

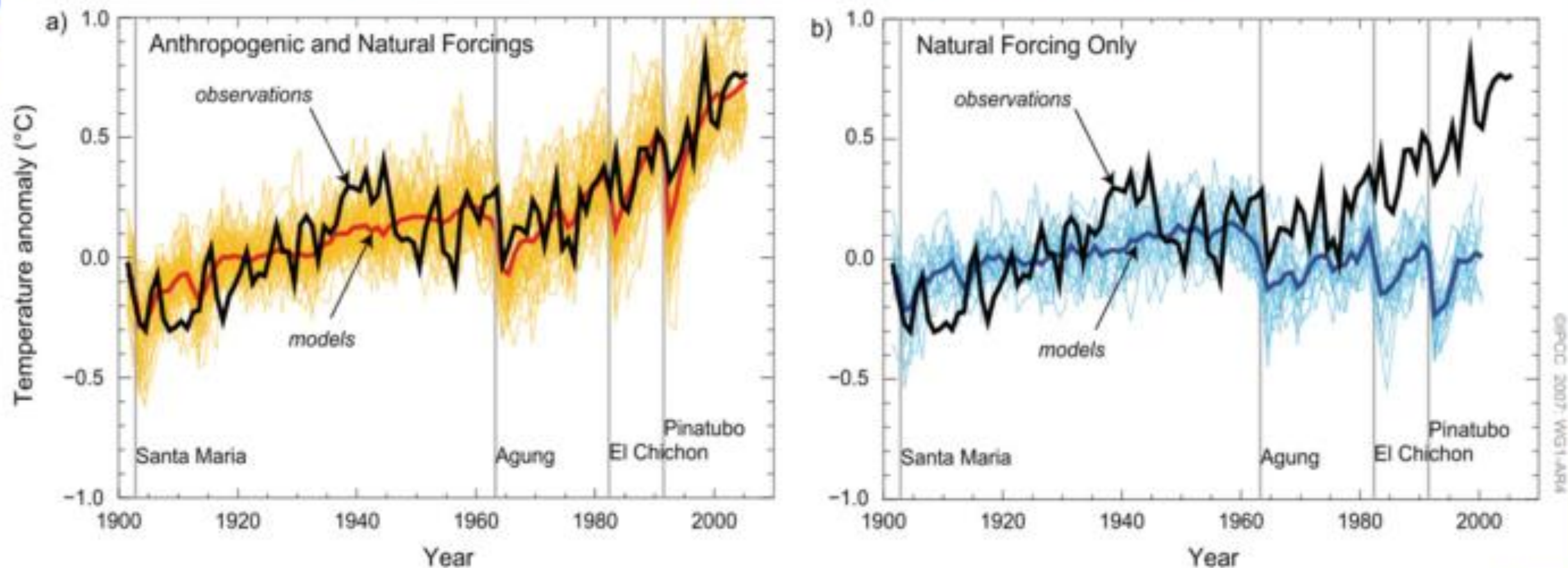
КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ, НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ





Adam Zyglis. An Age-old argument. 2nd edition (Adam Zyglis/The Buffalo News. April 15, 2014)

НЫНЕШНЕЕ ПОТЕПЛЕНИЕ



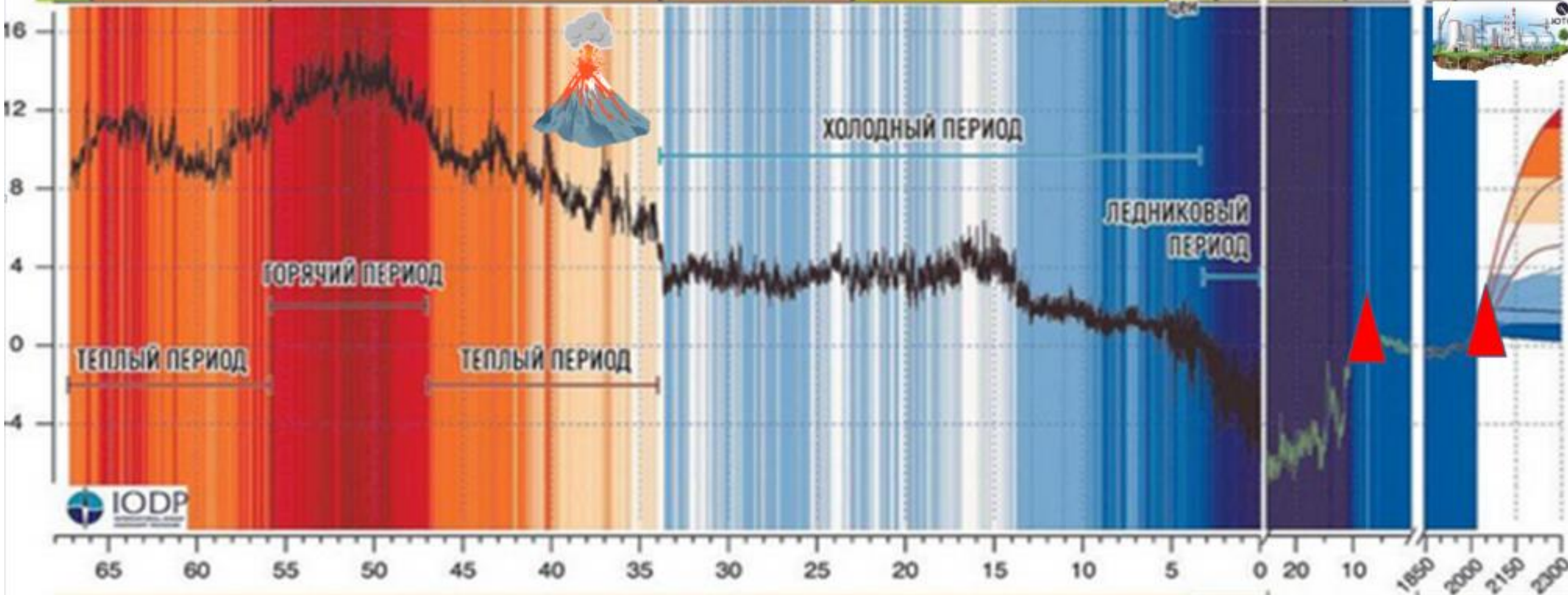
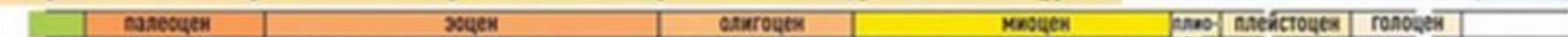
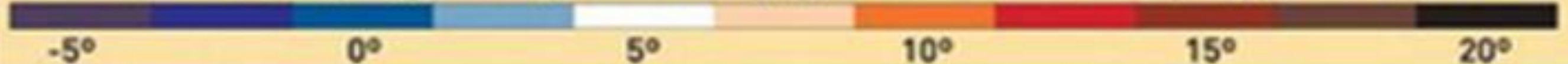
обусловлено ростом содержания парниковых газов в атмосфере.
но теперь причина другая — деятельность человека, которая по силе своего воздействия на климат сопоставима с самыми мощными природными процессами.

КЛИМАТ ЗА 66 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ: ТО В ЖАР, ТО В ХОЛОД

ПИК ЖАРЫ НА ЗЕМЛЕ НАБЛЮДАЛСЯ 55,6–55,5 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД. ТЕМПЕРАТУРА БЫЛА НА 14–16 ГРАДУСОВ ВЫШЕ СОВРЕМЕННОЙ.

ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУРЫ НА БЛИЖАЙШИЕ 300 ЛЕТ ДЛЯ РАЗНЫХ СЦЕНАРИЕВ МГЭИК.

Отклонение температуры по Цельсию от среднего значения за период 1961–1990 гг.



ПОСЛЕДНИЕ 66 МЛН ЛЕТ

ПОСЛЕДНИЕ 25 ТЫС. ЛЕТ



**АНТАРКТИДА И ГРЕНЛАНДИЯ В НАЧАЛЕ ЭОЦЕНА
БЫЛА ПОКРЫТА ТРОПИЧЕСКИМИ ЛЕСАМИ.**

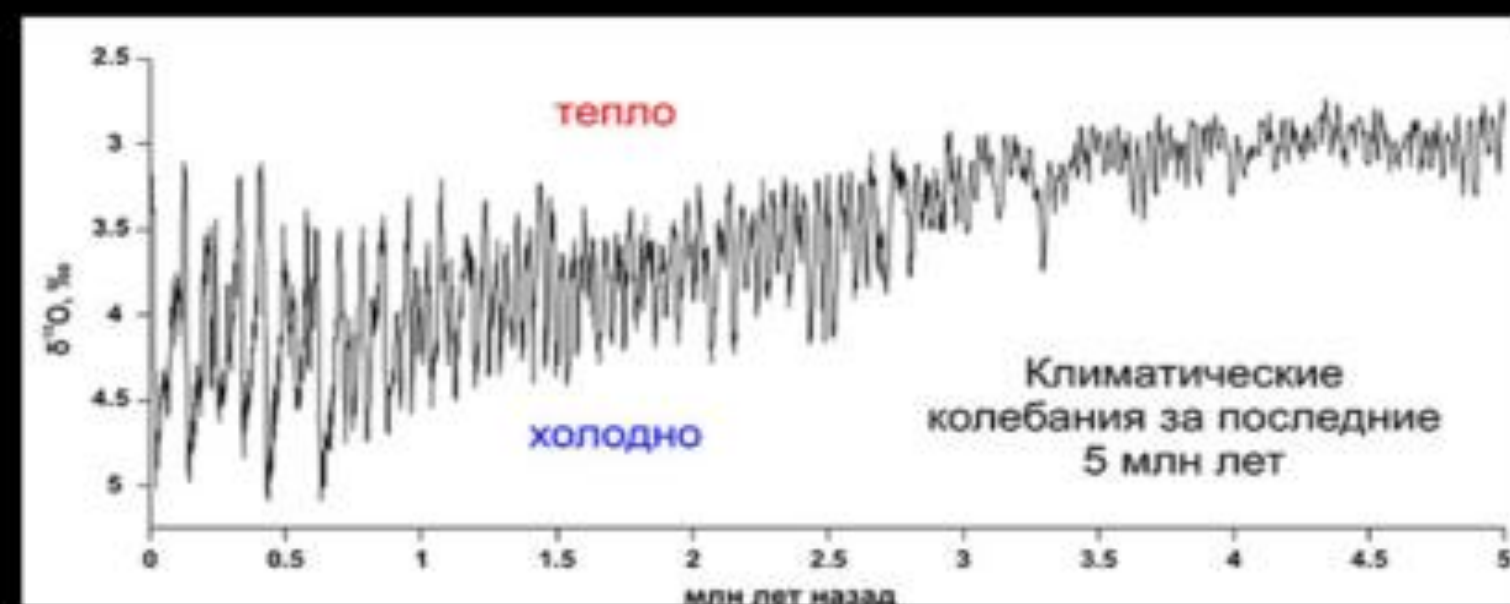
МЕЛЬЧАЙШИЕ ОКАМЕНЕЛОСТИ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР — ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ, ОБИТАЮЩИХ НА МОРСКОМ ДНЕ, ВСТРЕЧАЮТСЯ В ОТЛОЖЕНИЯХ С КОНЦА ЭДИАКАРДИЯ (ПРИМЕРНО 541 МЛН. ЛЕТ НАЗАД) ДО НАШИХ ДНЕЙ.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ЛЬДА - СОДЕРЖАНИЕ "ЛЕГКОГО" ^{16}O И "ТЯЖЕЛОГО" ^{18}O ИЗОТОПОВ КИСЛОРОДА: С ПОВЫШЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ КОНЦЕНТРАЦИЯ ПЕРВОГО УВЕЛИЧИВАЕТСЯ, А ВТОРОГО – СНИЖАЕТСЯ.

ГЛЯЦИОЛОГИ И КЛИМАТОЛОГИ, РЕКОНСТРУИРУЯ КЛИМАТ ПРОШЛОГО, ПРИШЛИ К ВЫВОДУ, ЧТО ЗА ПОСЛЕДНИЕ 3 МЛН. ЛЕТ НА ЗЕМЛЕ БЫЛО НЕ МЕНЕЕ 18 ЛЕДНИКОВЫХ ЦИКЛОВ!



2 mm
© Carla Lapendijk
Kalimantan, Indonesia



Lisiecki, L. E., and M. E. Raymo (2005), A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records, *Paleoceanography*, 20, PA1003.

О ЧЕМ ГОВОРЯТ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ДААННЫЕ??

