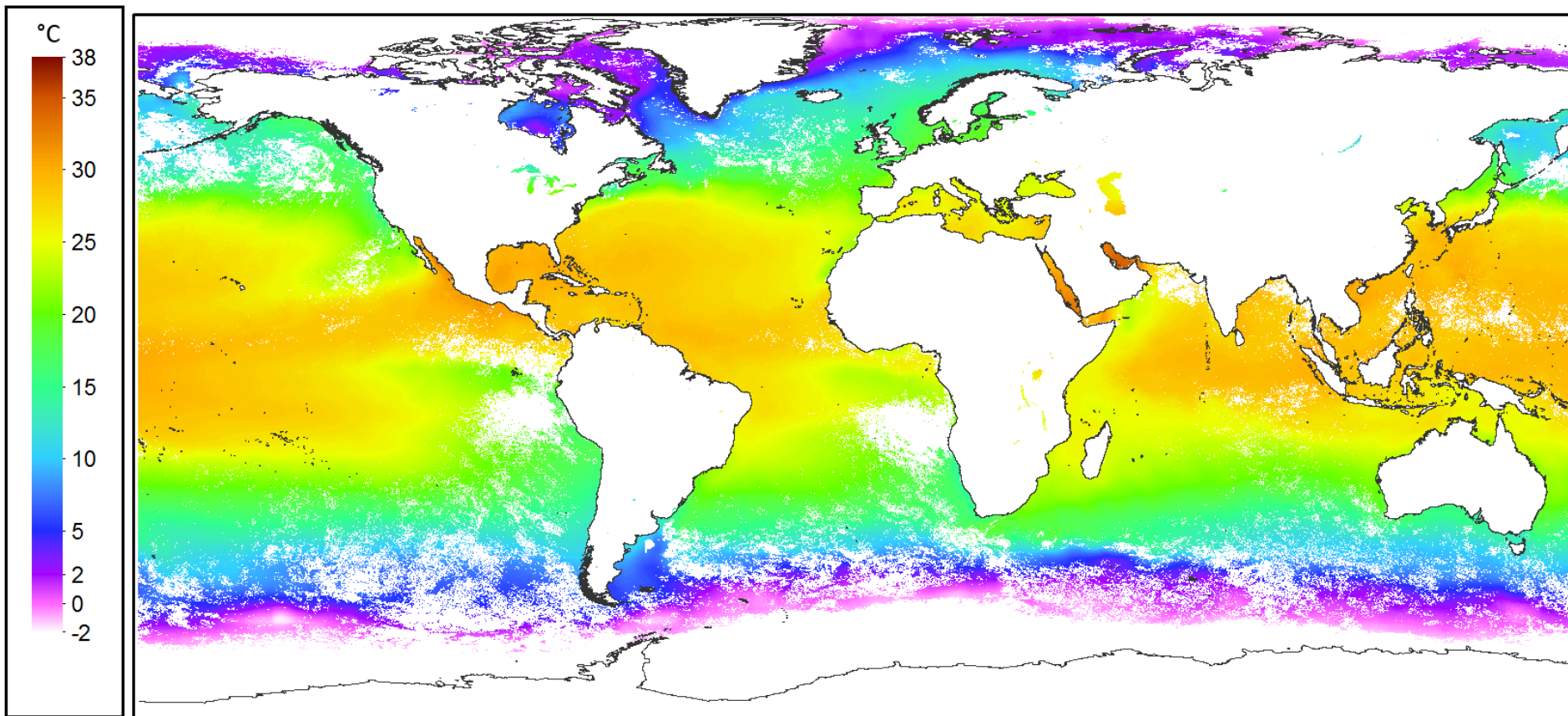
	NOAA (AVHRR)	AQUA (MODIS)
<b>Число каналов в тепловой ИК области</b>	3	16
<b>Пространственное разрешение, м</b>	1100	1000
<b>Периодичность съёмки, ч</b>	12	12
<b>Квантование, бит</b>	10	12
<b>Точность (НЕДТ), К</b>	0.12	0.05
<b>Абсолютная ошибка, К</b>	$<0.1 \pm 0.5$	$0.06 \pm 0.29$

MODIS Infrared Sea Surface Temperature Algorithm  
[http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/DOCS/atbd\\_mod25.pdf](http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/DOCS/atbd_mod25.pdf)

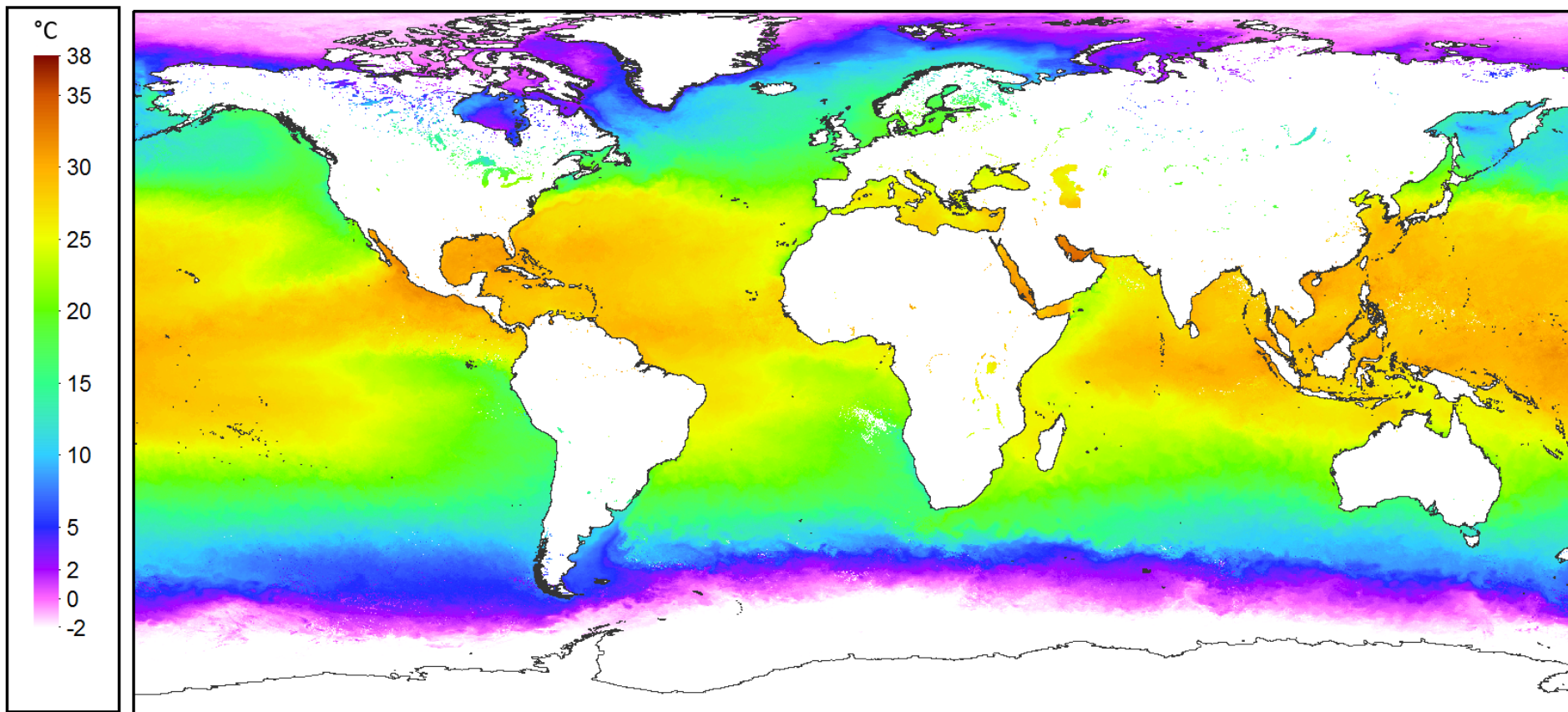
# Спутниковые данные для измерения температуры поверхности моря



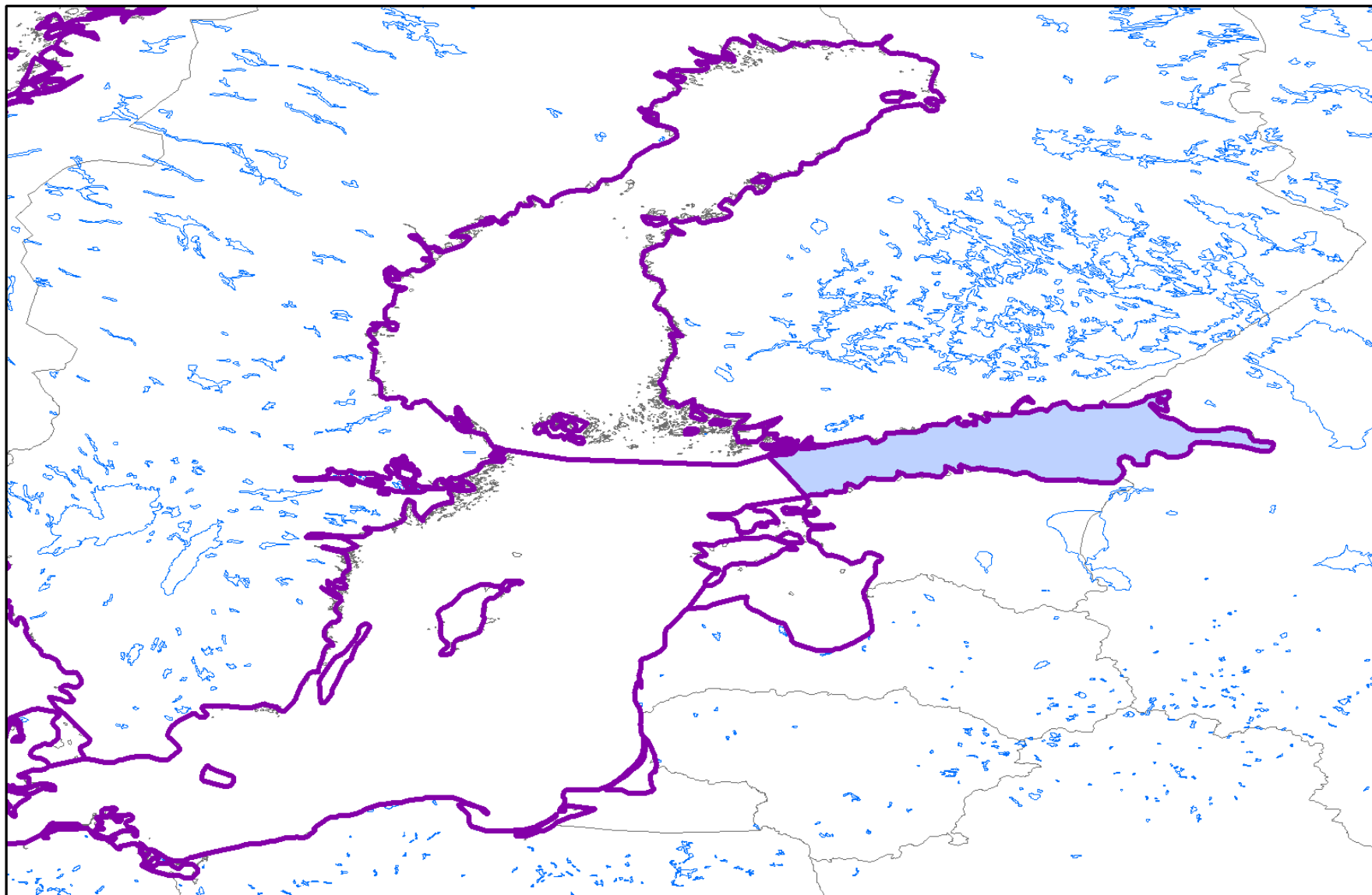
# Температура поверхности моря, NOAA, август 2004



# Температура поверхности моря, AQUA, август 2004



# Финский залив – полигон для интеркалибрации

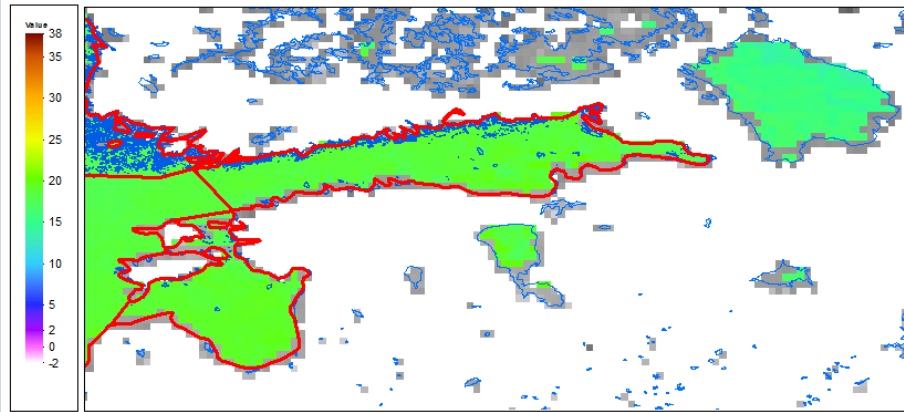


14-18 ноября 2016, Москва

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

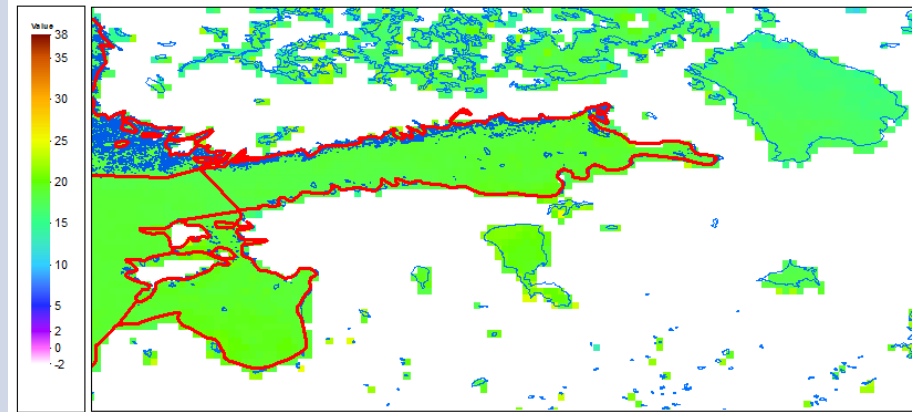
# Качество данных NOAA и AQUA, лето и зима