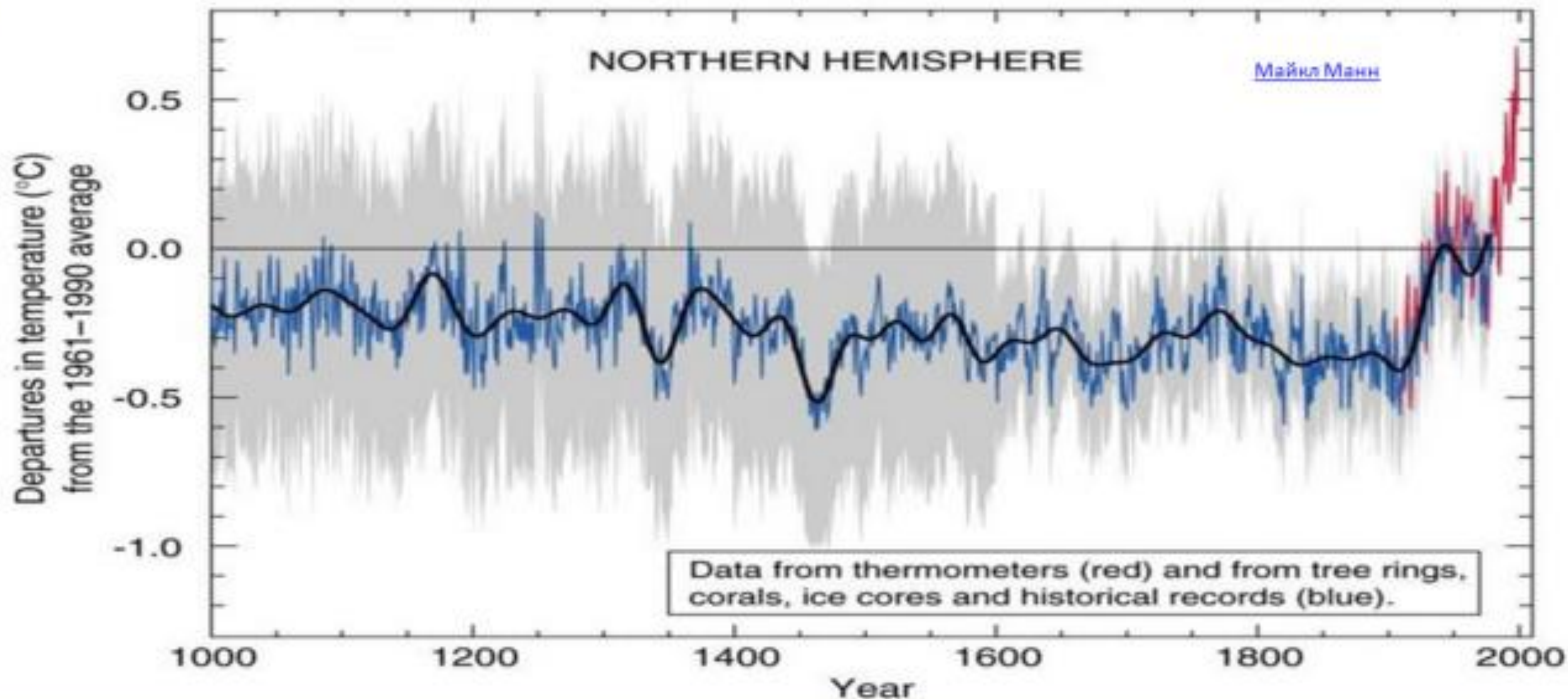


В ЭОЦЕНОВУЮ ЭПОХУ 56,0-33,9 МЛН. ЛЕТ НАЗАД ГЛУБОКОВОДНЫЕ ОКЕАНСКИЕ ТЕЧЕНИЯ БЫЛИ ТОЛЬКО ТЁПЛЫМИ. НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ СИБИРИ КЛИМАТ БЫЛ БЛИЗКИМ К СОВРЕМЕННОМУ СУБТРОПИЧЕСКОМУ, ОТСУТСТВОВАЛИ ЗАМОРОЗКИ, БЫЛО МНОГО ОСАДКОВ

ОКОЛО 125 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД СРЕДНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА НА ЗЕМЛЕ БЫЛА НА 1–2°С ВЫШЕ, УРОВЕНЬ МИРОВОГО ОКЕАНА БЫЛ НА 5–10 М ВЫШЕ, ЧЕМ СЕГОДНЯ

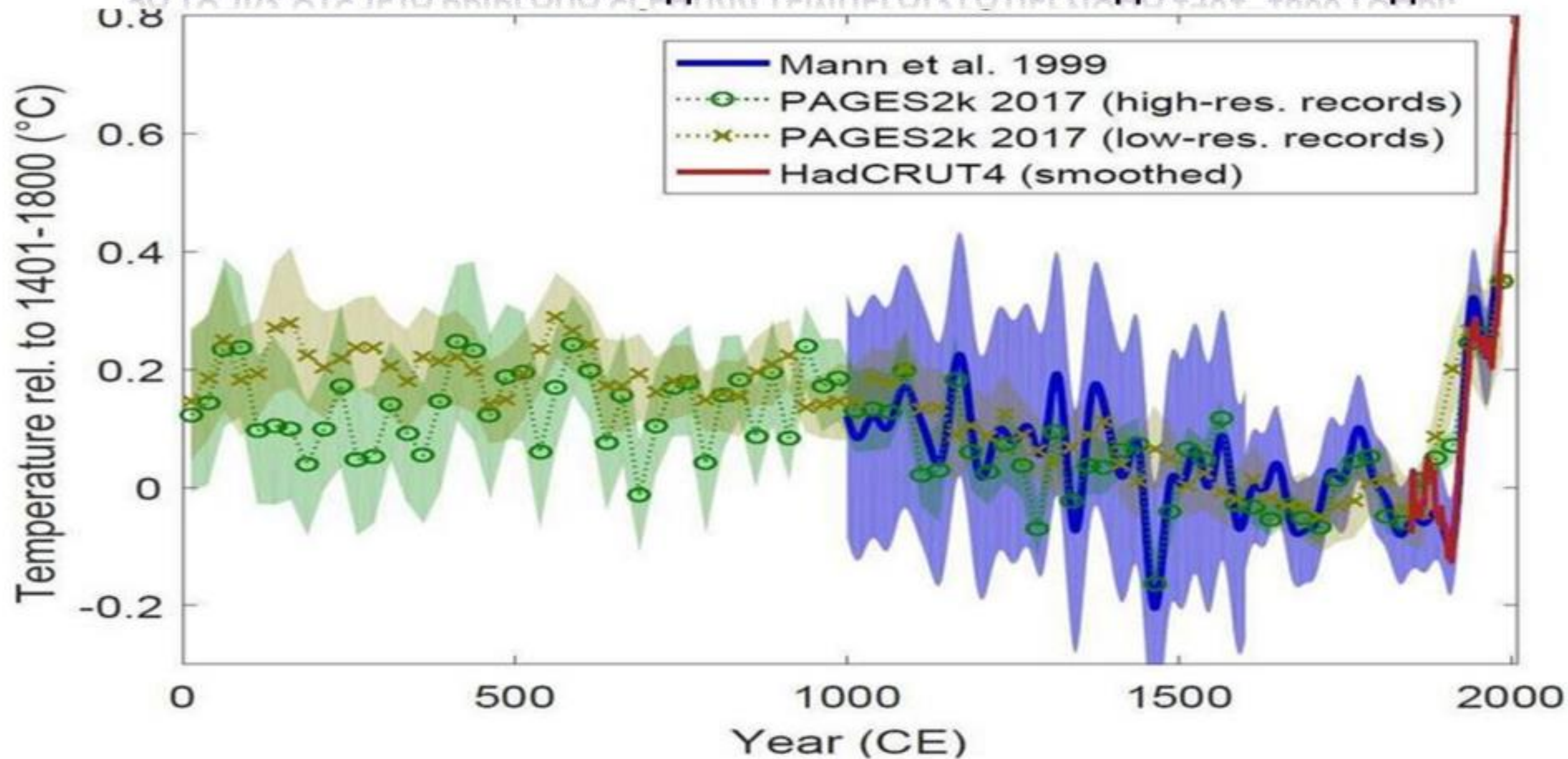
15 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД НАША ПЛАНЕТА БЫЛА ВСЕГО НА 5 °С ХОЛОДНЕЕ, НО, ЭТОГО БЫЛО ДОСТАТОЧНО, ЧТОБЫ ПОЧТИ ТРЕТЬ ПЛАНЕТЫ ПОКРЫЛАСЬ ЛЬДОМ.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ «КЛЮШКА»

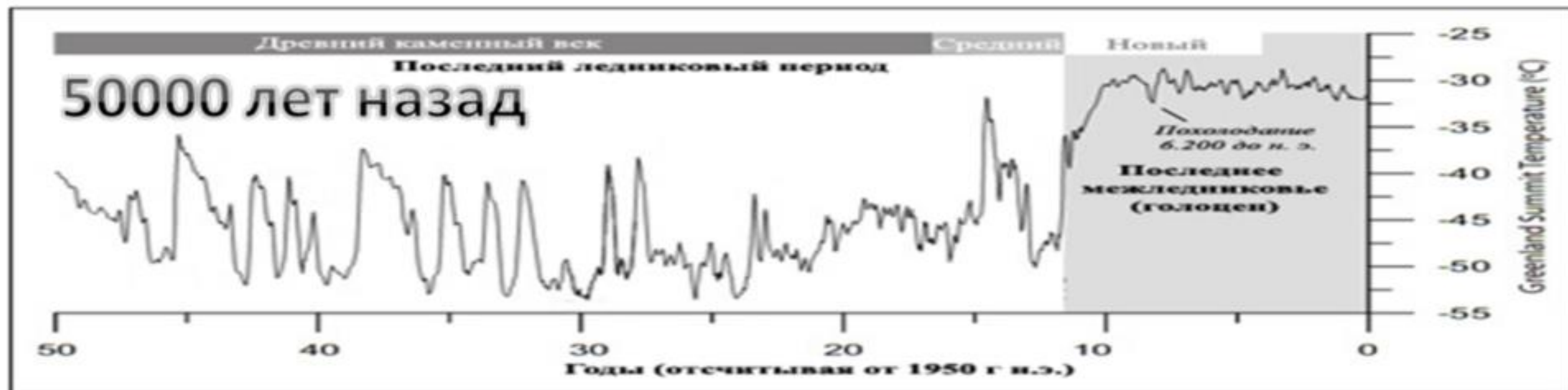
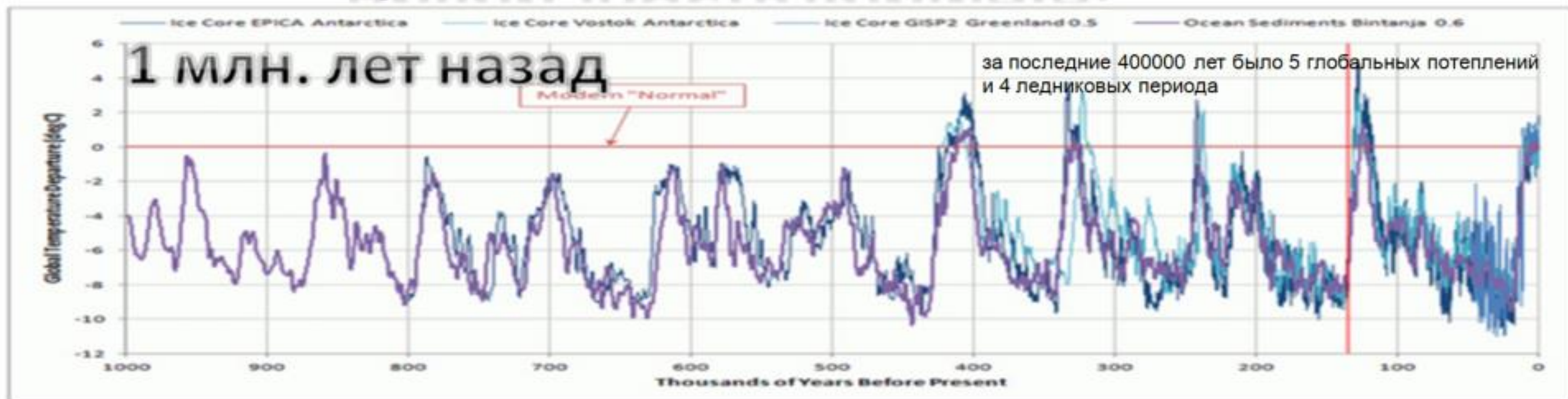


график, появление которого в 1999 году оказало мощнейшее влияние на современное представление о климате Земли

**ОБНОВЛЕННАЯ «ХОККЕЙНАЯ КЛЮШКА» МАЙКЛА МАННА С УДЛИНЕННОЙ РУЧКОЙ.
ГРАФИК ТЕМПЕРАТУР ОХВАТЫВАЕТ ИНТЕРВАЛ ПОСЛЕДНИХ 2 ТЫС. ЛЕТ.
ЗА ТОЧКУ ОТСЧЕТА ВЫБРАНА СРЕДНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА ПЕРИОДА 1401–1800 ГОДЫ.**

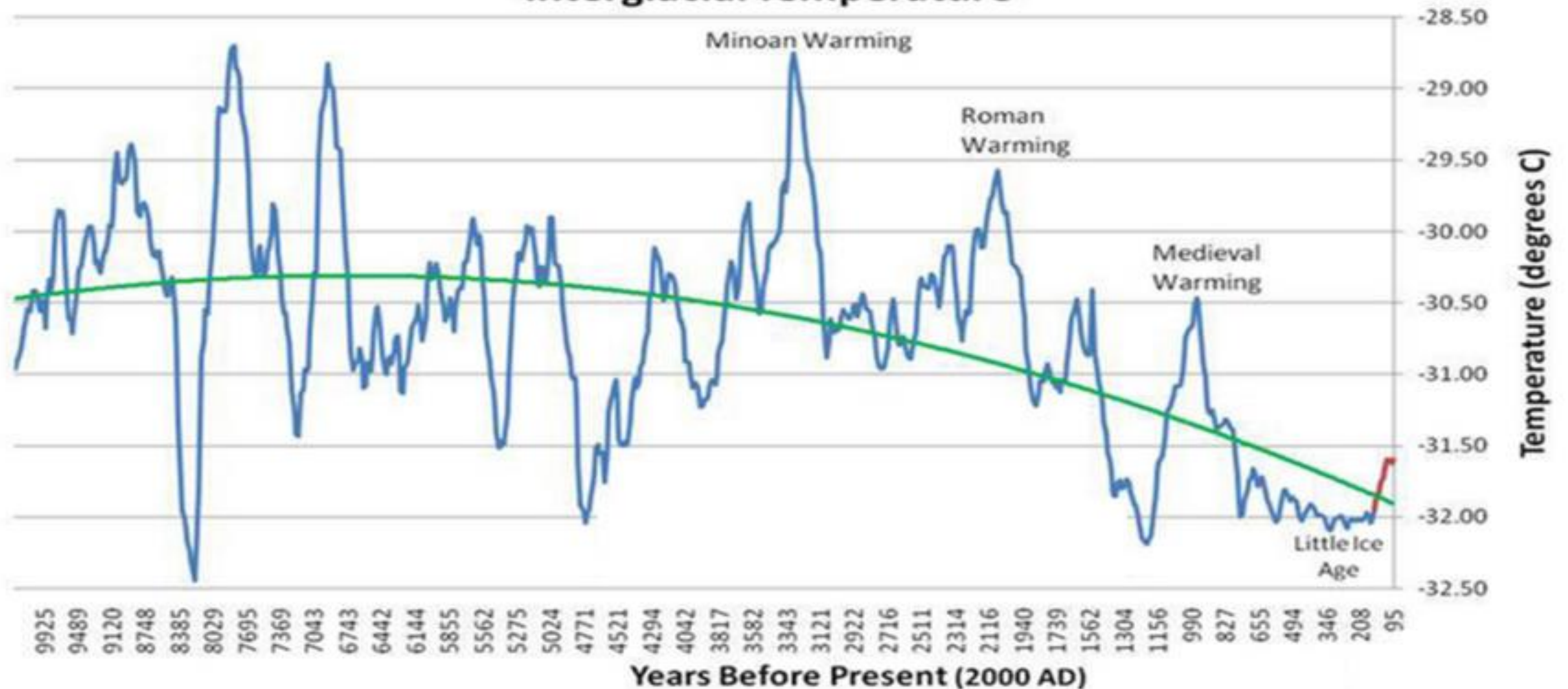


ЦИКЛИЧНОСТЬ КЛИМАТА?

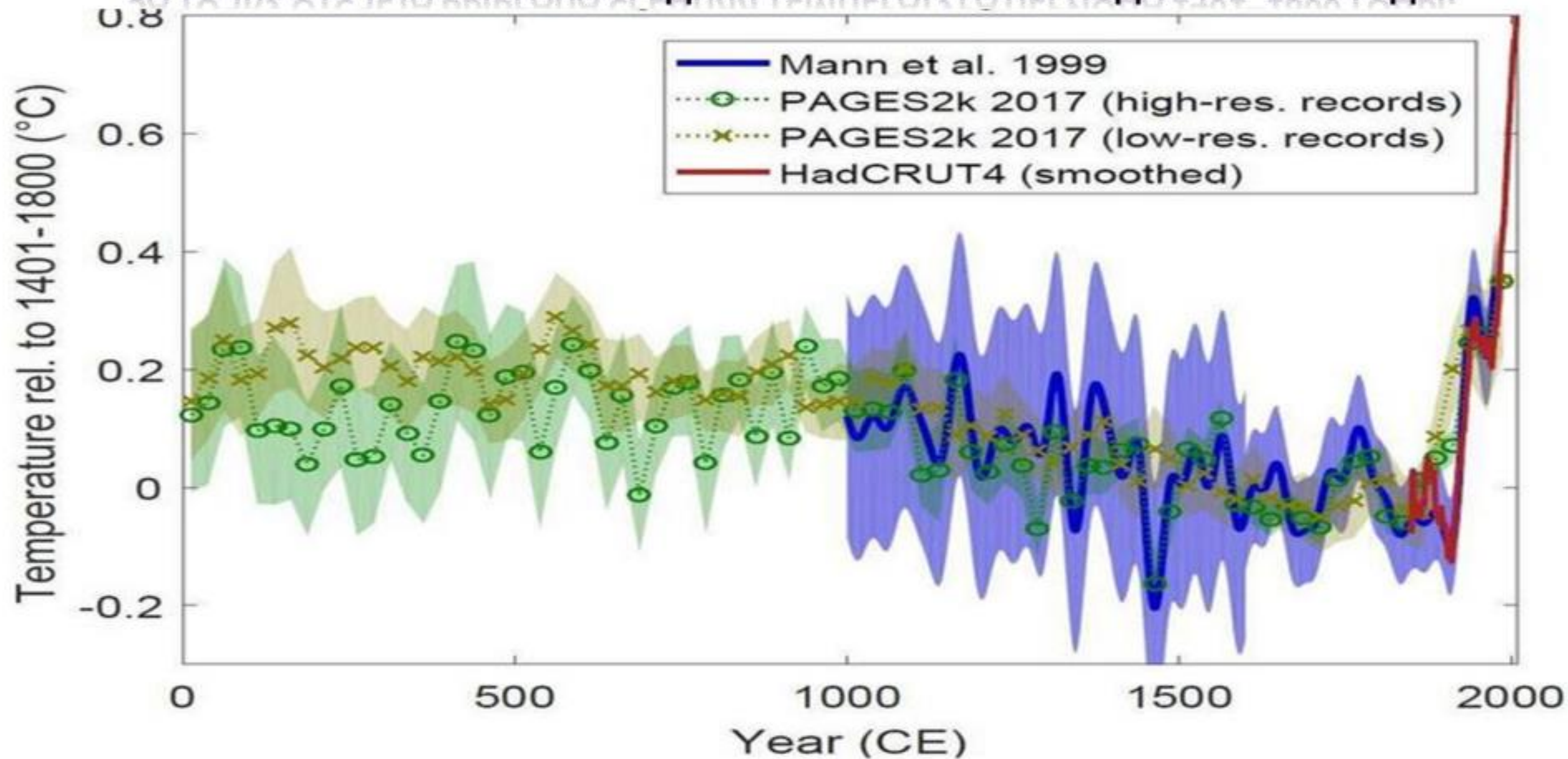


ЦИКЛИЧНОСТЬ КЛИМАТА?

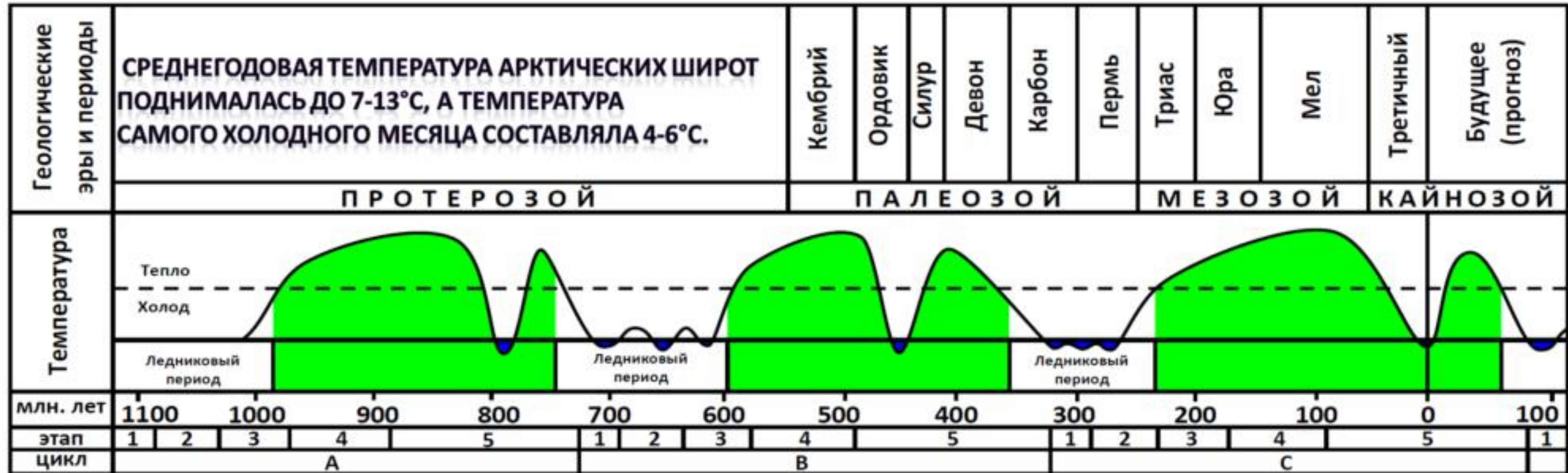
Greenland GISP2 Ice Core - Last 10,000 Years
Interglacial Temperature



**ОБНОВЛЕННАЯ «ХОККЕЙНАЯ КЛЮШКА» МАЙКЛА МАННА С УДЛИНЕННОЙ РУЧКОЙ.
ГРАФИК ТЕМПЕРАТУР ОХВАТЫВАЕТ ИНТЕРВАЛ ПОСЛЕДНИХ 2 ТЫС. ЛЕТ.
ЗА ТОЧКУ ОТСЧЕТА ВЫБРАНА СРЕДНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА ПЕРИОДА 1401–1800 ГОДЫ.**

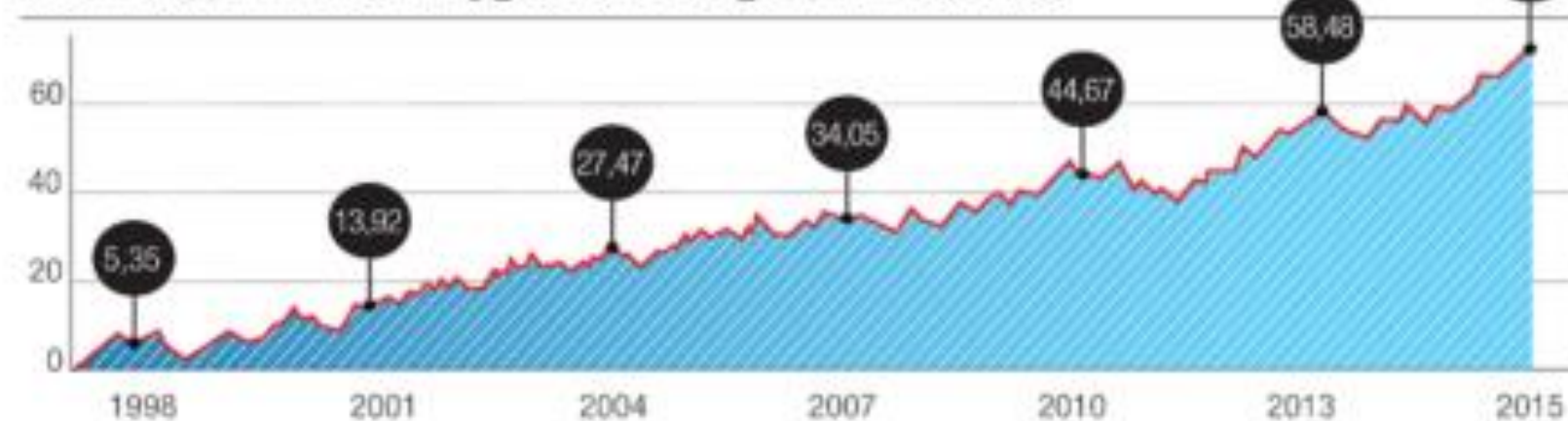


ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА



$$\Delta h_{\text{масс}} = \Delta S_{\text{Лит}} + \Delta S_{\text{Гренл}} + \Delta S_{\text{гор.леди}} + \Delta S_{\text{МО}} + \Delta S_{\text{суш.}}$$