NOAA

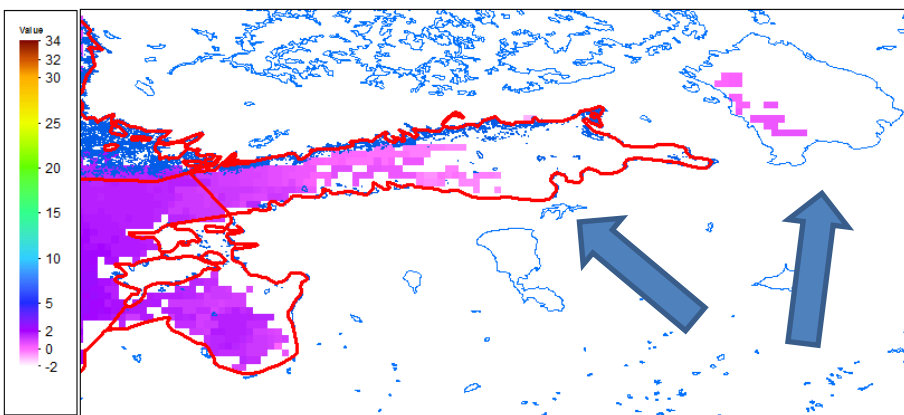


Aug 2004

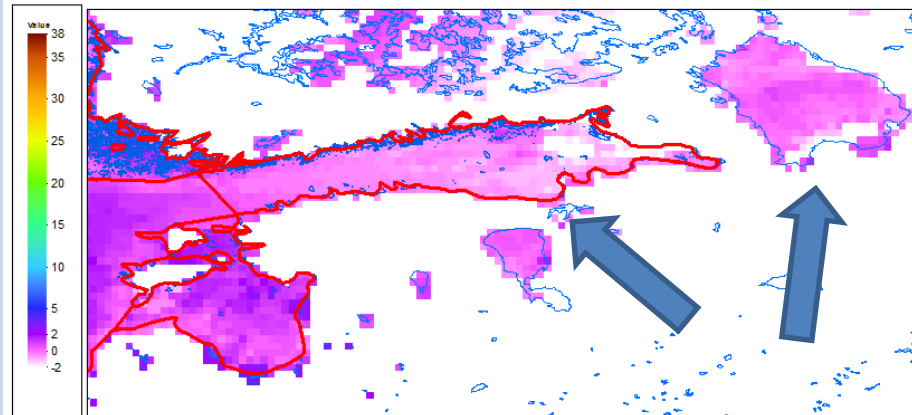
AQUA



Aug 2004



Feb 2004

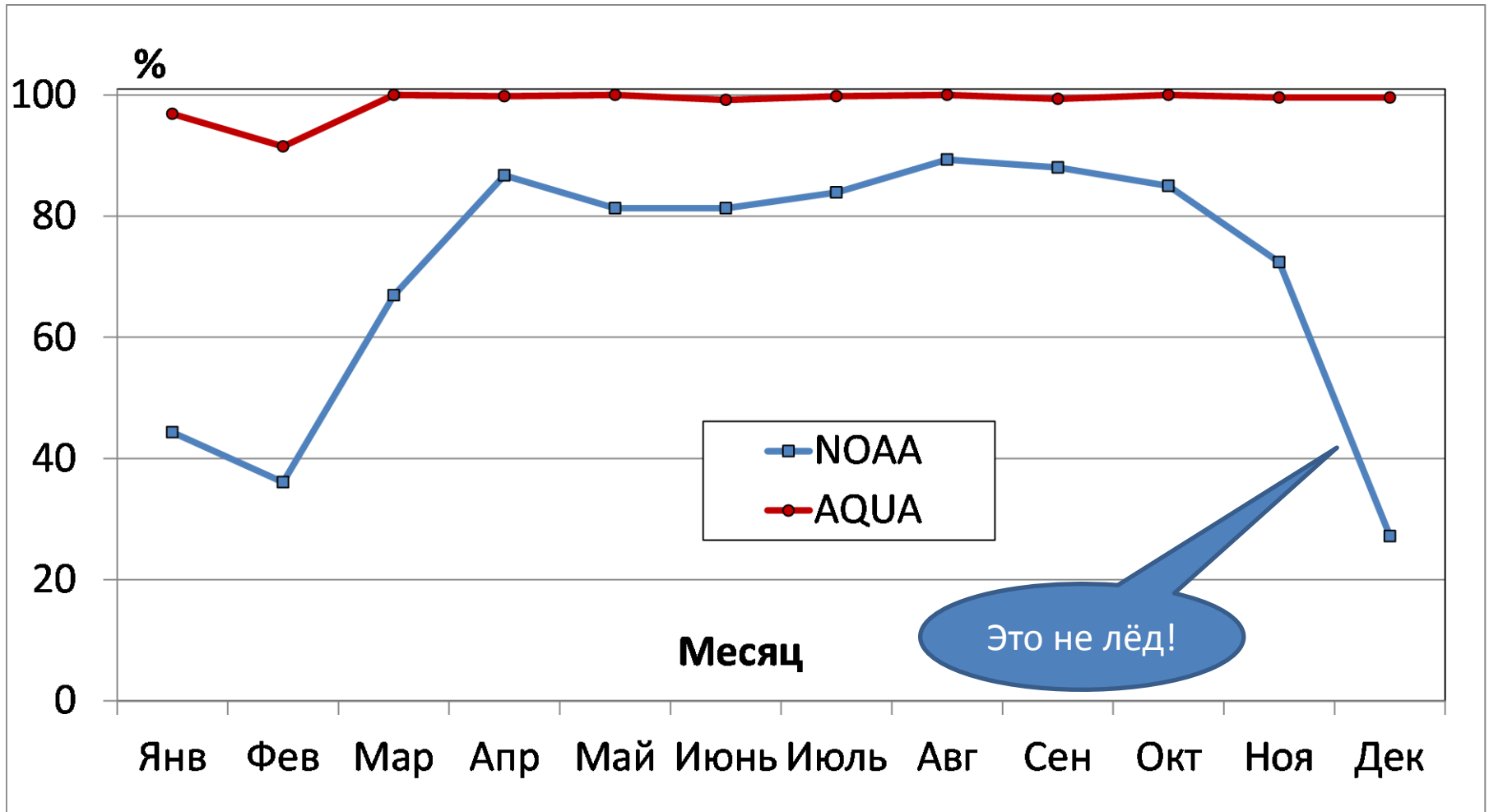


Feb 2004

## Облака, лёд, алгоритм?

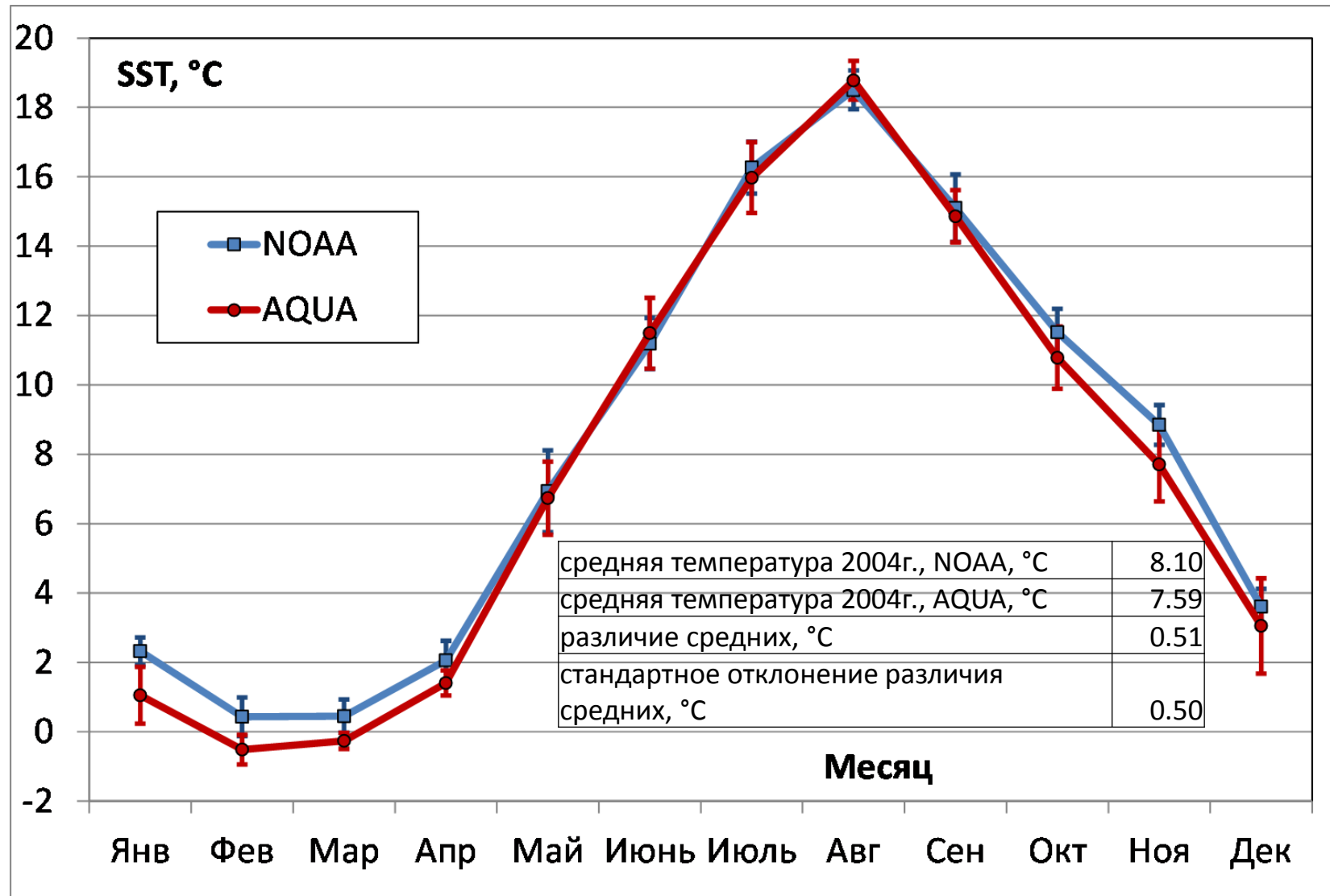
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

# Различие долей (в %) обследованной территории систем NOAA и AQUA, Финский залив, 2004



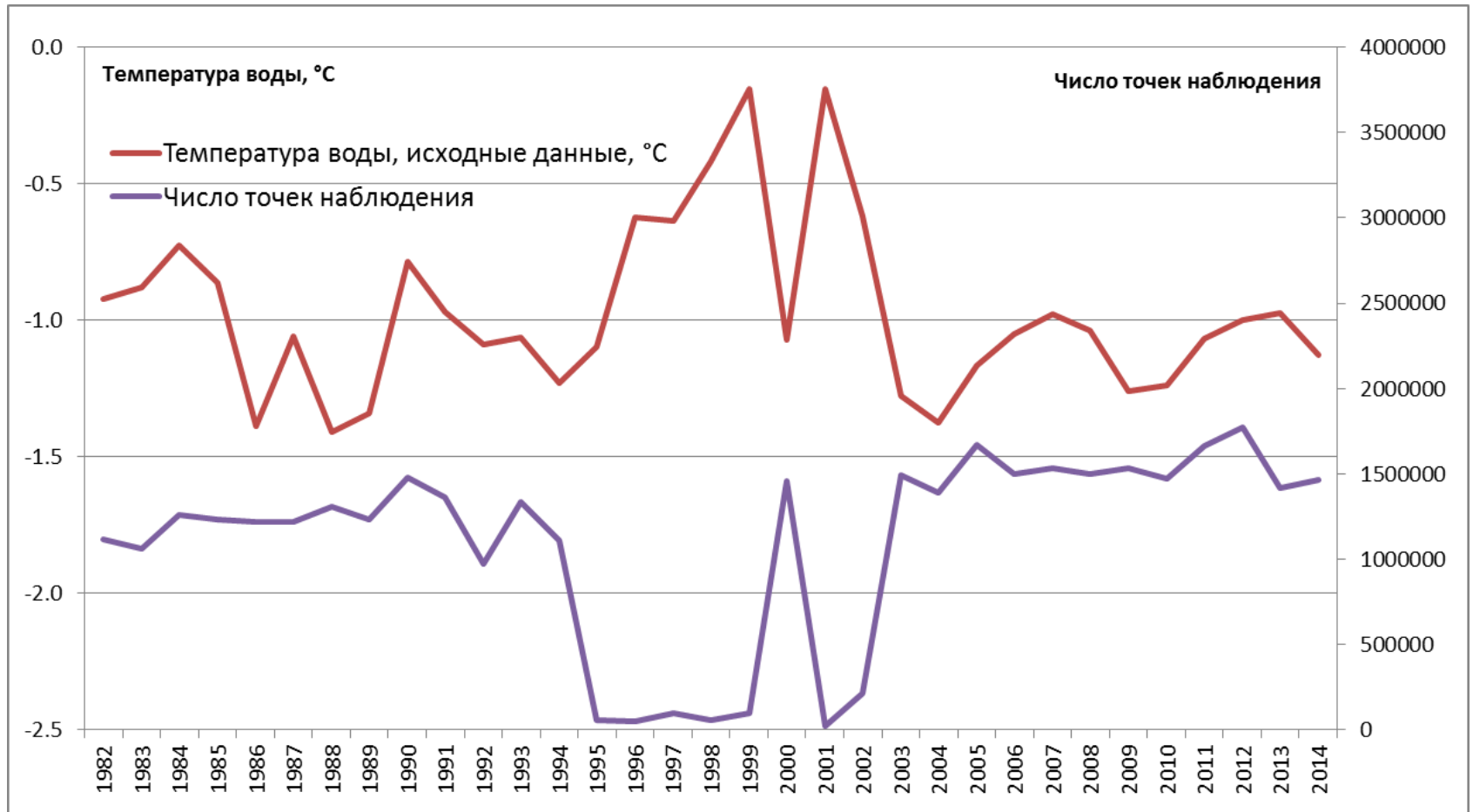


# Различие средних и стандартных отклонений температур систем NOAA и AQUA, Финский залив, 2004



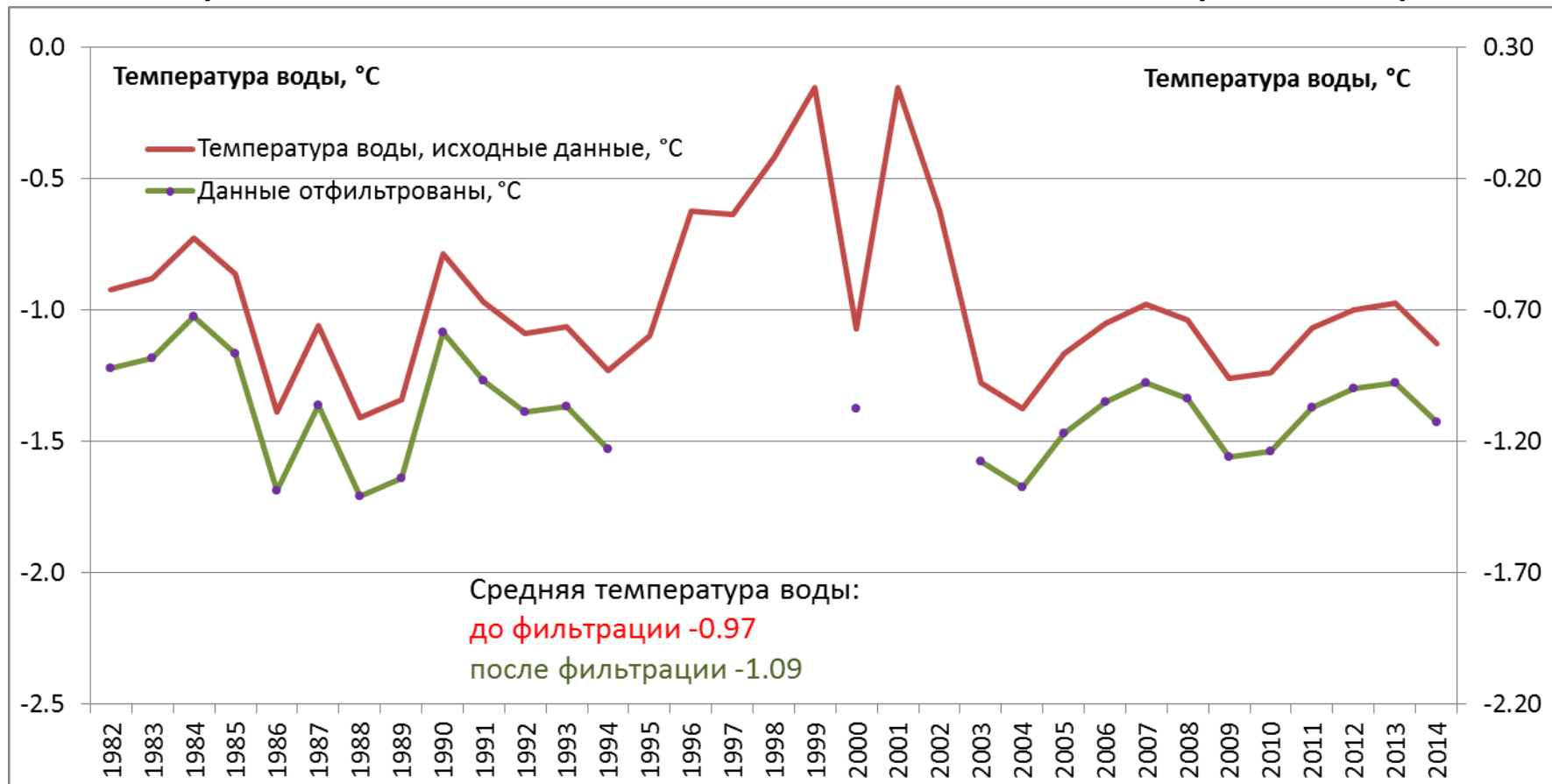
# Методика расчёта средней температуры

Средняя температура бассейна зависит от числа наблюдений  
Арктический океан

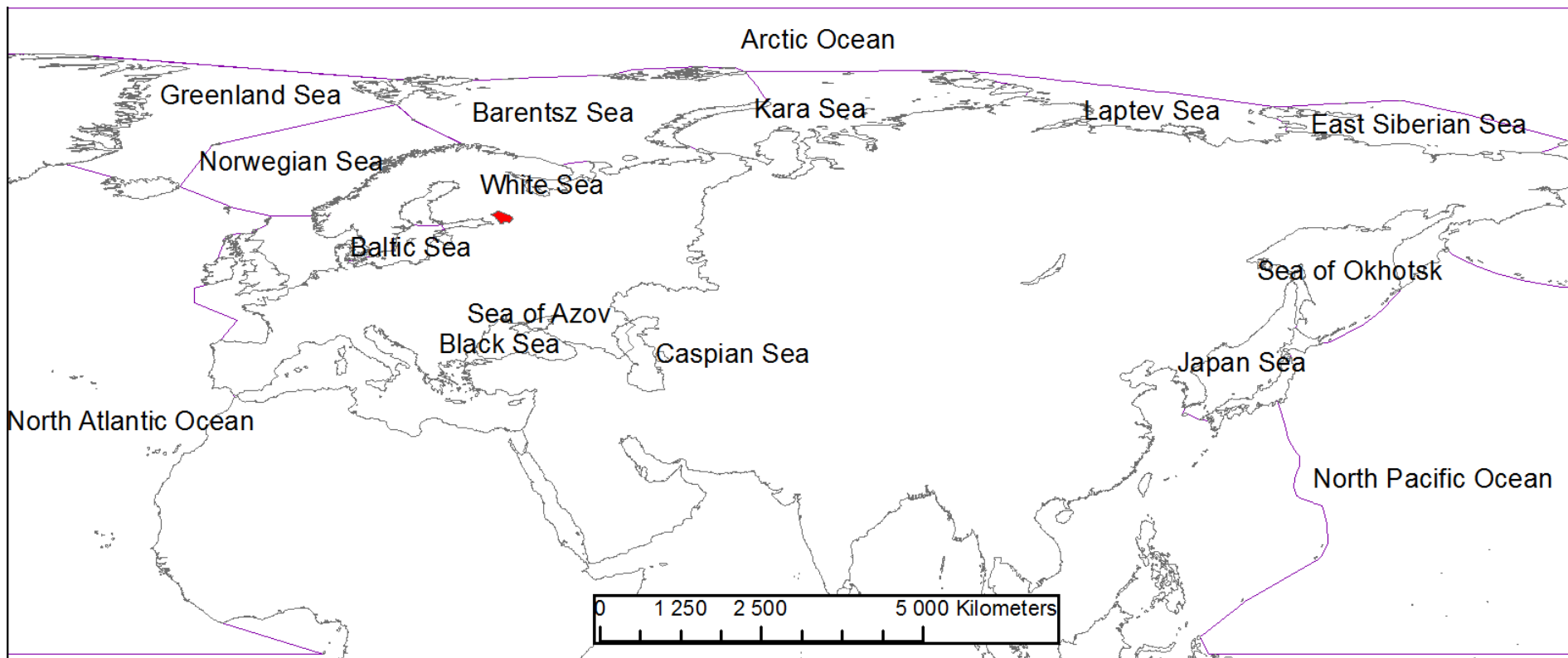


# Методика расчёта средней температуры.

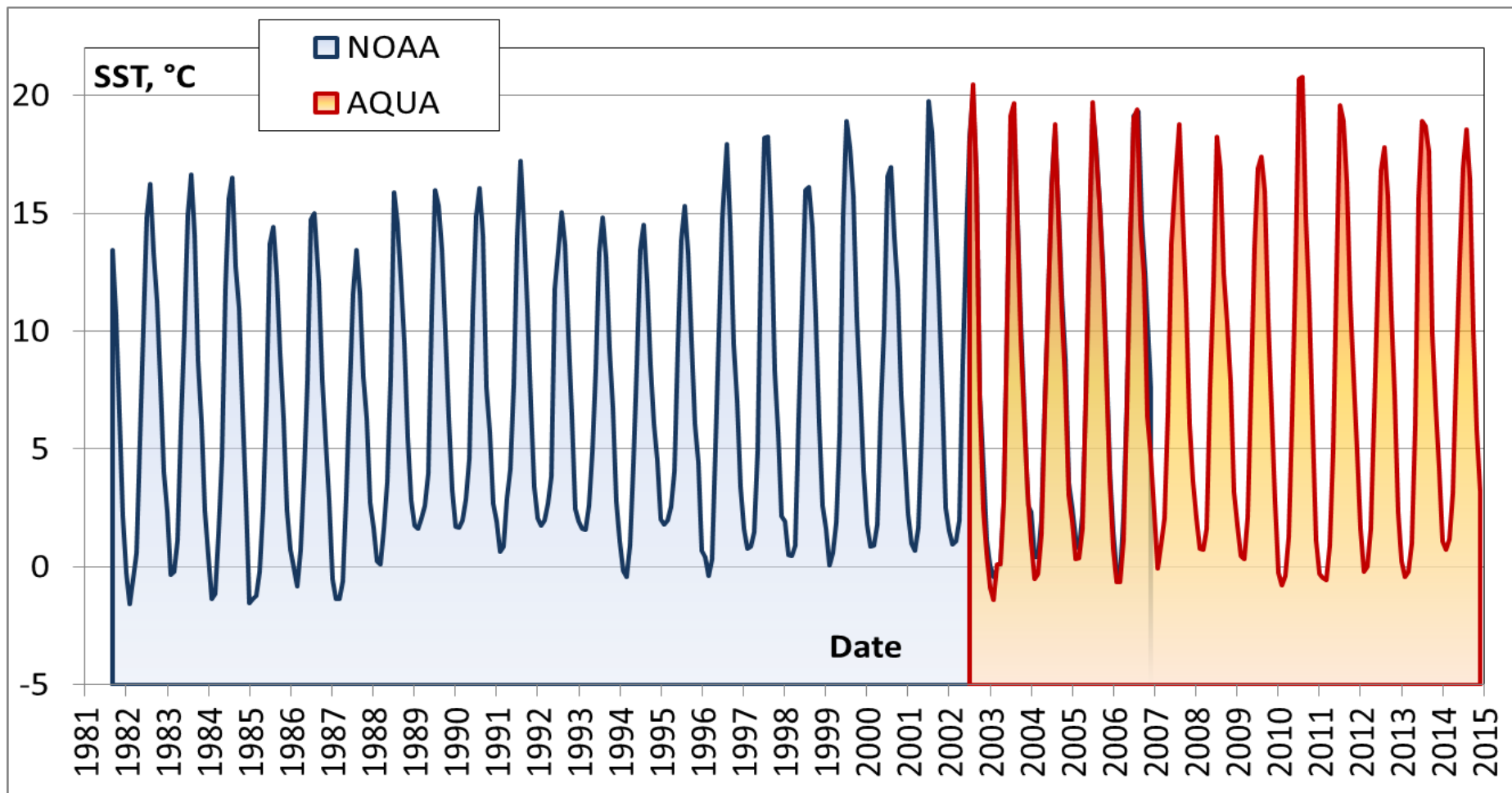
Правило 50% - если число измерений за период осреднения меньше 50% от максимально наблюдаемого числа измерений, то эти значения исключаются из рассмотрения



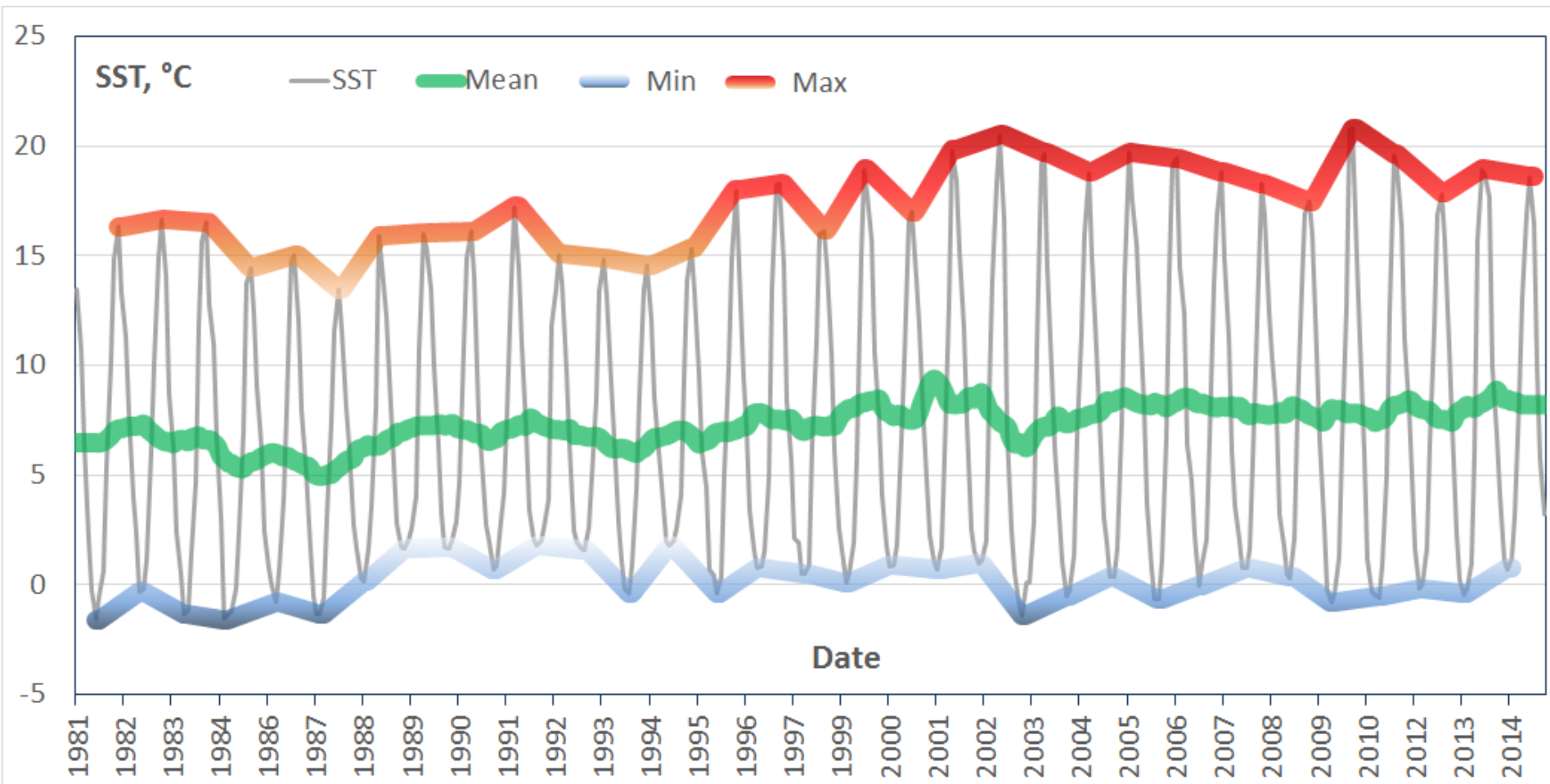
# Карта морей России



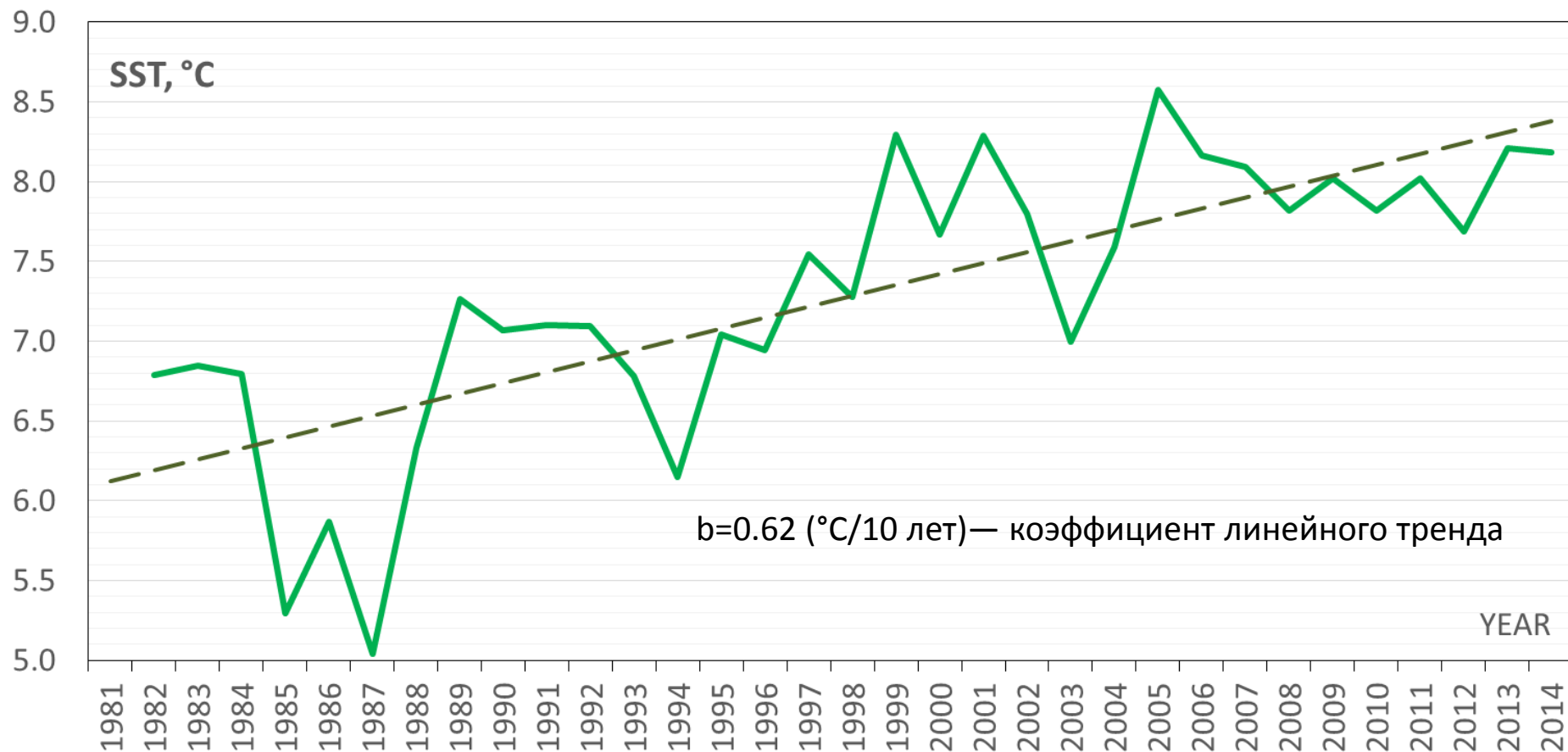
# Температура поверхности моря, Финский залив NOAA и AQUA, 1982-2014