Как поднимается уровень моря (миллиметры в год)*



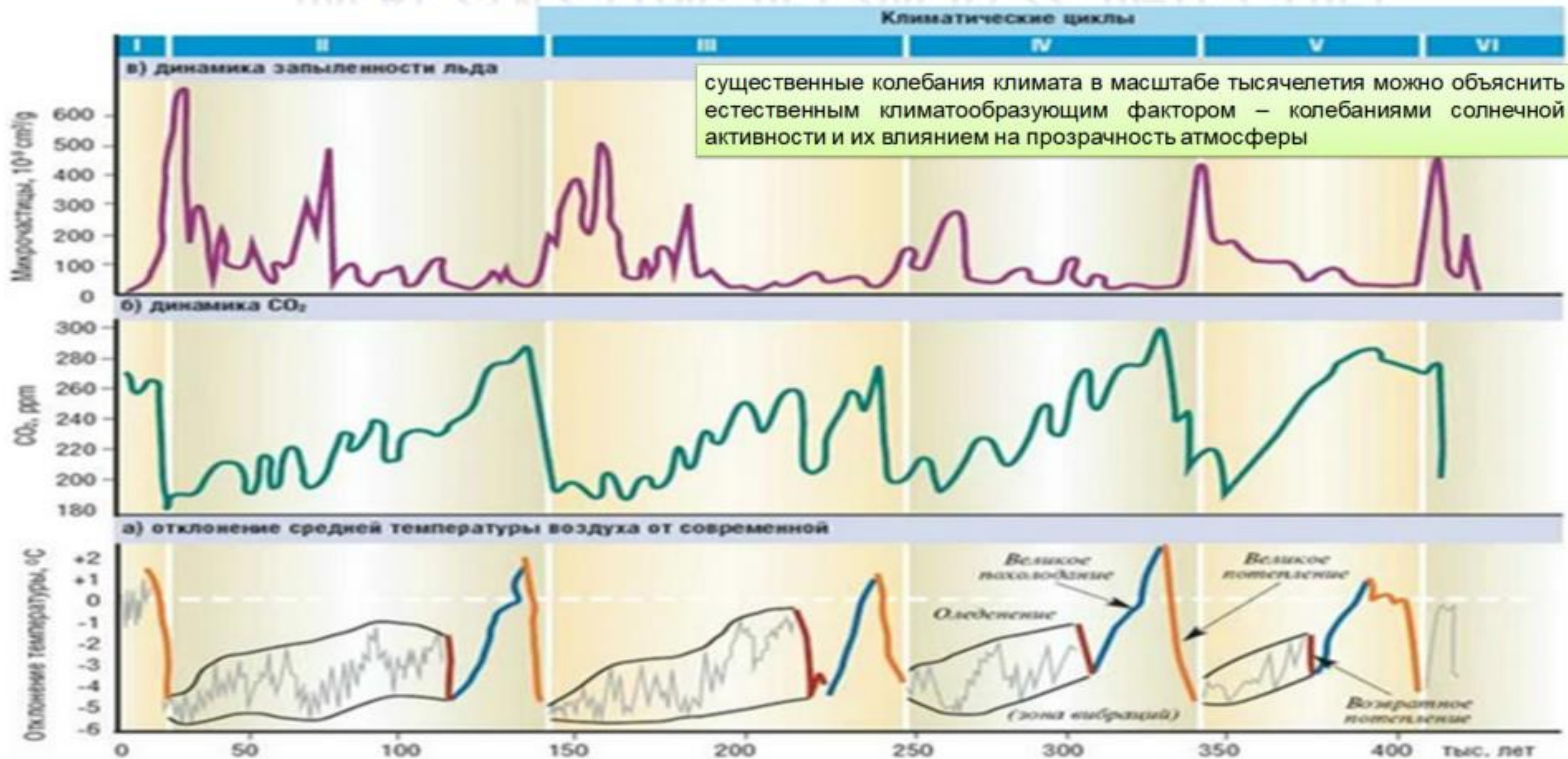
*По данным CSIRO (австралийское Государственное объединение научных и прикладных исследований).

Вклады различных факторов в формирование тренда уровня Мирового океана по данным отчётов МГЭИК и работ зарубежных исследователей

Факторы, влияющие на УМО	Оценки тренда, мм/год			
	1993–2003 гг. (AR4 Climate..., 2007)	1993–2010 гг. (AR5 Climate..., 2013)	1993–2017 гг. (Nerem et al., 2018)	Март 2002 г. – июль 2017 г. (Frederikse et al., 2019)
	1	2	3	4
Термическое расширение	1,6±0,5	1,1	1,65	–
Ледники и ледниковые шапки	0,77±0,22	0,76	0,51*	0,66
Гренландский ледниковый щит	0,21±0,07	0,33	0,66*	0,80
Антарктический ледниковый щит	0,21±0,35	0,27	0,19*	0,40
Влагозапасы суши	–	0,38	–	–0,28
Сумма	2,8±0,7	2,8	3,01	1,58
Наблюдённый уровень	3,1±0,7	3,2	3,1	3,1

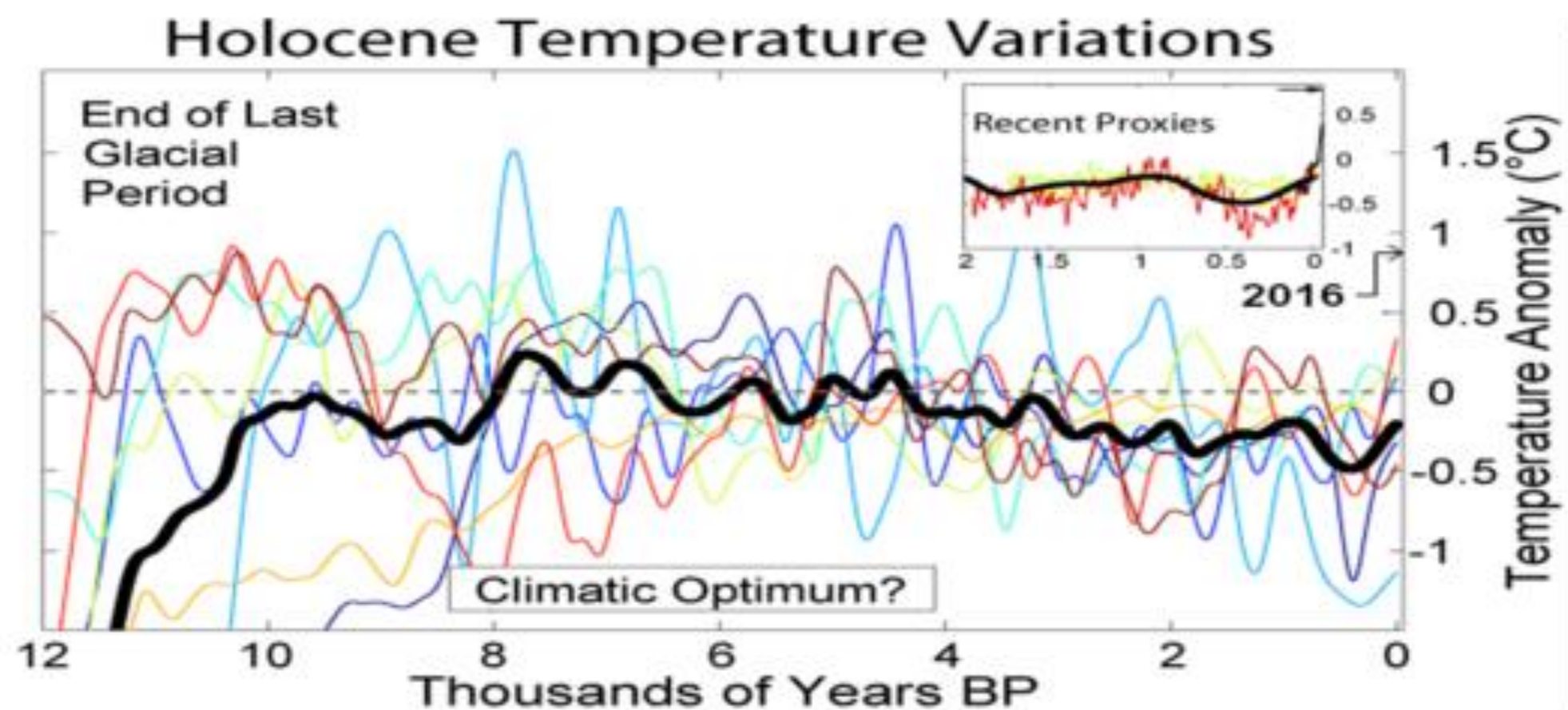
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

100, 41, 23 И 2,5 ТЫС. ЛЕТ, 200, 65, 22, 10–11, 7,5 ЛЕТ

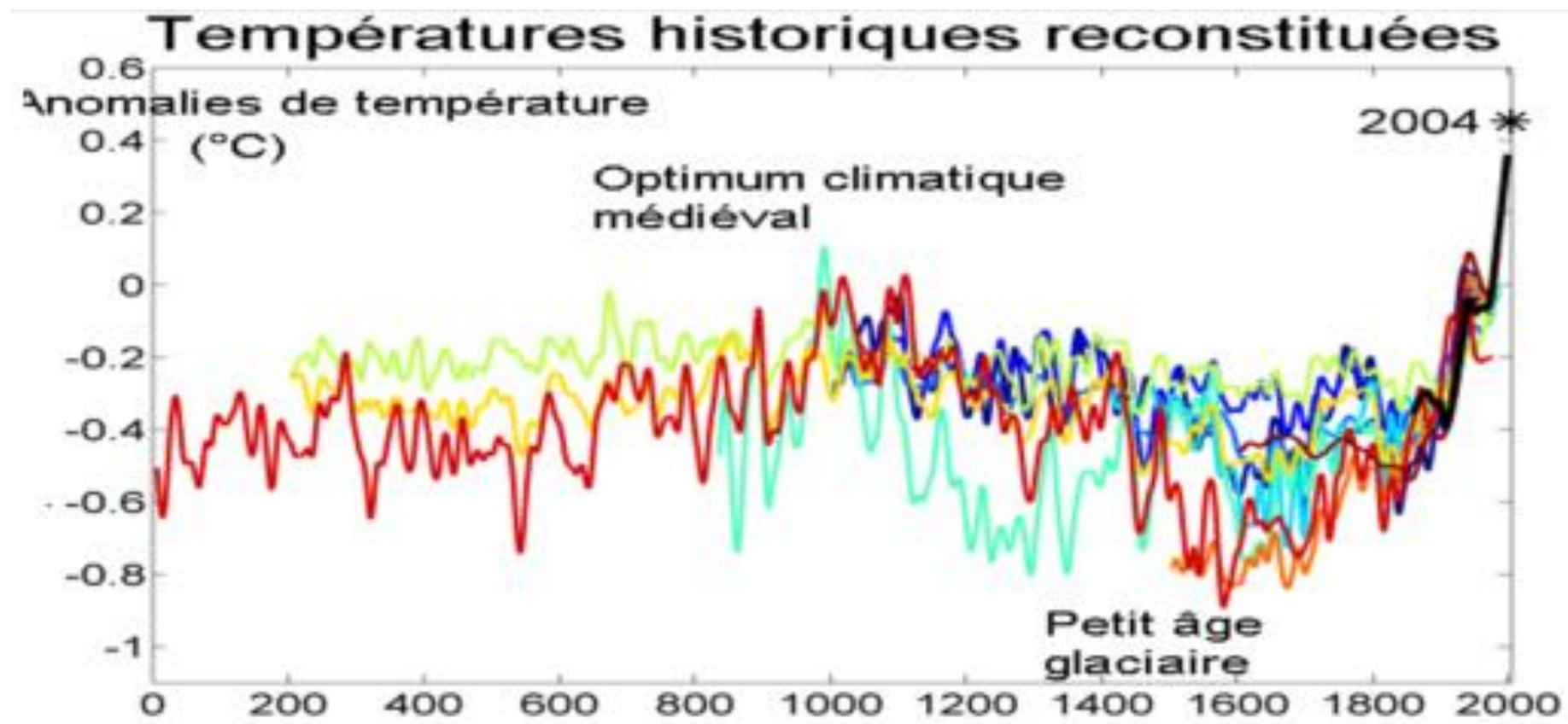


Циклы Бонда - колебания климата в Северной Атлантике с периодичностью $\approx 1470 \pm 500$ лет в эпоху голоцена

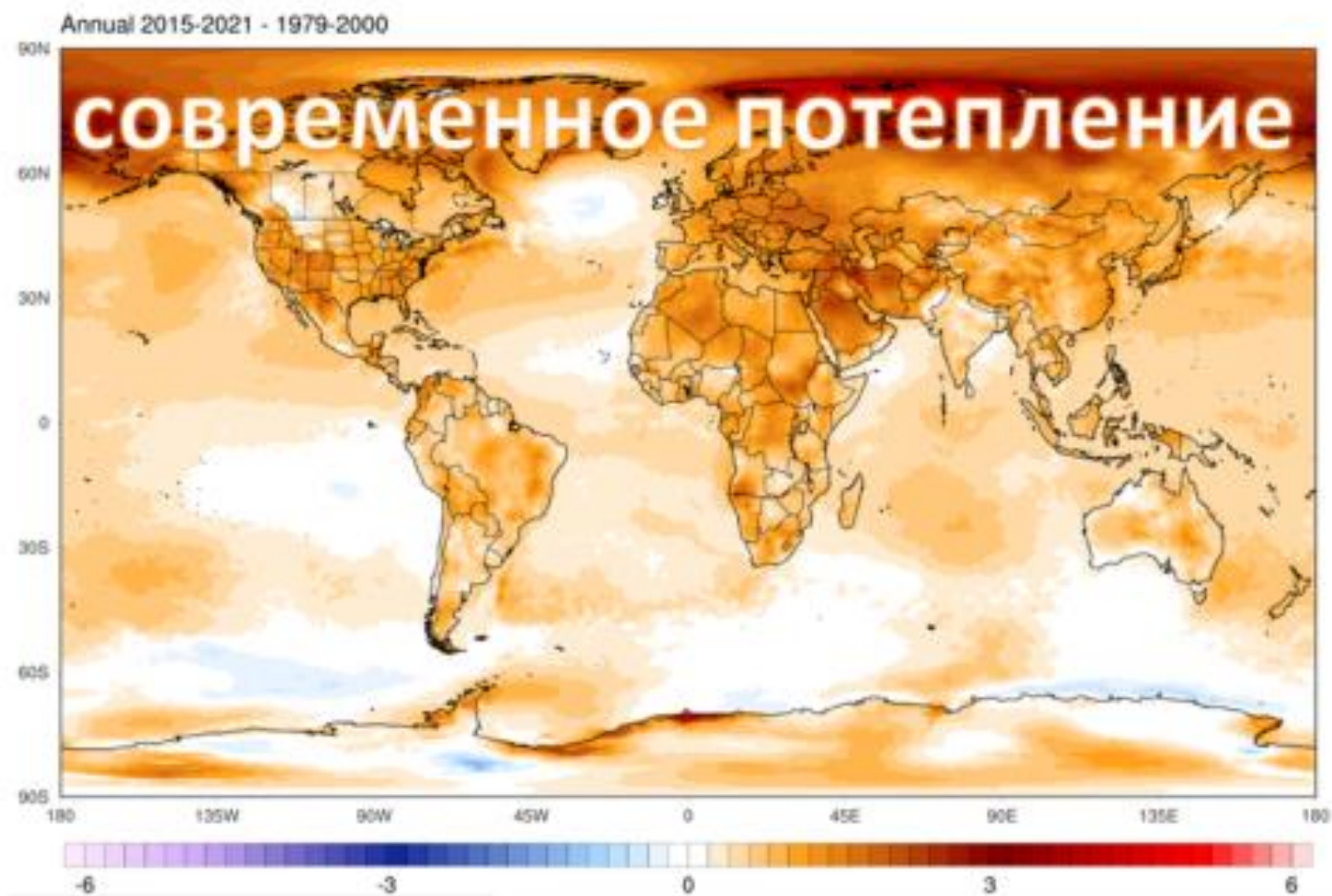
Геологическая эпоха	Климатическая стадия	Подстадия	Начало (примерно), лет назад
Голоцен	Субатлантик	Похолодание	800
		Потепление	1800
		Похолодание	2600
	Суббореал	Похолодание	3200
		Потепление	4200
		Похолодание	5700
	Атлантик	Потепление	~6000
		Похолодание	~7000
		Потепление	7800
	Бореал	Похолодание	8200
		Потепление	10500
	Пребореал	Похолодание	~11000
Потепление		11700	
Плейстоцен	Поздний дриас	Похолодание	12900



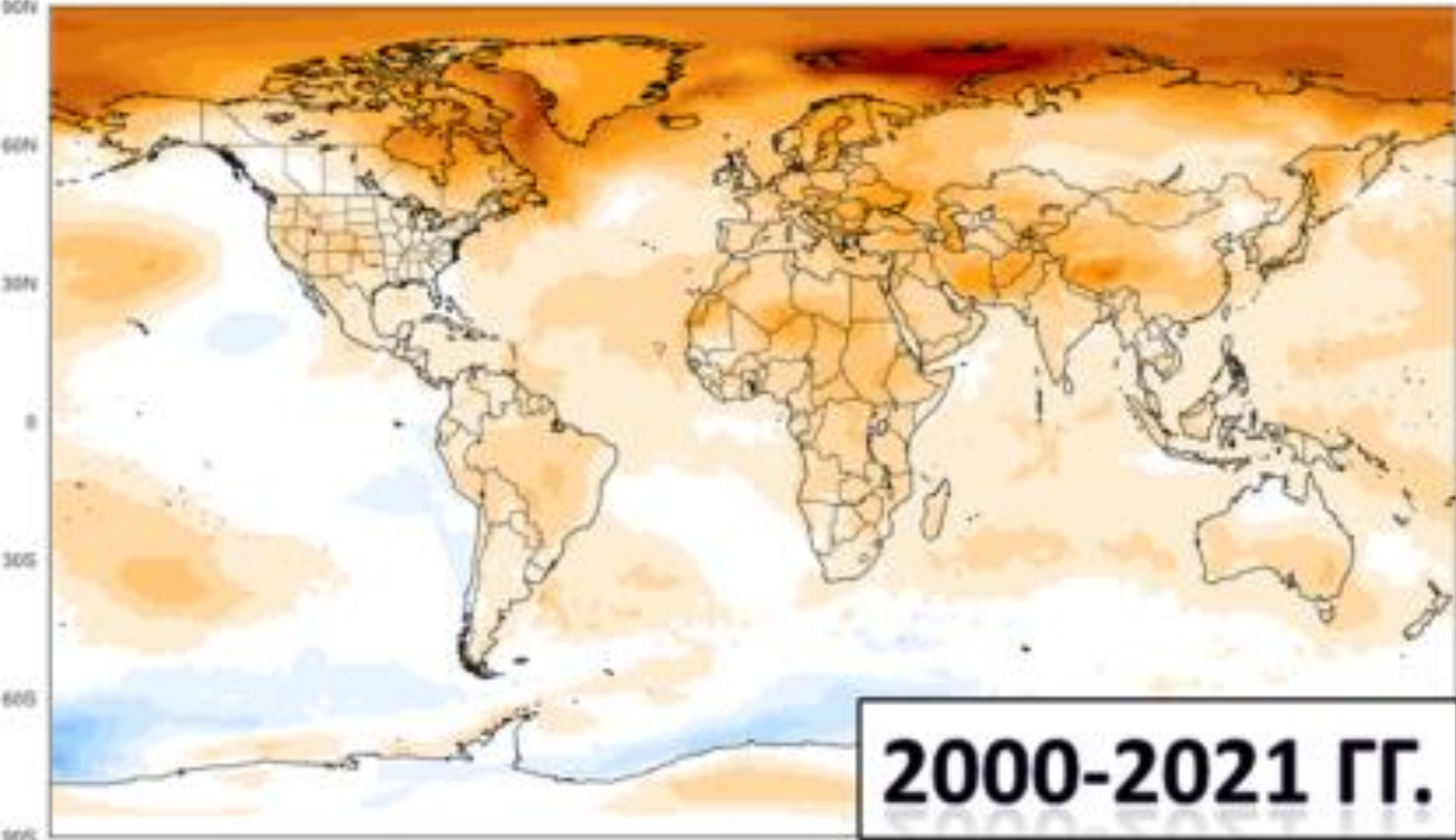
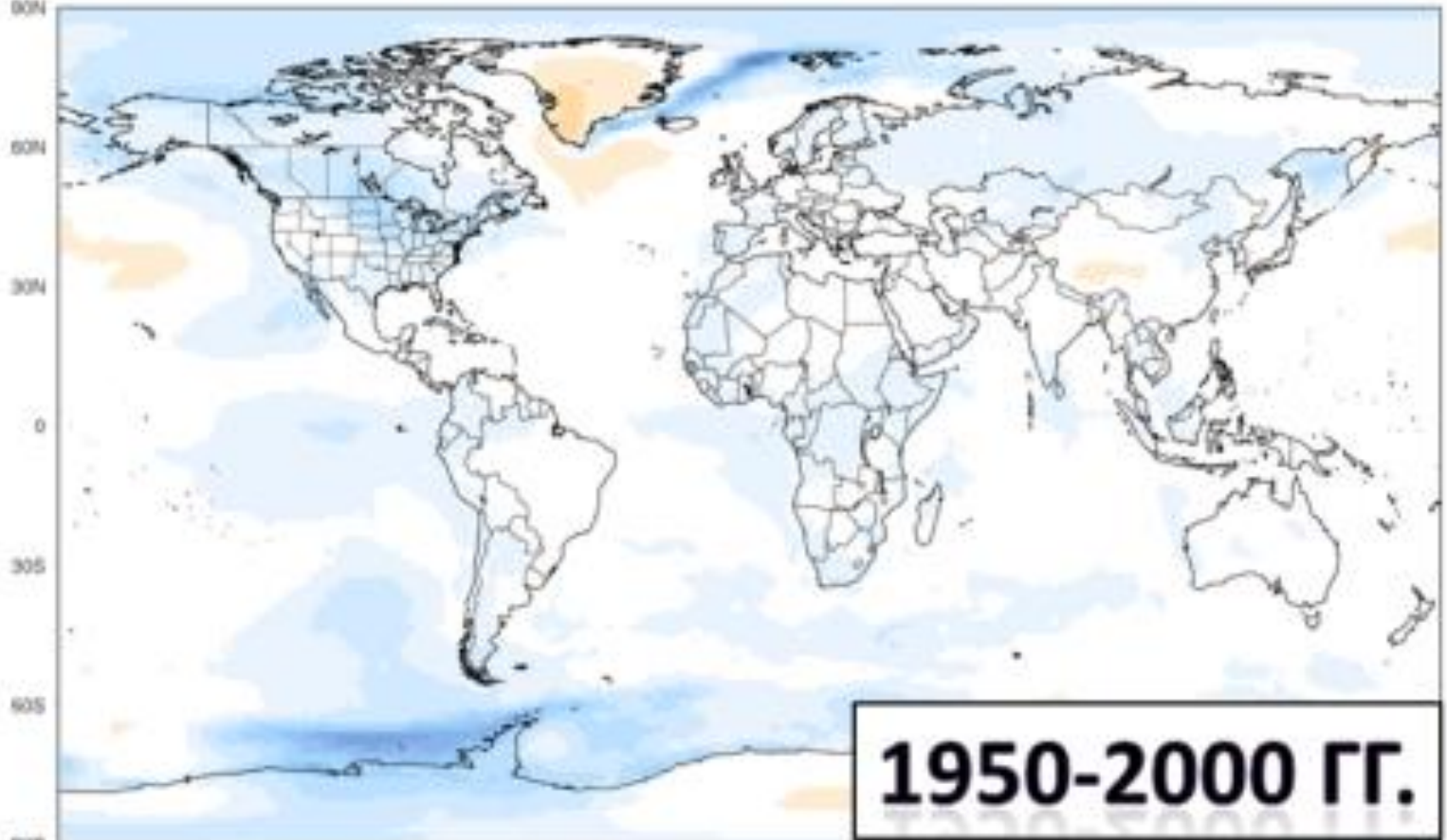
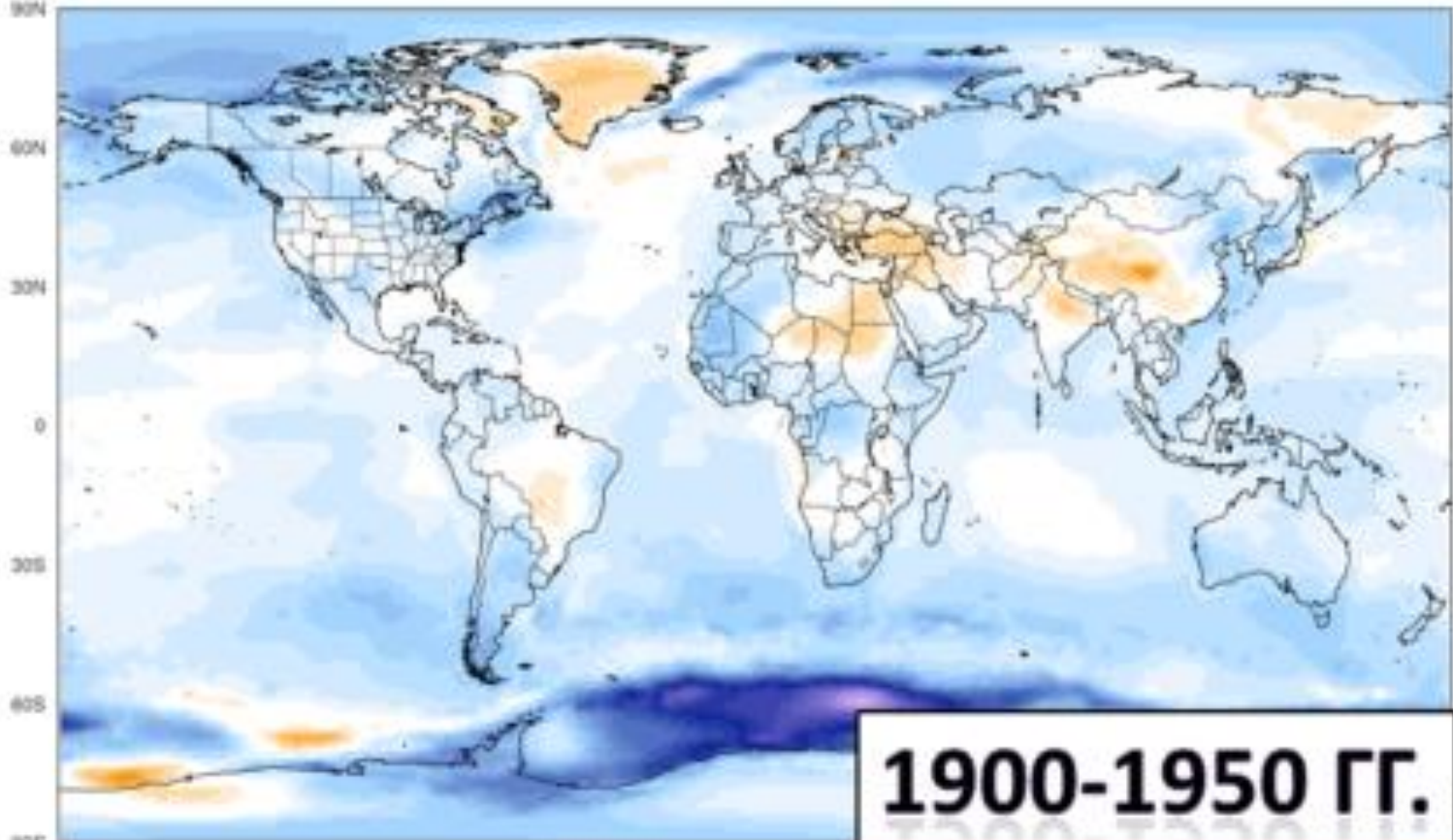
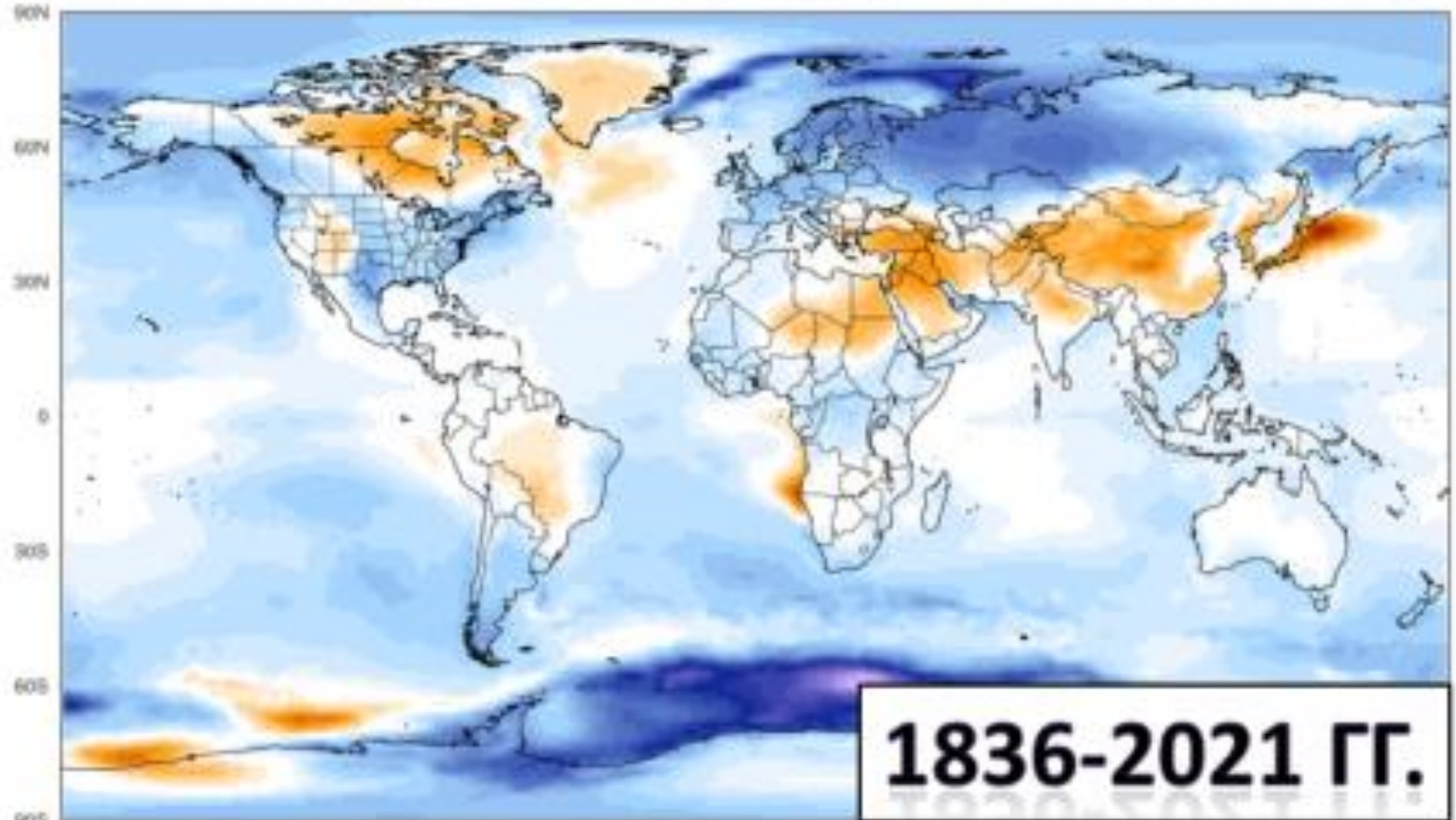
Возможные причины:
 вариации солнечной активности и
 изменения атмосферной циркуляции