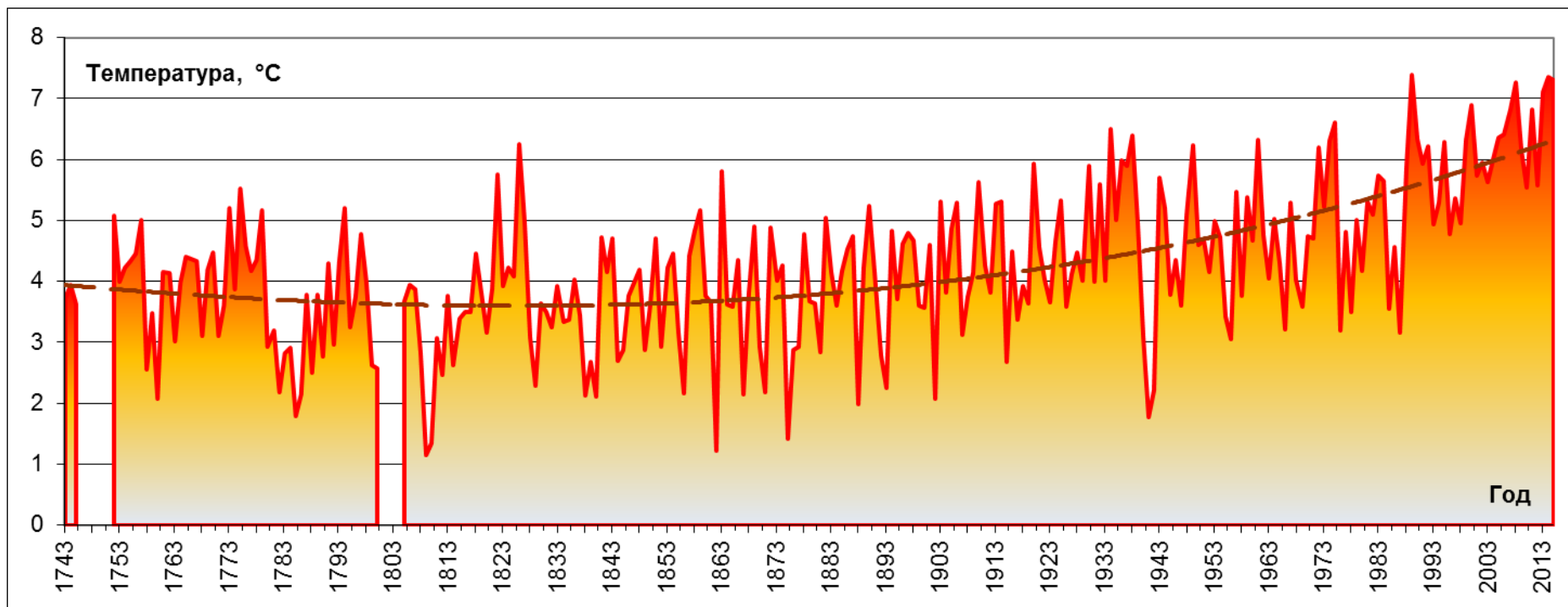
# Минимальная, средняя и максимальная температуры поверхности моря, Финский залив, NOAA и AQUA, 1981-2014



# Средняя температура поверхности моря, Финский залив, NOAA и AQUA, 1982-2014

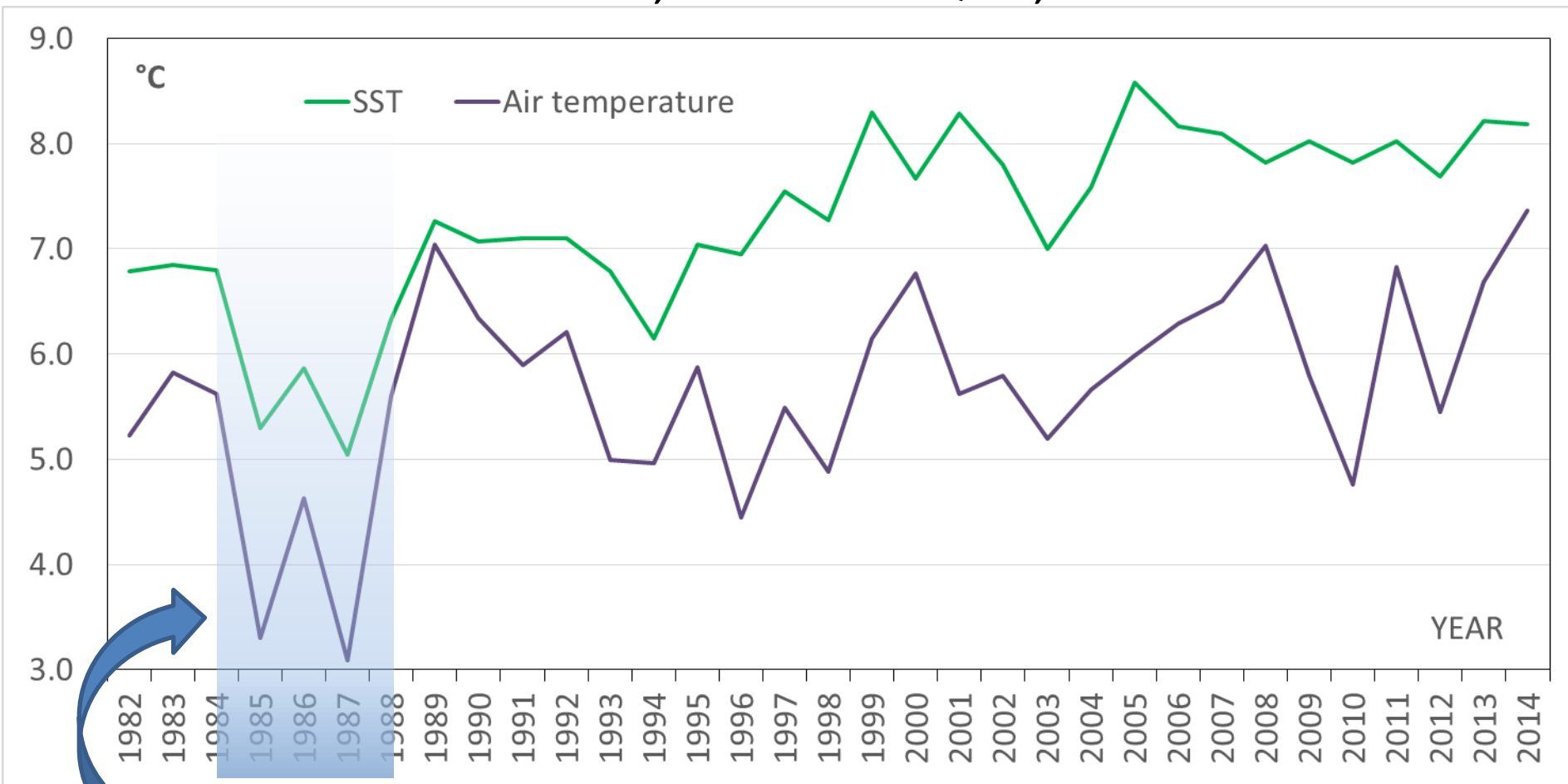


# Среднегодовые температуры воздуха, Санкт-Петербург, 1743-2015





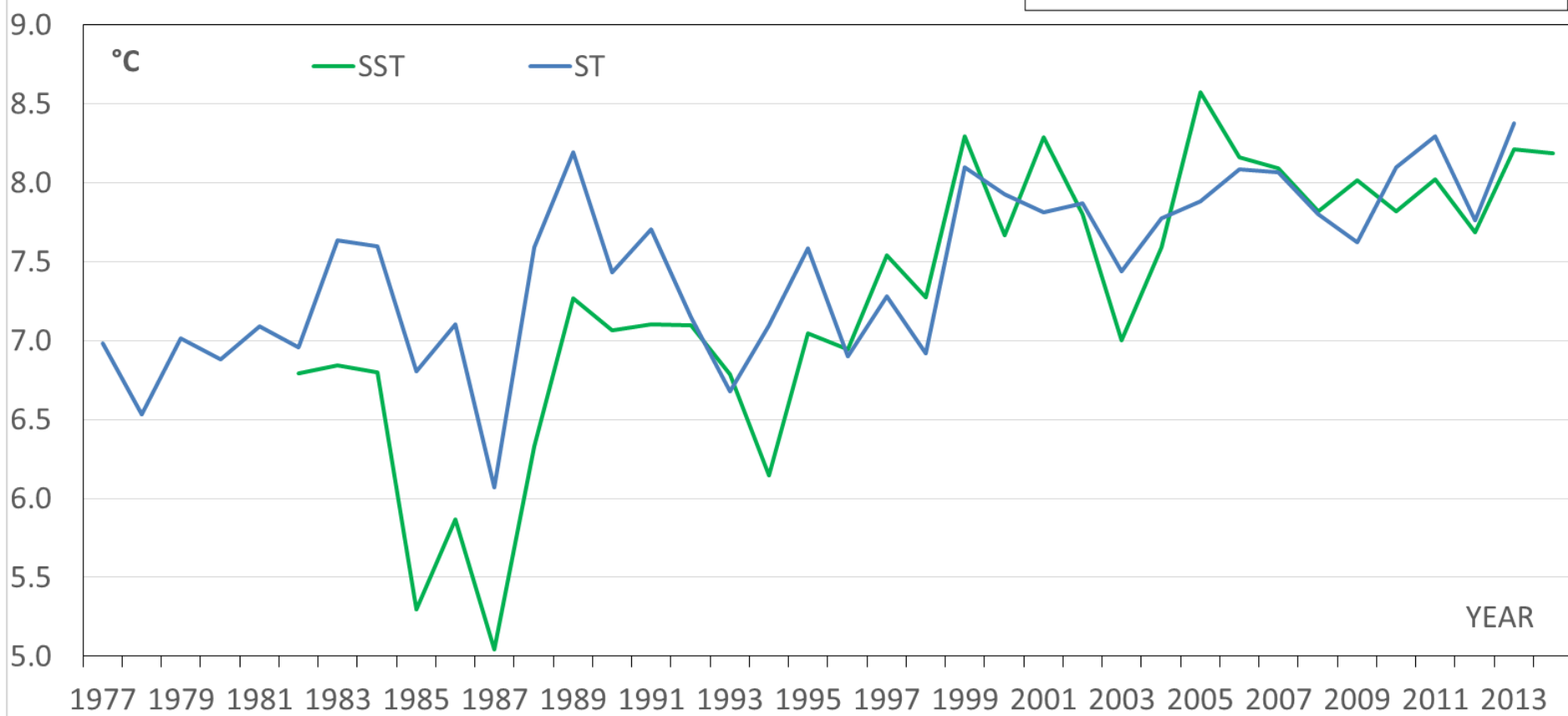
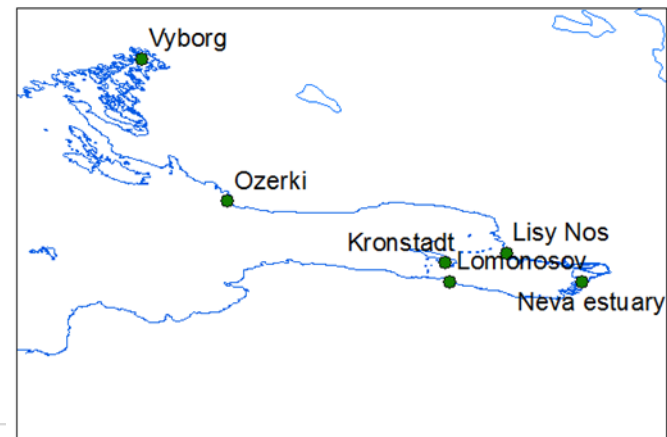
# Сравнение температуры поверхности моря и воздуха Финский залив, NOAA и AQUA, 1982-2014