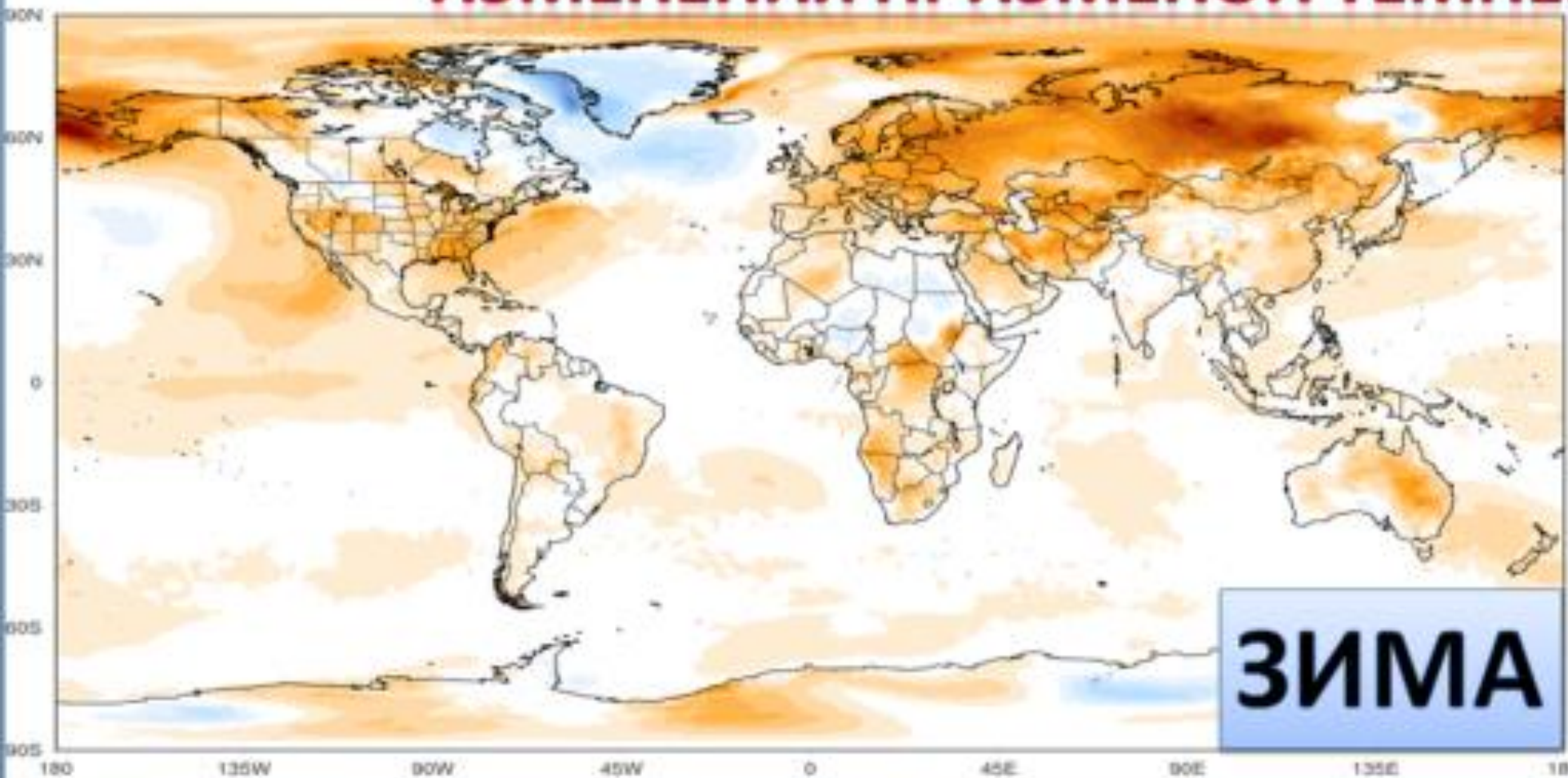
ИЗ БЕРНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА И ЕГО КОЛЛЕГИ



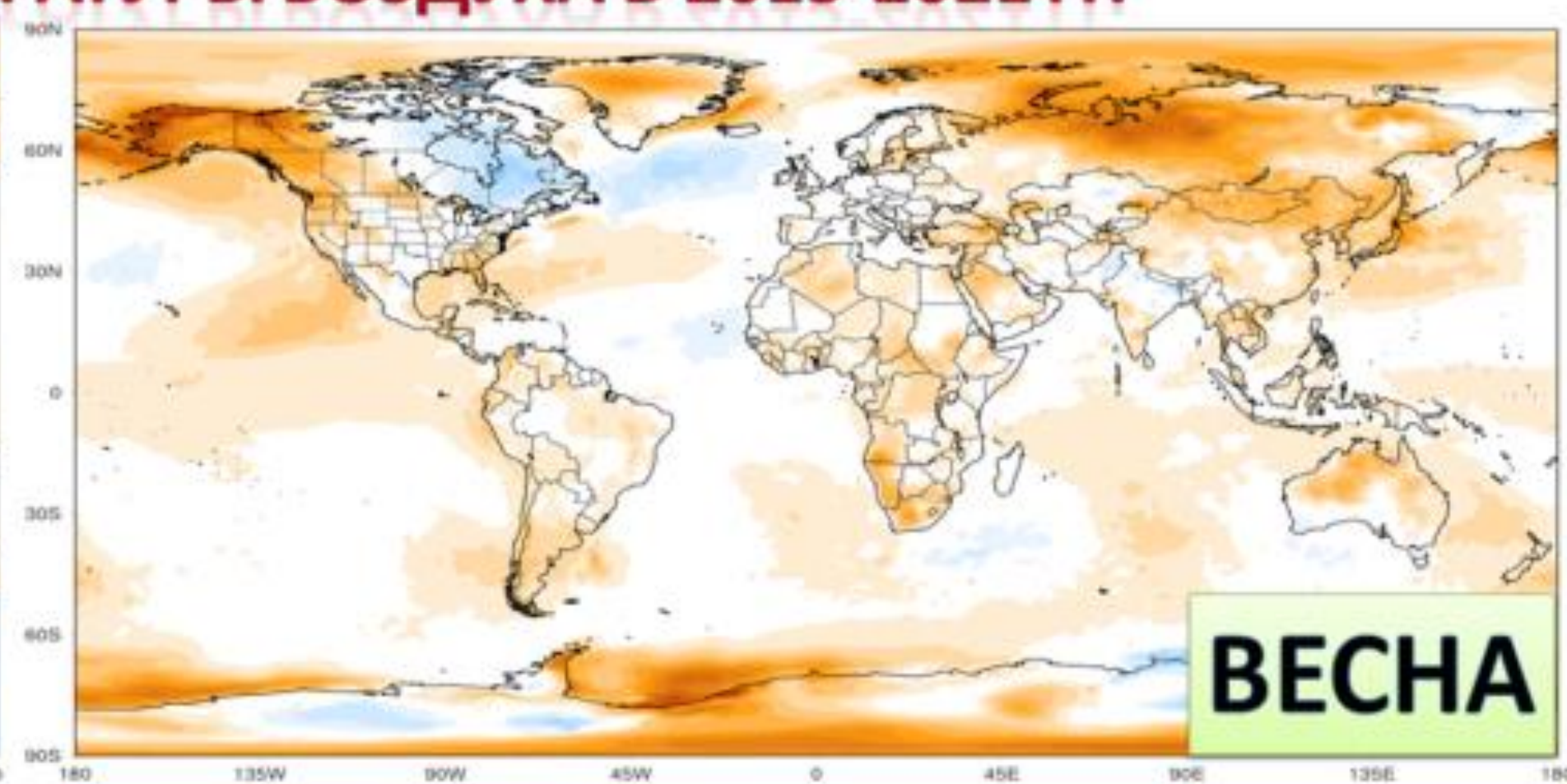
АНОМАЛИИ СРЕДНИХ ГОДОВЫХ ПРИЗЕМНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА