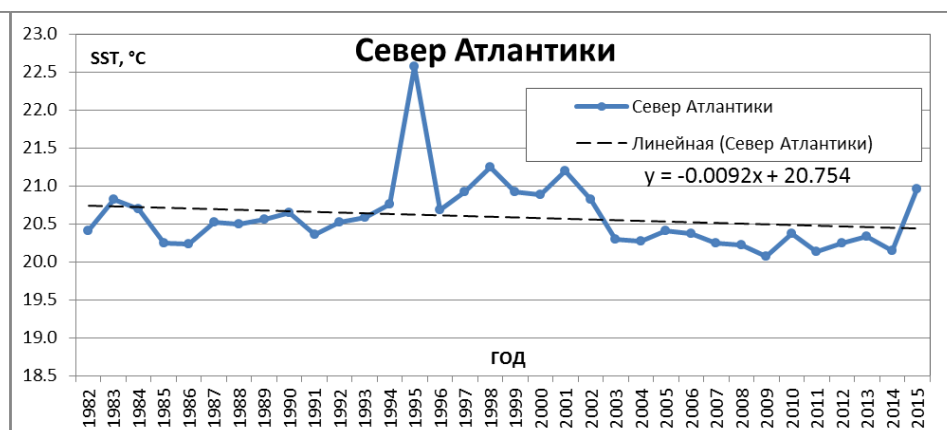
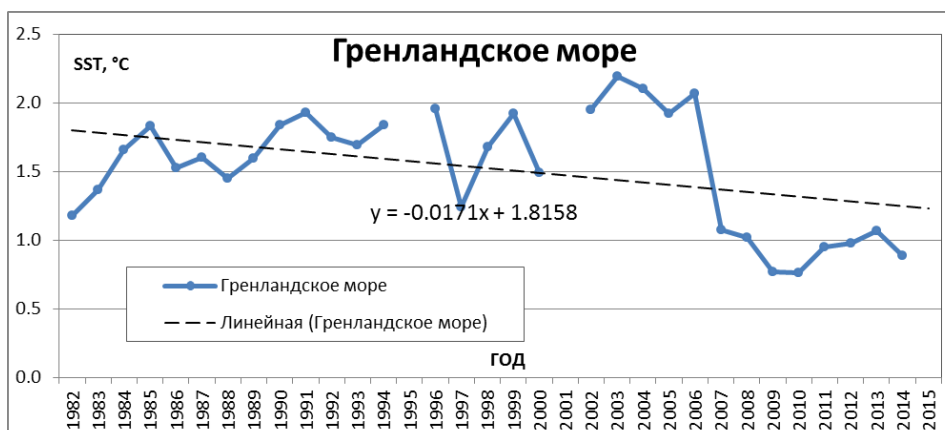
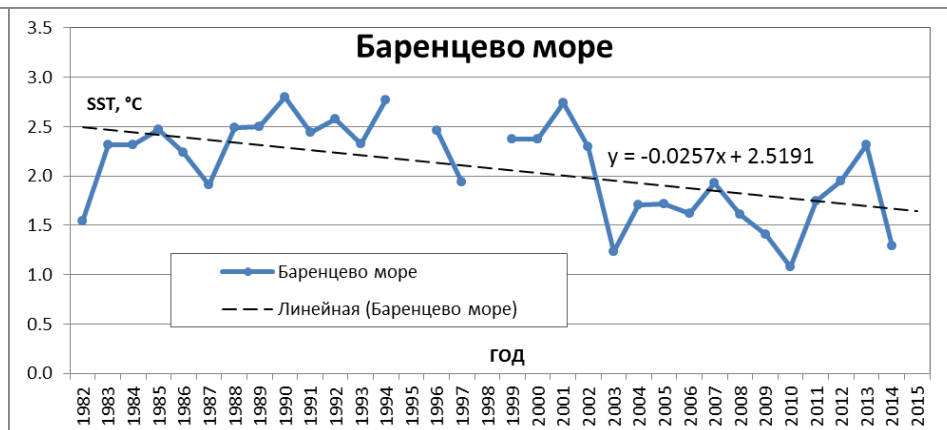
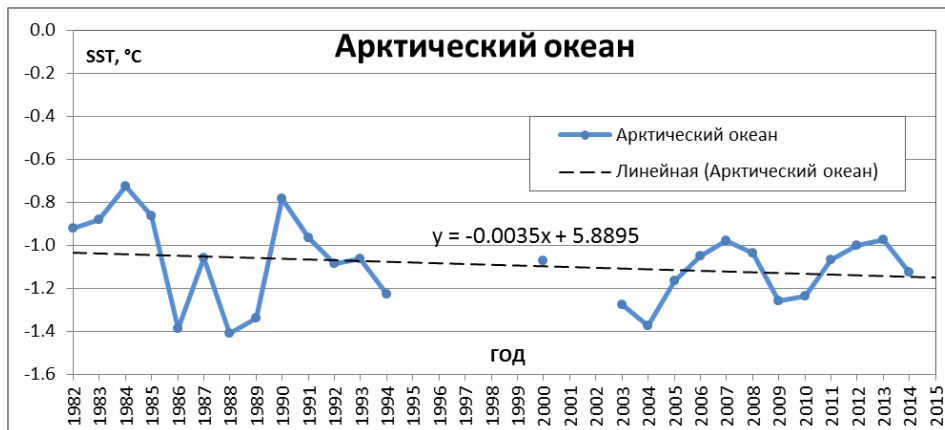
? Извержение вулкана Эль-Чичон 1982, 7 миллионов тонн диоксида серы (SO<sub>2</sub>) и 20 миллионов тонн пепла выброшено в стратосферу

Robock, A. (2013). Climate model simulations of the effects of the El Chichón eruption. *Geofísica Internacional*, 23(3)

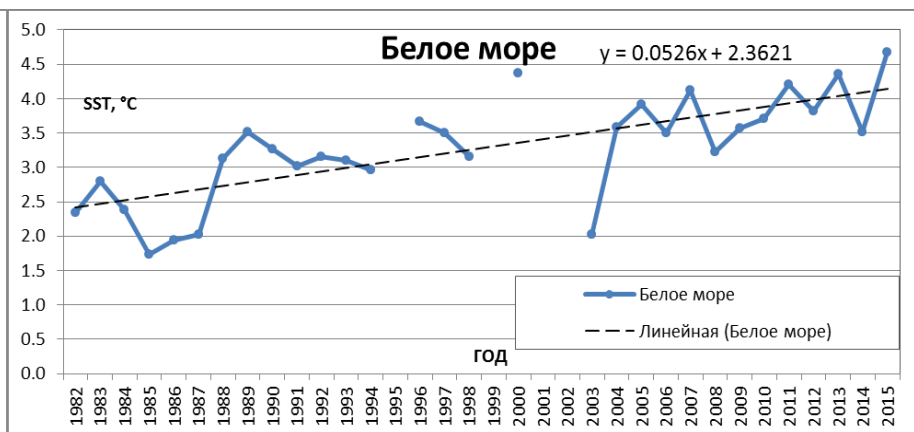
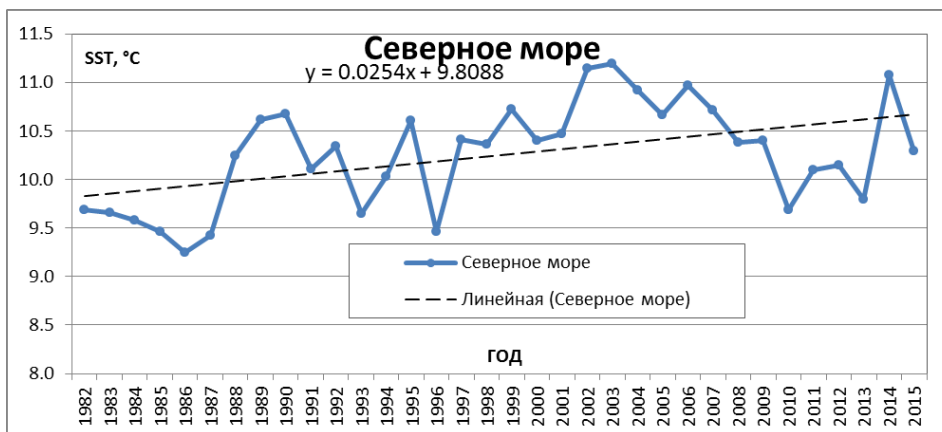
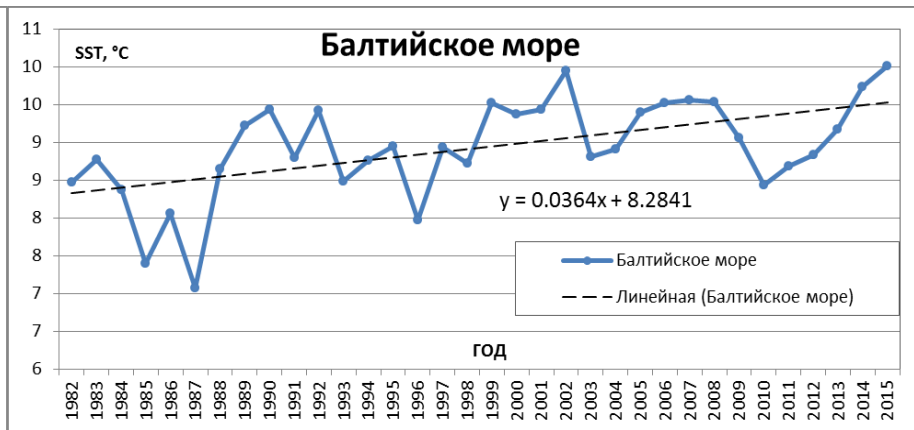
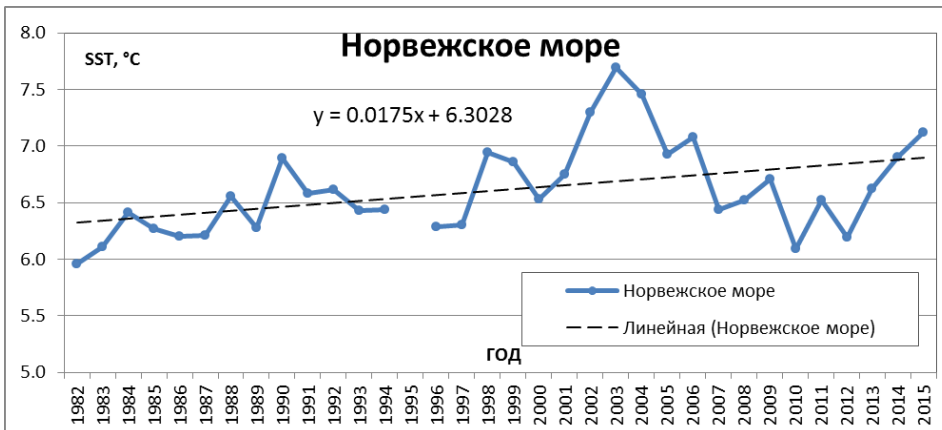
# Сравнение температуры поверхности моря и температуры воды, Финский залив, NOAA и AQUA, 1982-2014



# Среднегодовая температура поверхности моря, NOAA и AQUA, 1982-2014, негативный тренд



# Среднегодовая температура поверхности моря, NOAA и AQUA, 1982-2014, позитивный тренд

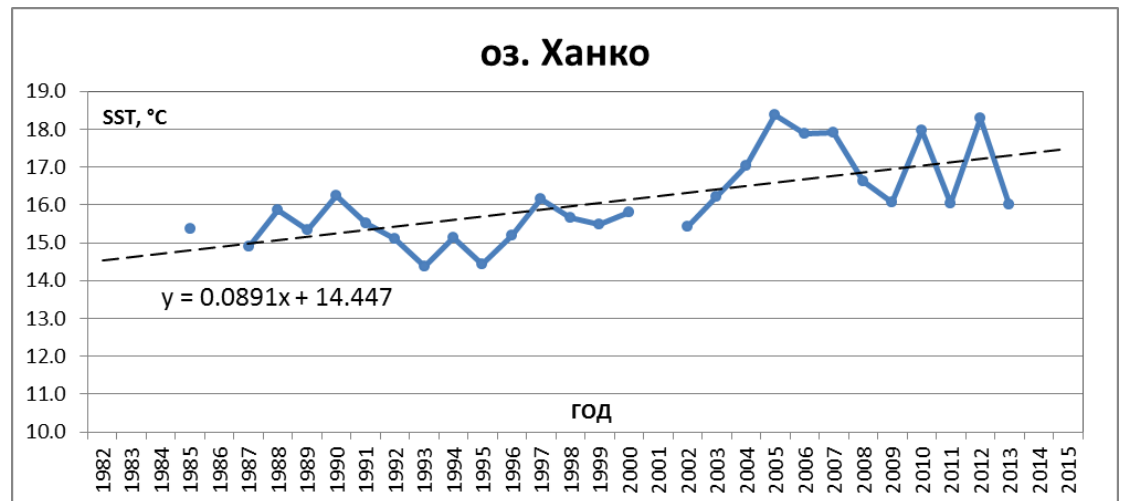
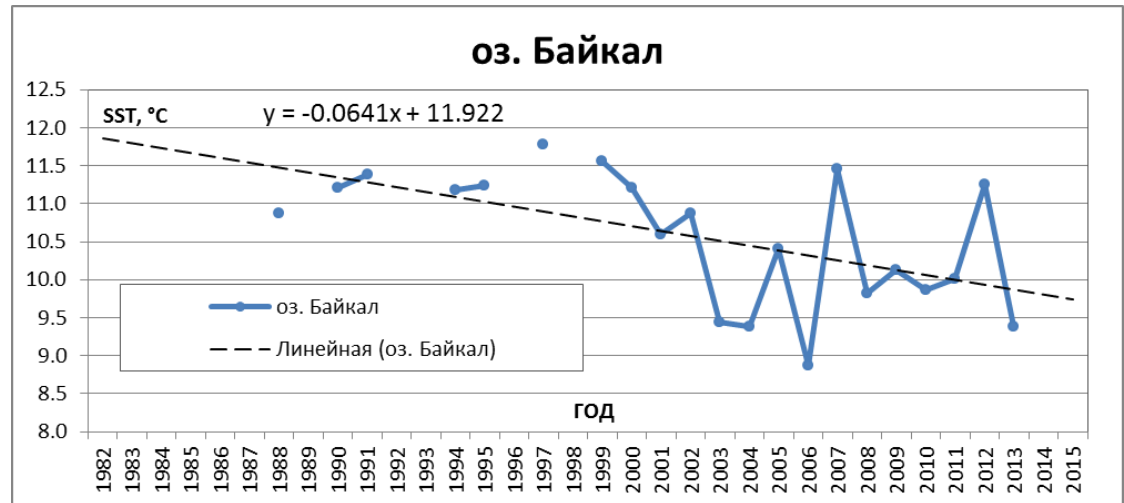


# Коэффициент линейного тренда температуры воды, NOAA и AQUA, 1982-2014

водоём	коэффициент b (°C/10 лет)			водоём	коэффициент b (°C/10 лет)		
	год	май-октябрь	ноябрь-апрель		год	май-октябрь	ноябрь-апрель
Арктический океан	-0.035	0.161	-0.69	Азовское море	-0.36	0.64	-0.986
Баренцево море	-0.257	-0.086	-0.547	Чёрное море	0.506	0.735	0.254
Гренландское море	-0.171	0.016	-0.458	Каспийское море	0.213	0.624	-0.195
Норвежское море	0.175	0.25	0.012	Японское море	0.216	0.371	0.082
Северное море	0.254	0.398	0.075	Охотское море	0.014	0.321	-0.381
Балтийское море	0.364	0.657	0.06	Берингово море	-0.009	0.186	-0.334
Финский залив	0.696	1.133	0.11	Чукотское море	0.135	0.429	-0.113
Ботнический залив	0.388	0.639	-0.012	Восточно-Сибирское море	-0.049	0.144	-0.182
Ладожское оз.	0.57	1.284	-0.421	Карское море	-0.03	0.15	
Белое море	0.526	1.112	-0.158	Море Лаптевых	-0.039	0.153	
Север Атлантики	-0.092	0.107	-0.313	Север Тихого океана	-0.145	0.032	-0.335

# Коэффициент линейного тренда температуры воды, NOAA и AQUA, 1982-2014, сентябрь-октябрь

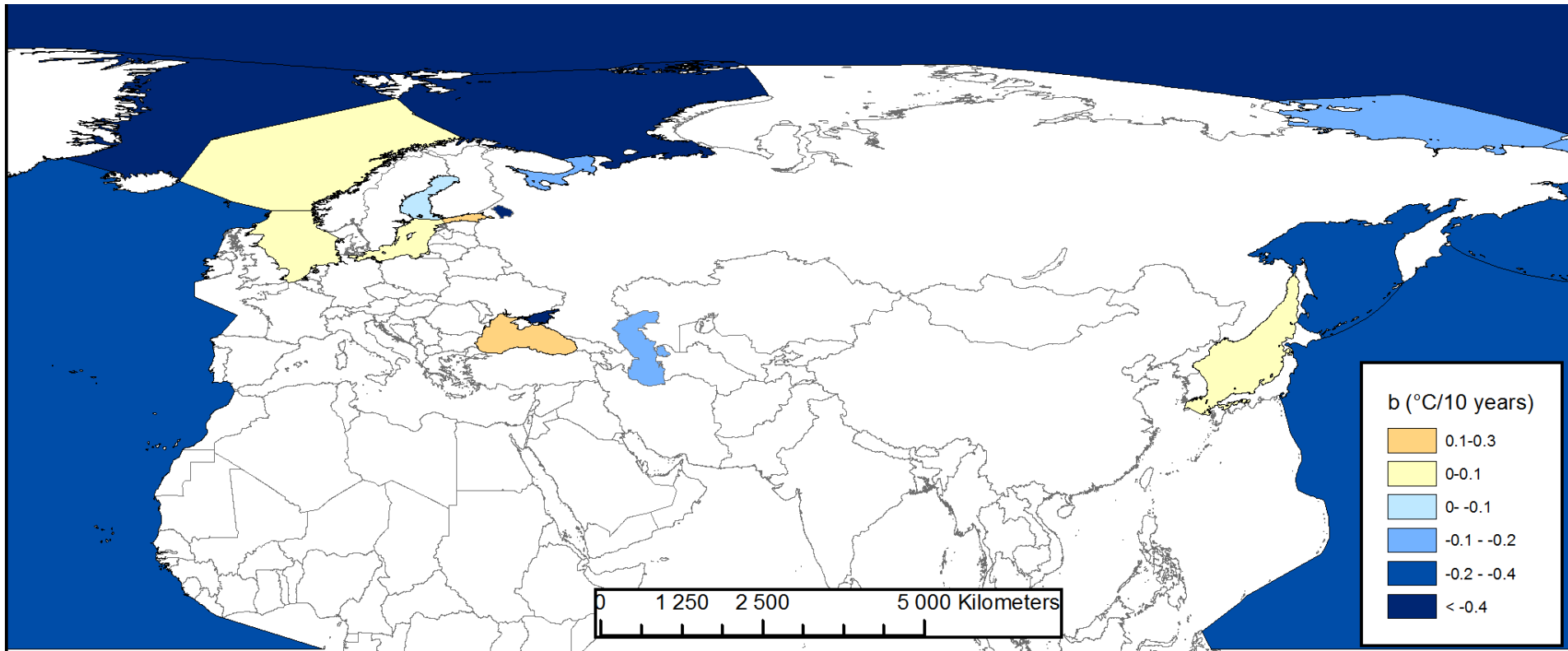
водоём	коэффициент b (°C/10 лет) сентябрь- октябрь
Финский залив	0.874
оз. Байкал	-0.641
Чудское оз.	1.143
оз. Ханко	0.891
Куйбышевское вдхр.	-0.562
Ладожское оз.	1.169
Невская губа	1.162
Онежское оз.	1.409
Рыбинское вдхр.	1.208
Цимлянское вдхр.	0.069



# Коэффициент линейного тренда температуры

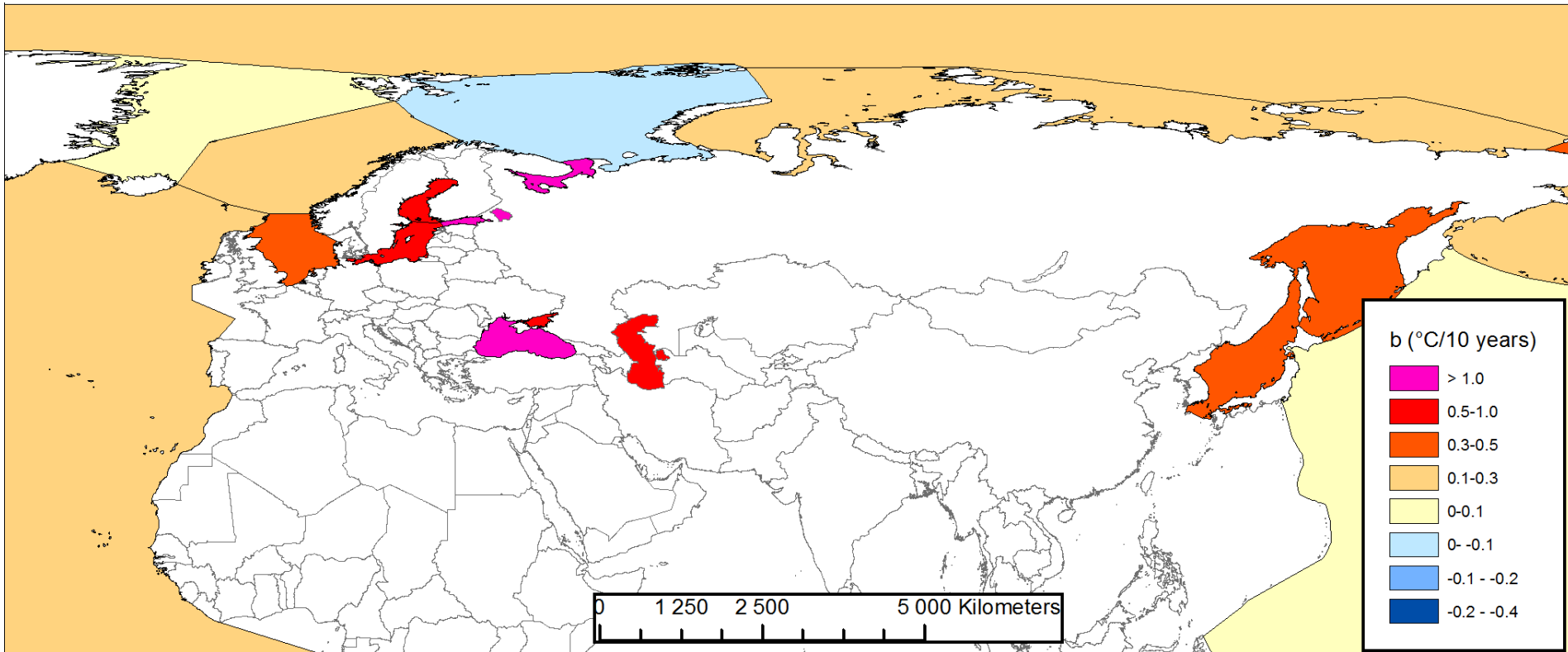
<i>Регион</i>	<i>Суша/Вода</i>	<i>Среда</i>	<i>Период времени</i>	<i>b (°C/10 лет)</i>	<i>Источник</i>
Финский залив	Вода	поверхность воды	1982-2014, summer	1.43	
Ленинградская область	Суша	поверхности земли	2002-2013, summer	-0.18	
Финский залив	Вода	поверхность воды	1982-2014	0.70	
Финский залив	Суша	воздух	1982-2014	0.41	
Балтийское море	Вода	поверхность воды	1982–2014	0.36	
Северо-Запад РФ	Суша	воздух	1976-2012	0.51	Гидромет, 2014
Россия	Суша	воздух	1976-2012	0.43	Гидромет, 2014
Сев. полушарие	Суша	воздух	1976-2012	0.33	CRUTEM
Сев. полушарие	Суша&Вода	воздух	1976-2012	0.23	HadCRUT
Земля	Суша&Вода	воздух	1976-2012	0.17	HadCRUT

# Коэффициент линейного многолетнего тренда средней температуры поверхности моря в «холодный» период (ноябрь - апрель), NOAA и AQUA, 1982-2014

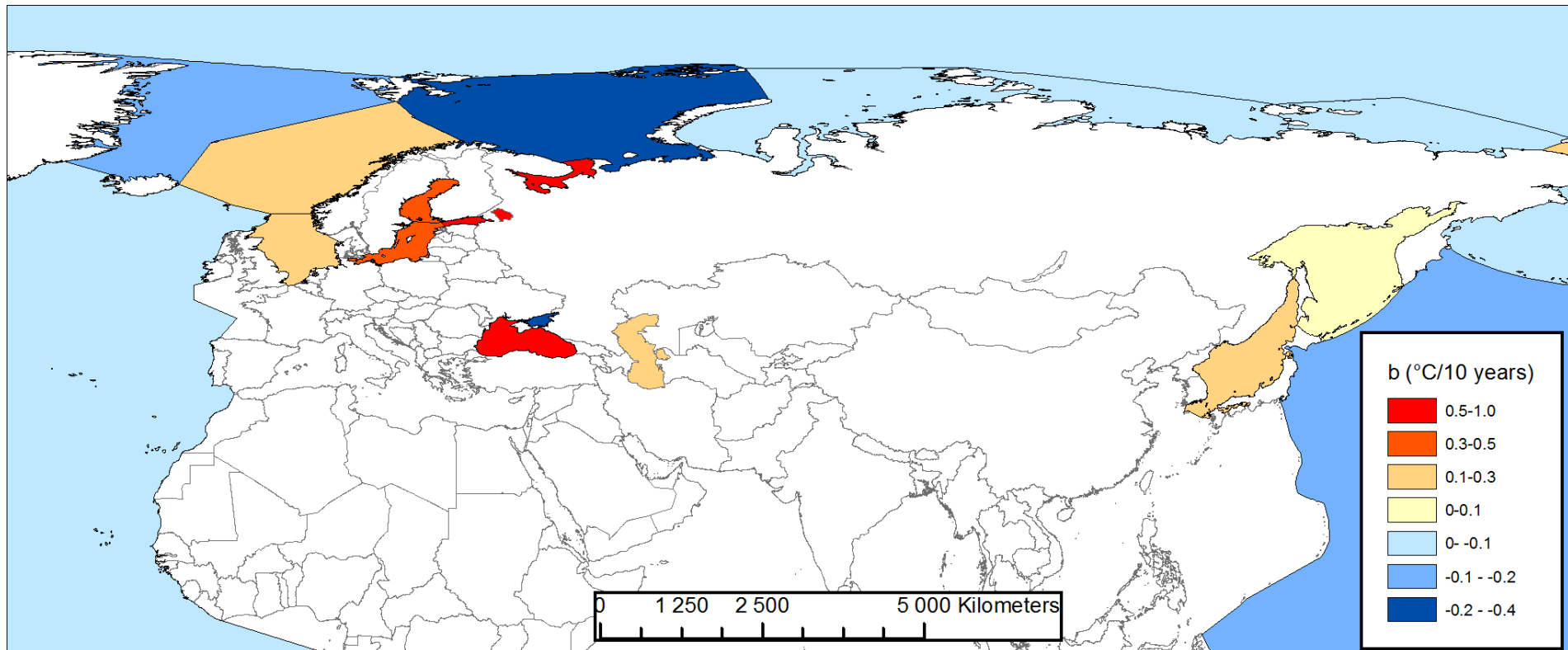




# Коэффициент линейного многолетнего тренда средней температуры поверхности моря в «тёплый» период (май - октябрь), NOAA и AQUA, 1982-2014



# Коэффициент линейного многолетнего тренда среднегодовой температуры поверхности моря, NOAA и AQUA, 1982-2014



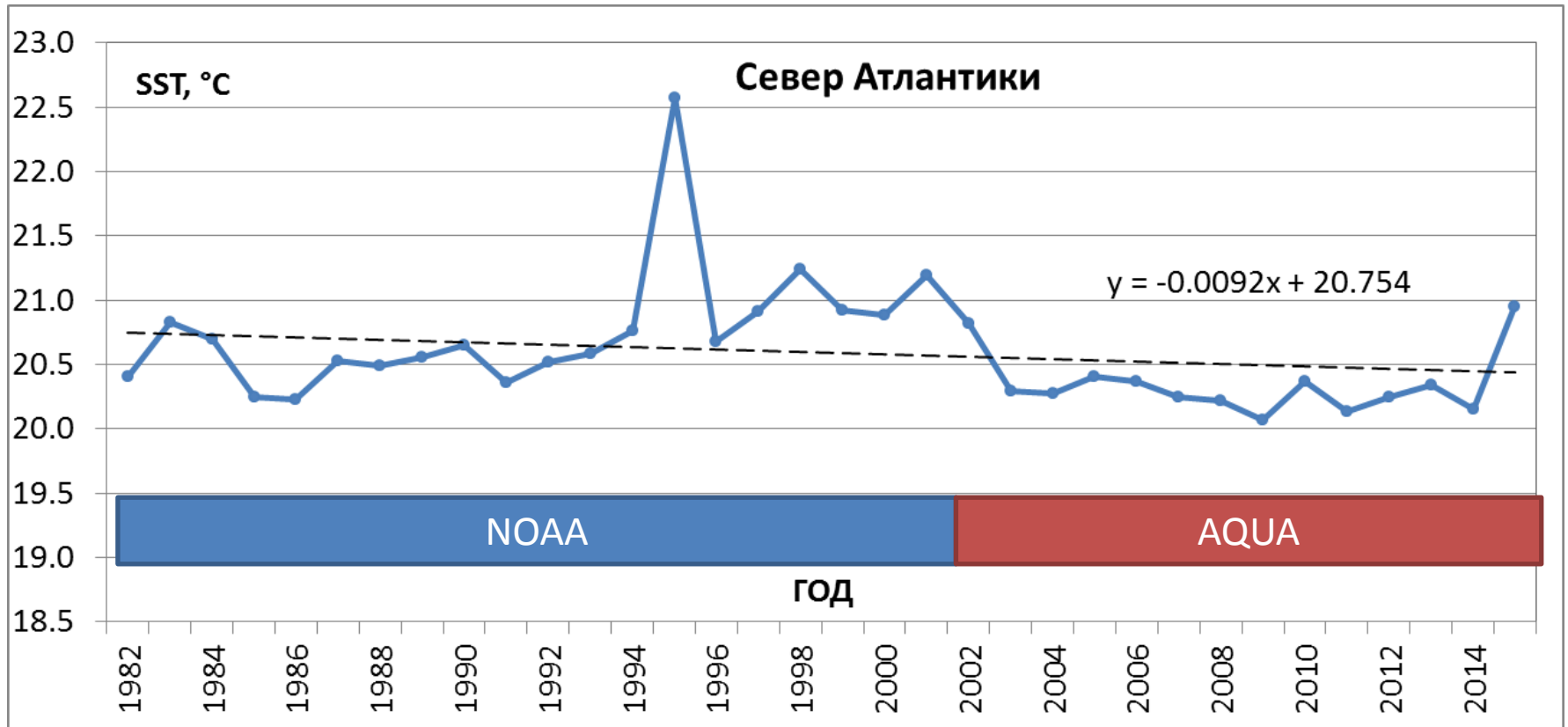
# Выводы

- Среднегодовая температура «открытых» морей России падает, а «внутренних» растёт.
- Скорость нагрева «внутренних» морей хорошо совпадает со скоростью нагрева атмосферного воздуха в прилегающих регионах.