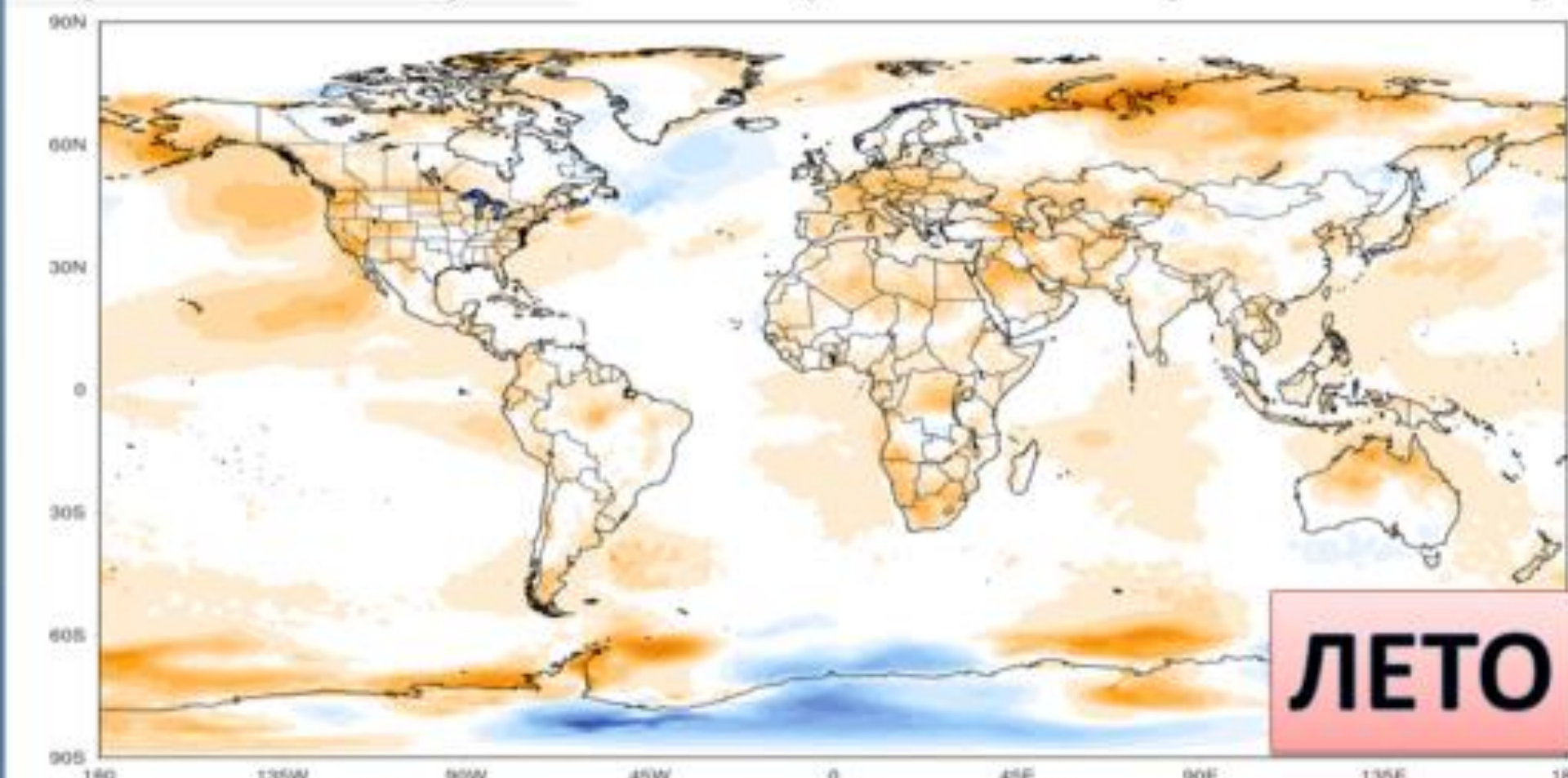
ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗМЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В 2015-2021 ГГ.