# вопросы

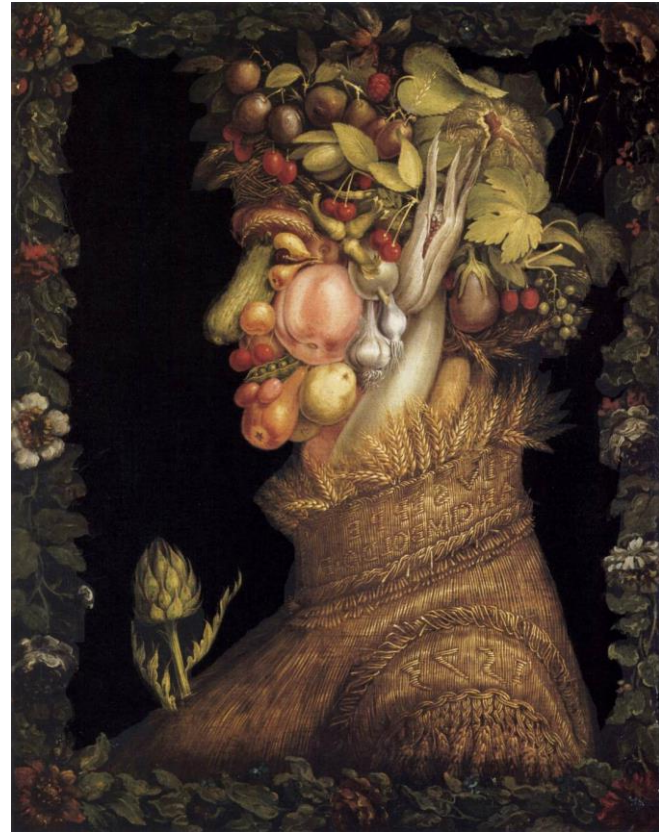
- Устойчивы ли алгоритмы температуры поверхности моря (от системы к системе, в области низких температур)?
- Как считать среднюю температуру бассейна за месяц, год?
- Если это правда, то почему происходит «охлаждение» поверхности воды в северном полушарии при росте глобальной температуры?

# Среднегодовая температура поверхности моря, NOAA и AQUA, 1982-2014

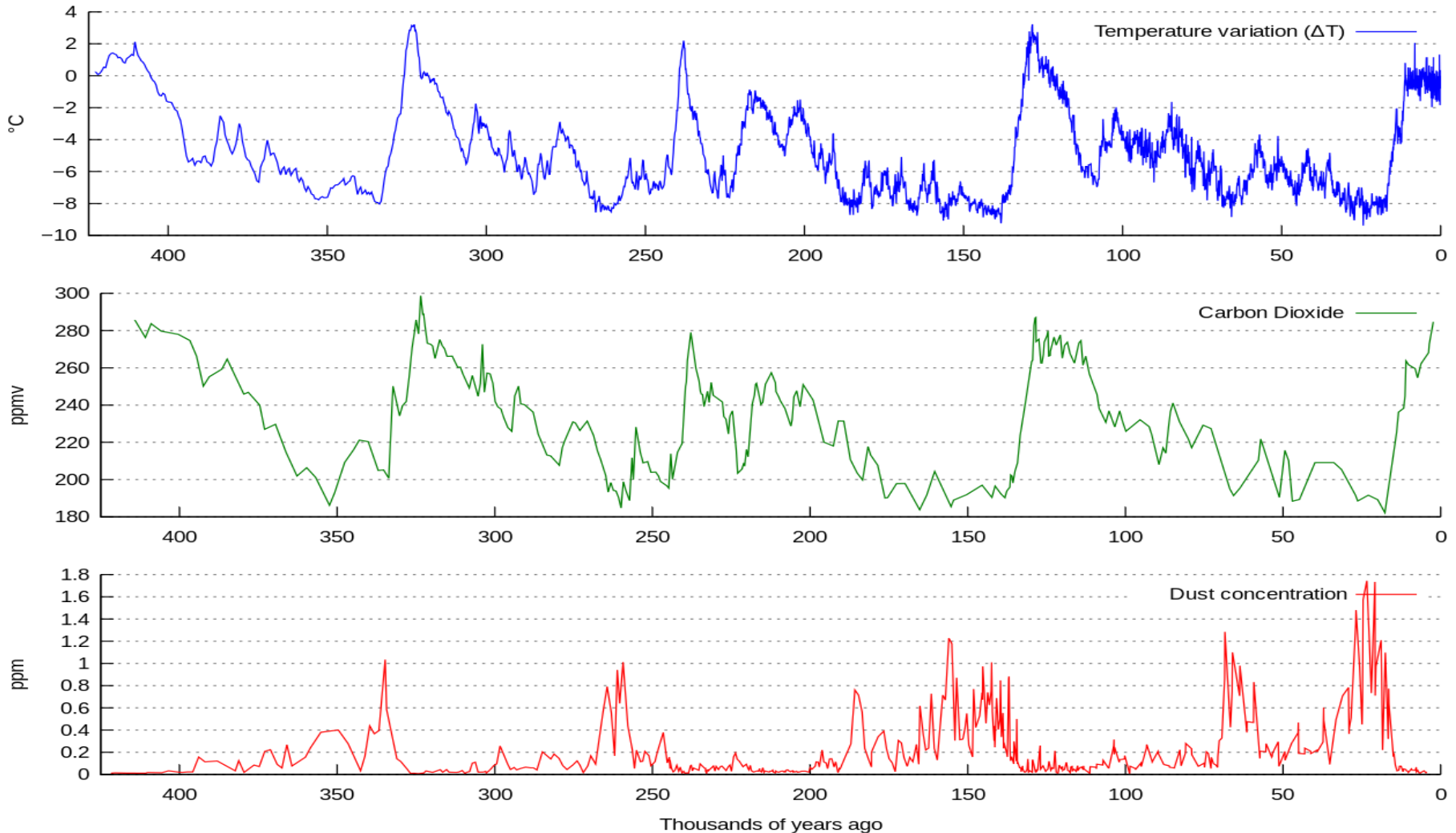


# Куда идёт процесс?

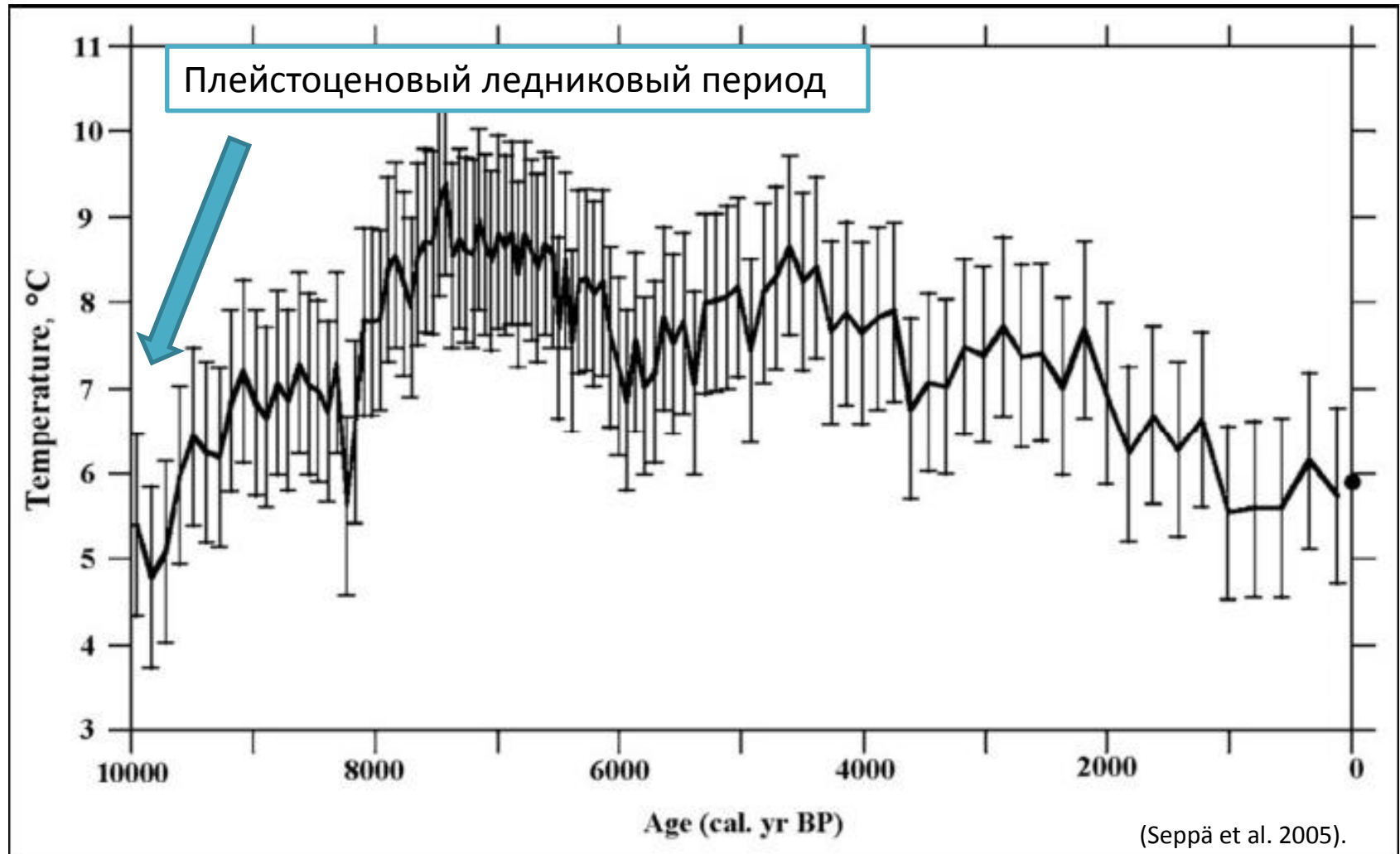
Замерзаем или закипаем?



# Колебания температуры (синий), содержания CO2 (зелёный) и пыли (красный) за последние 400 000 лет по данным анализа керна льда со станции Восток в Антарктиде.

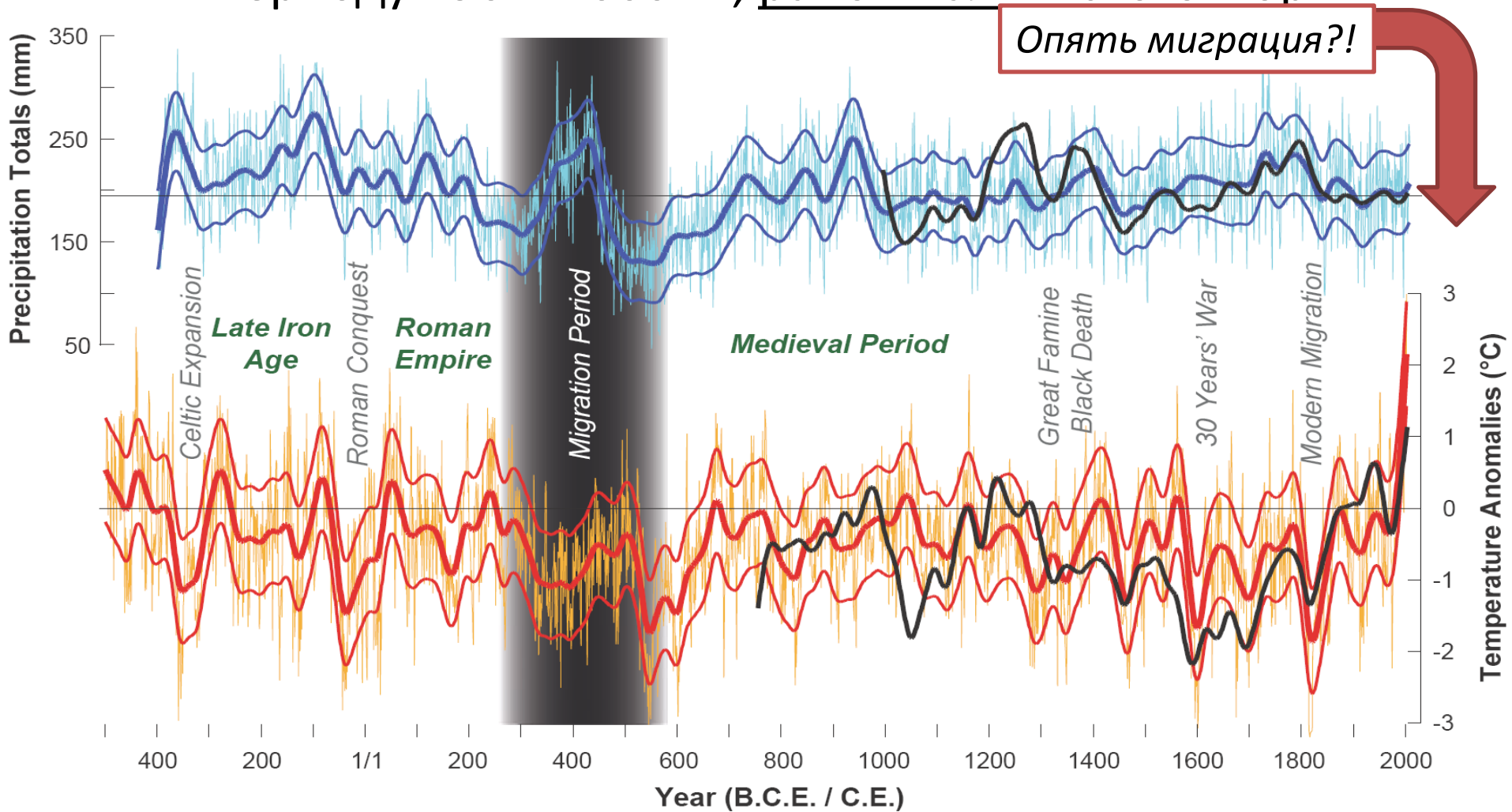


# Среднегодовые температуры воздуха, реконструированные по данным анализа пыльцы озера Фларкен (Швеция) за последние 10 000 лет



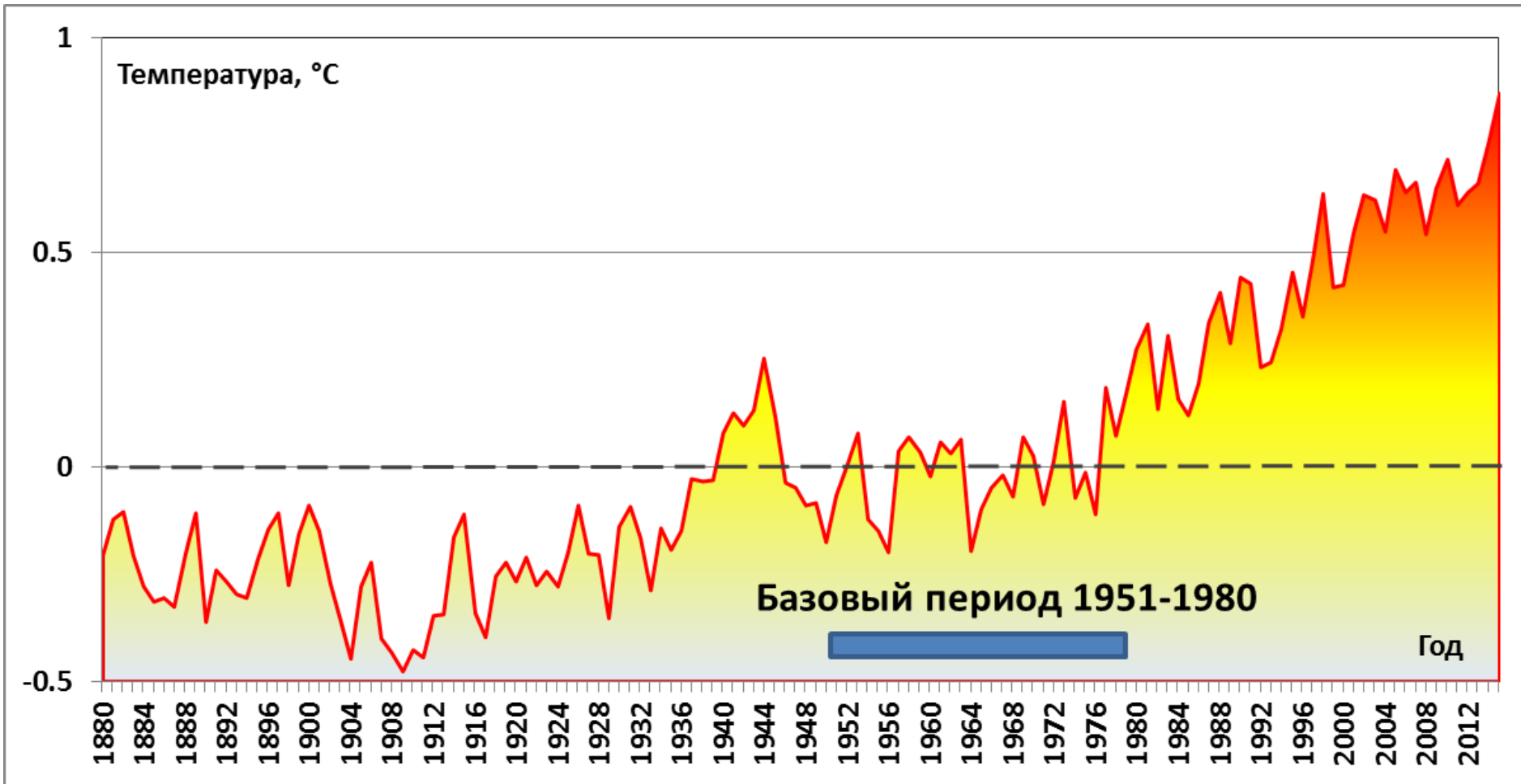


# Реконструкция осадков апрель-июнь (вверху) и температурных аномалий июнь-август, (внизу) по отношению к периоду 1901–2000 гг., район Балтийского моря



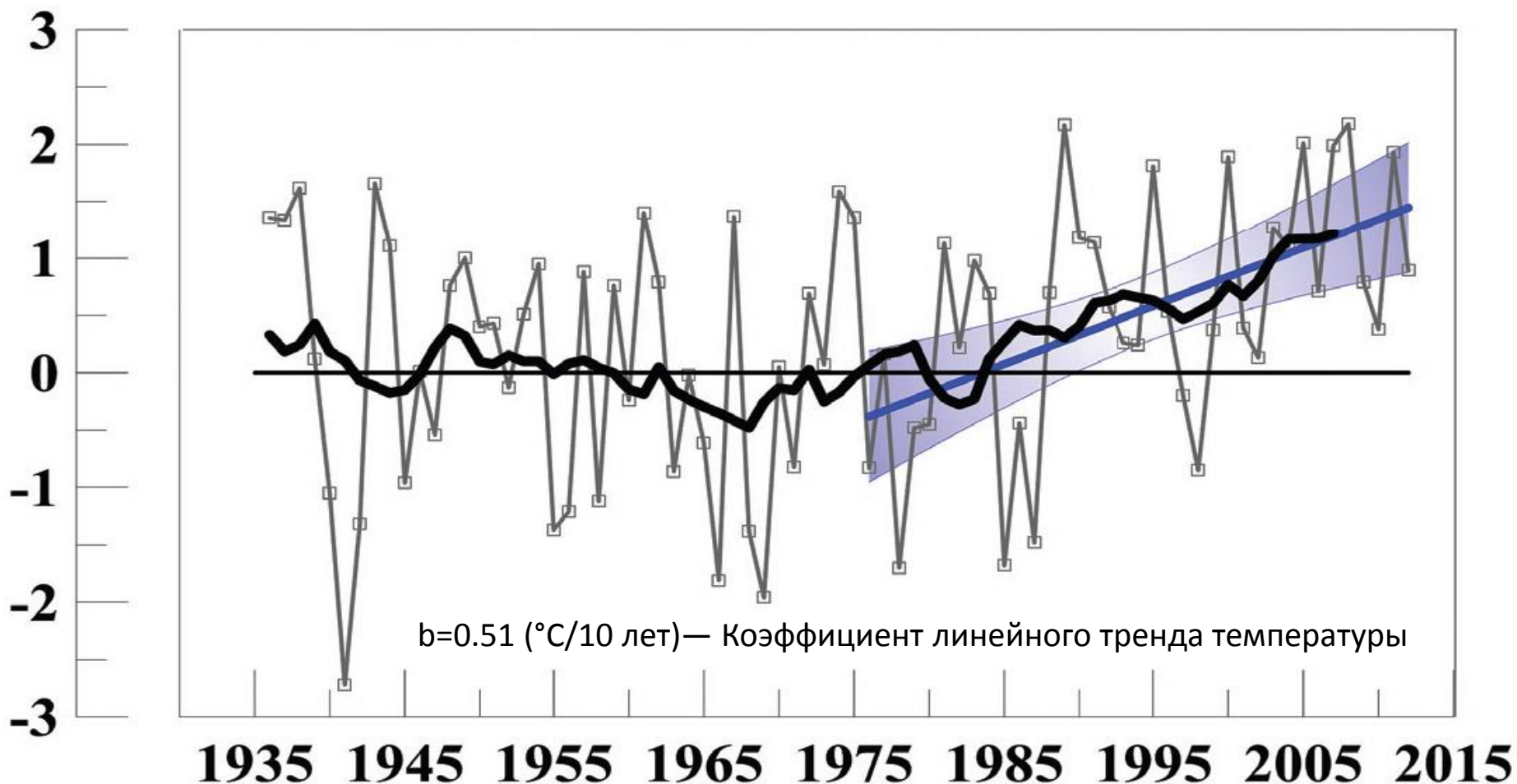
Büntgen et al. 2011.

# Глобальный температурный индекс суша@океан, 1880-2015



[http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata\\_v3/GLB.Ts+dSST.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts+dSST.txt)

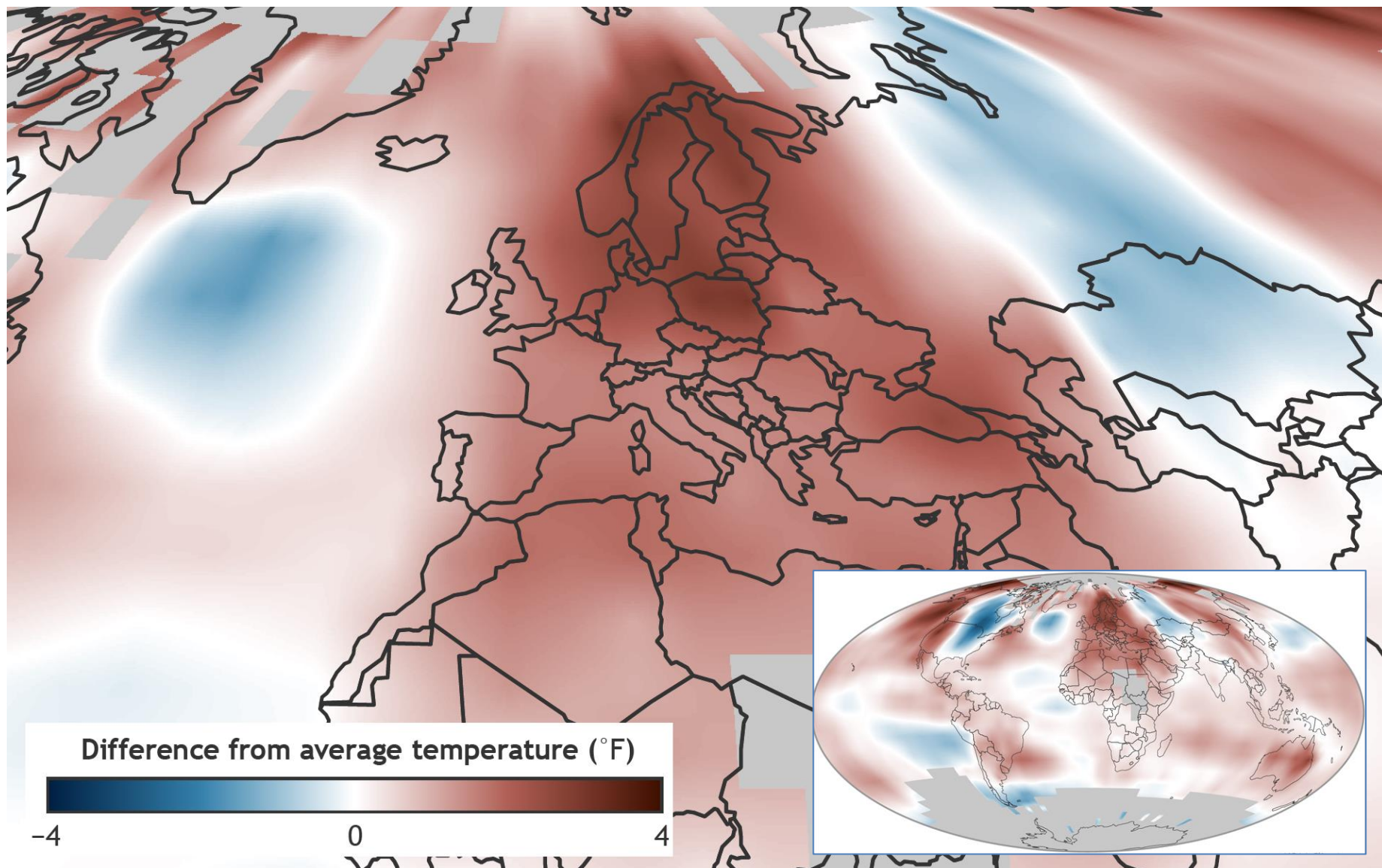
Временные ряды пространственно осредненных среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха для Северо-Западного федерального округа. Аномалии рассчитаны как отклонения от средней температуры за 1961–1990 гг.



Черные жирные кривые соответствуют 11-летнему сглаживанию. Показан линейный тренд за 1976–2012 гг. и его 95%-й доверительная область.

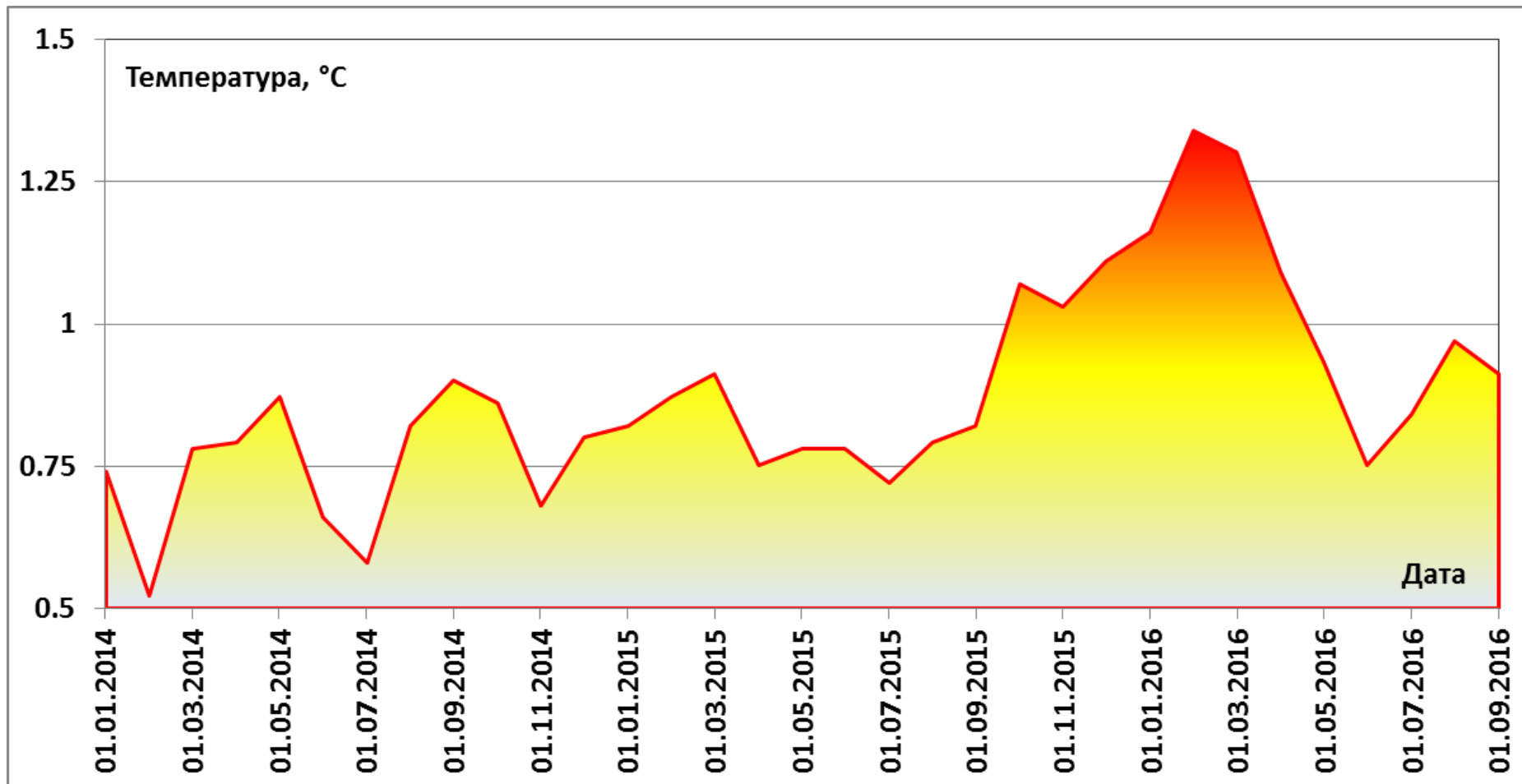
Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, 2014

# Аномалии температуры поверхности, 2014



NOAA climat.gov

# Глобальный температурный индекс суша@океан, 2014-2016, базовый период 1951-1980



[http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata\\_v3/GLB.Ts+dSST.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts+dSST.txt)