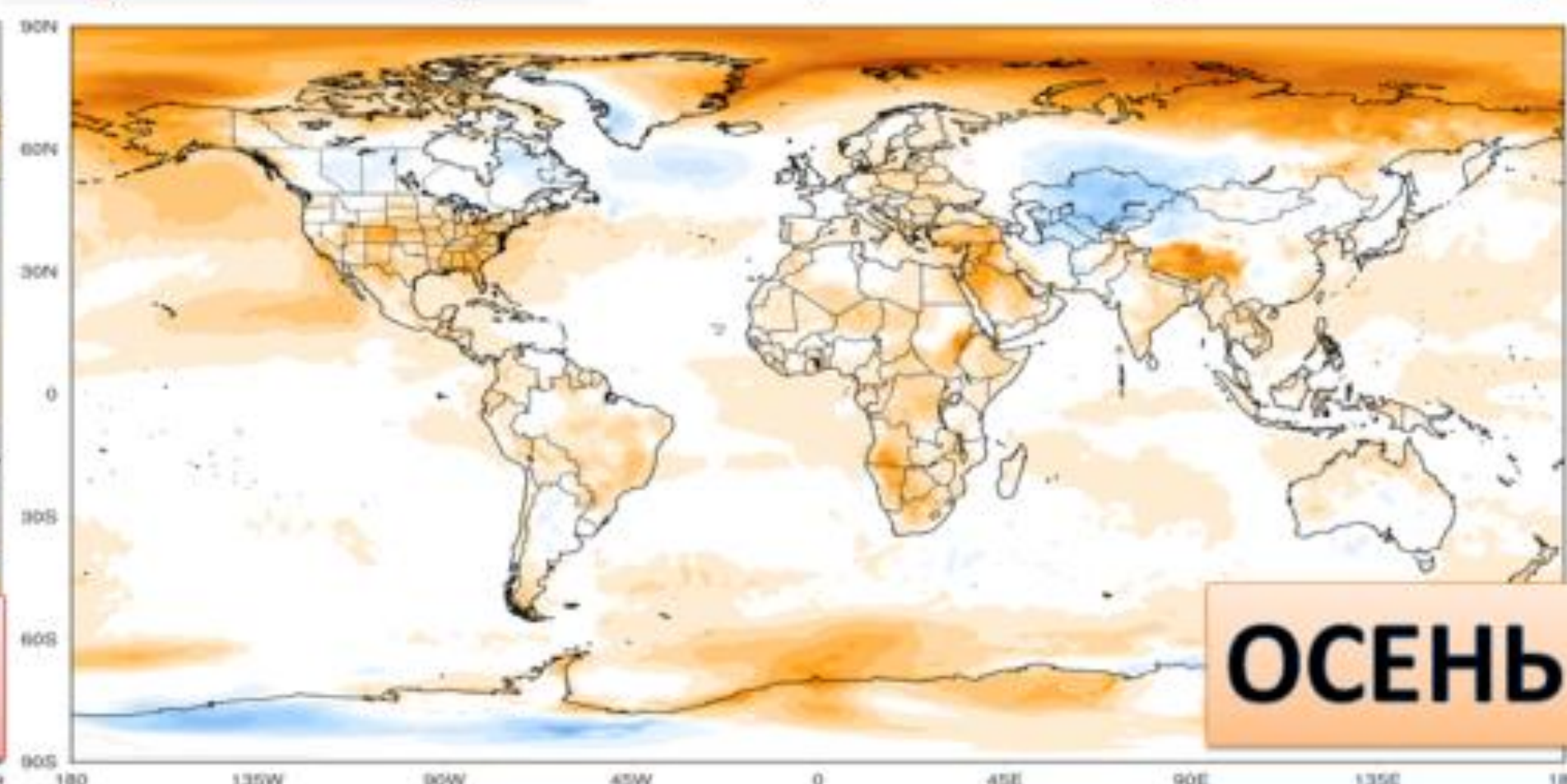
ЗИМА



ВЕСНА



ЛЕТО

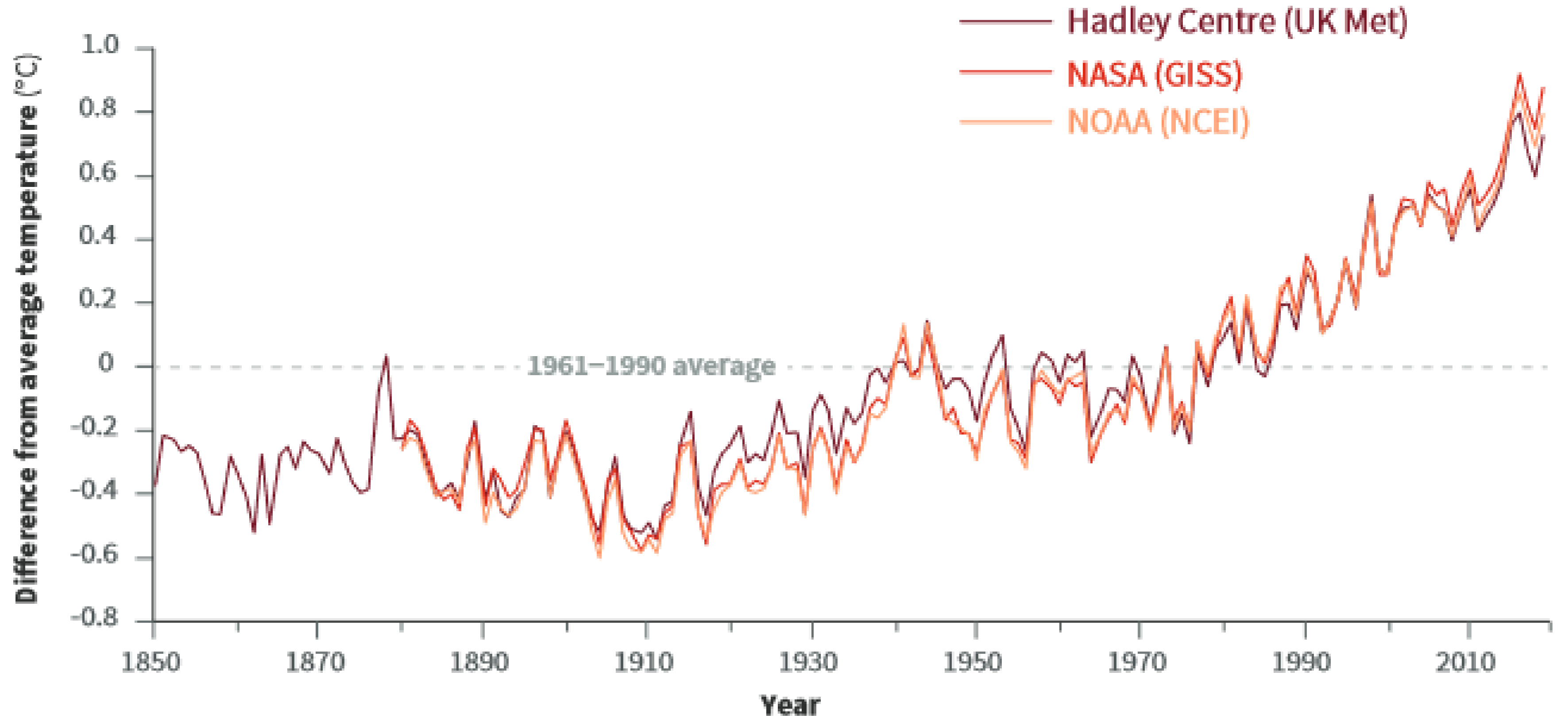


ОСЕНЬ

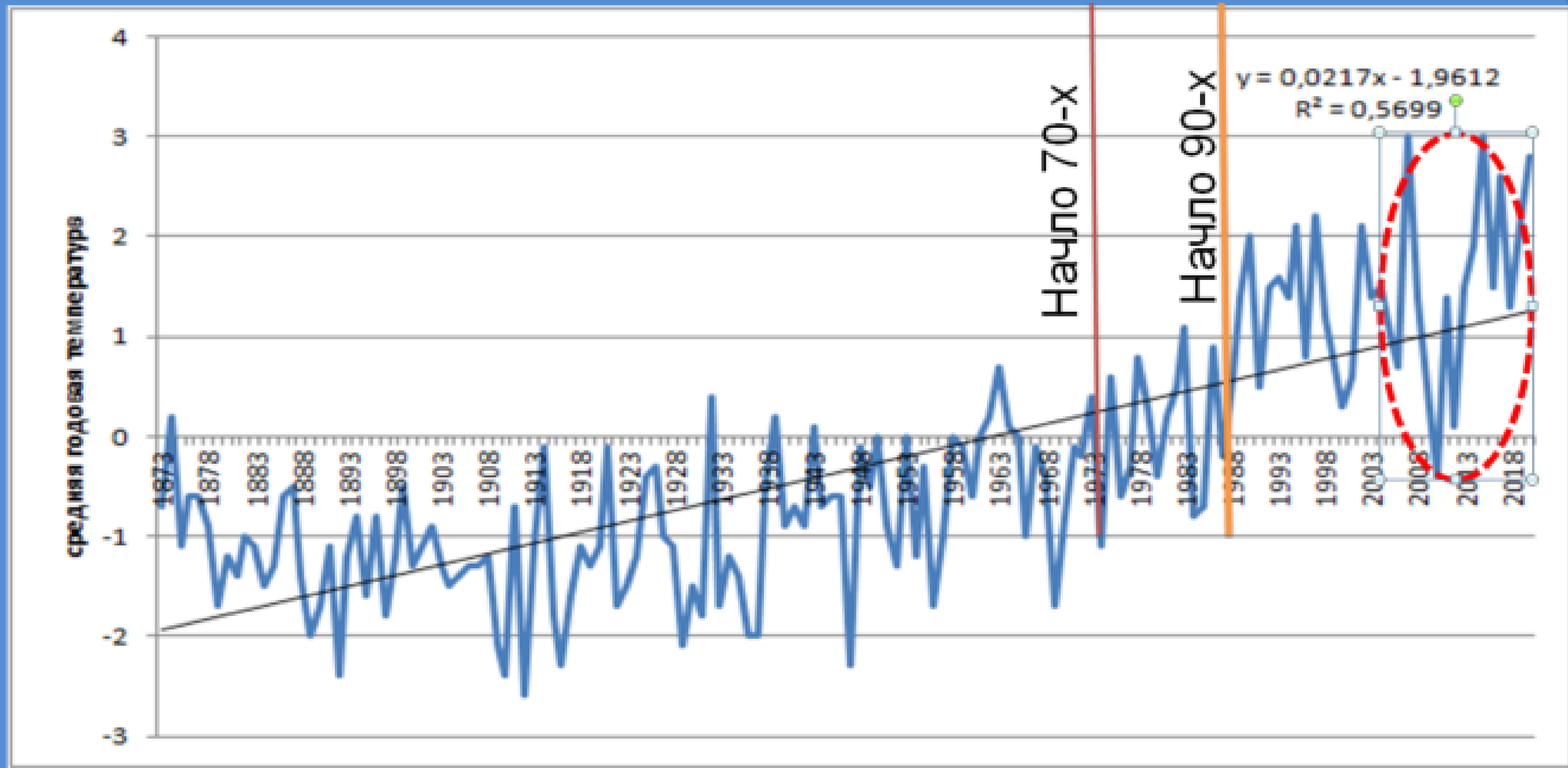
АНОМАЛИИ СРЕДНИХ ГОДОВЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА В 1950-2021 ГГ.



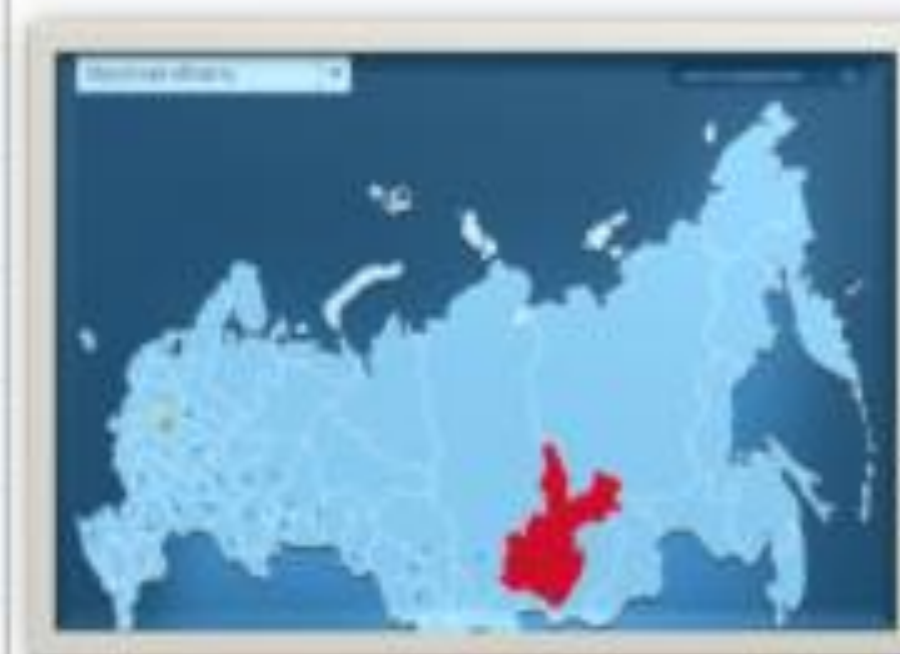
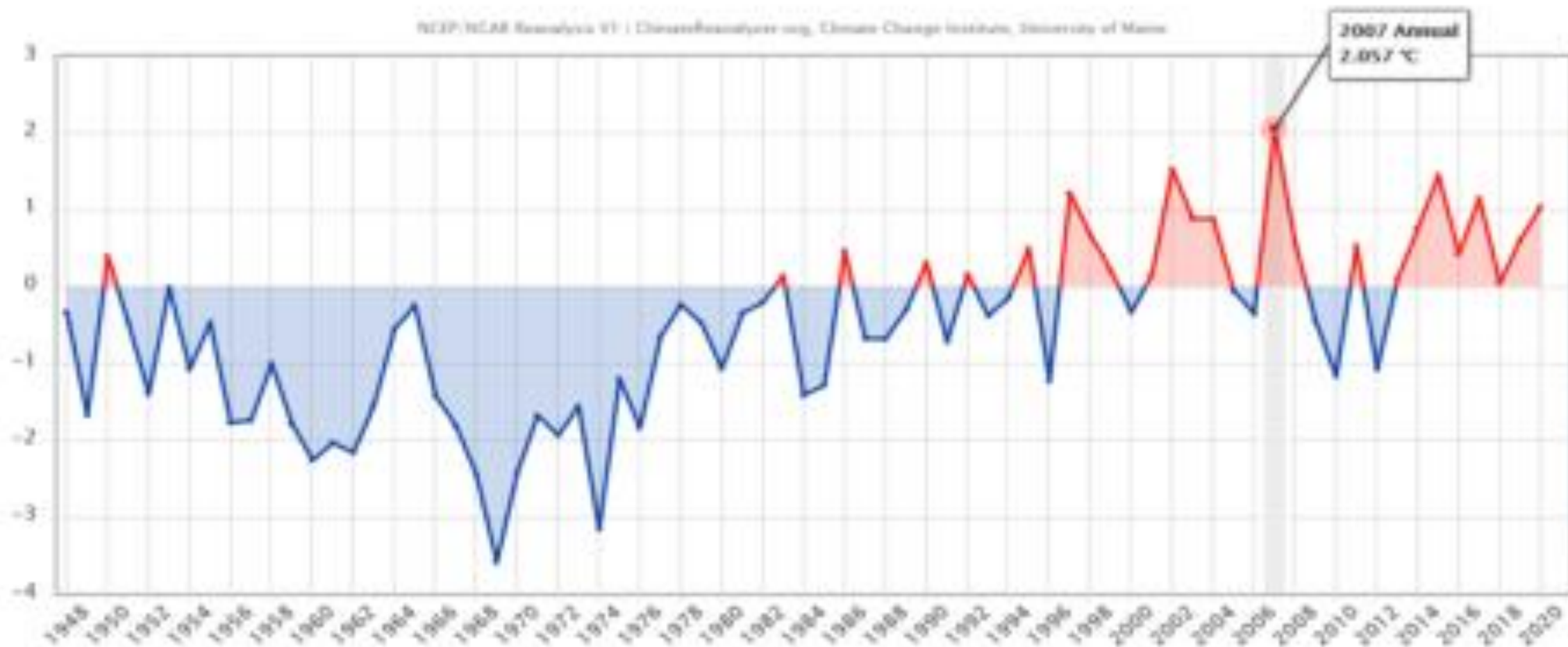
Annual global surface temperature (1850–2019)



Средняя годовая температура воздуха в г. Иркутске, начиная с 1873 года (148 лет)



СРЕДНЯЯ ГОДОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА ЗА ПЕРИОД 1948-2020 ГГ.



МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

$$K = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{A_n^2}{\sigma_n^2}$$

где A_n - аномалия в точке n ($n=1,2,3,\dots$),

σ_n - её среднее квадратическое отклонение

$$P = \frac{n_+ - n_-}{N}$$

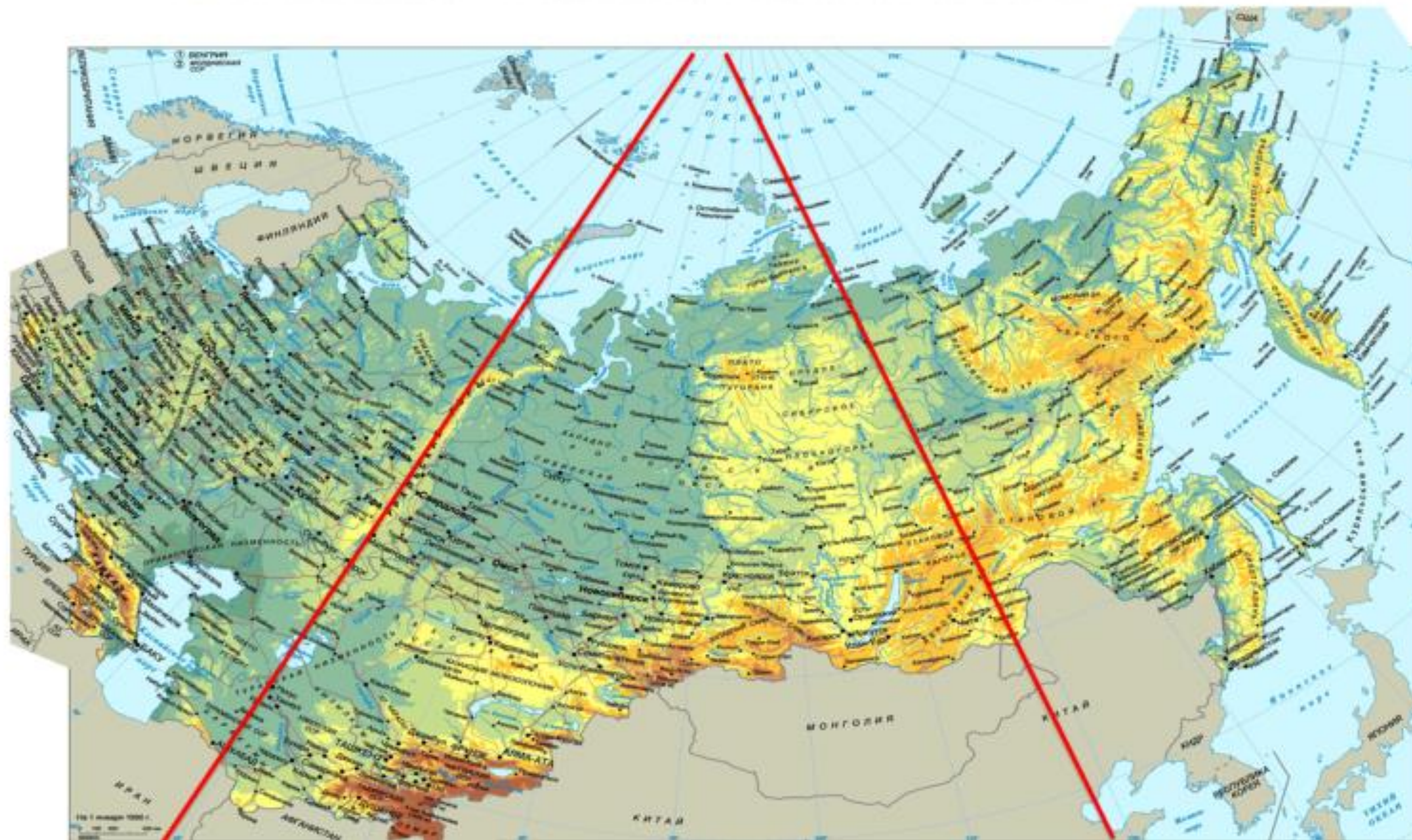
где n_+ - число точек с положительной аномалией, n_- - число точек с отрицательной, N - общее число точек (узлов сетки) на рассматриваемой территории.

P	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1
S ₊ (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
S ₋ (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

КАЛЕНДАРЬ СМЕНЫ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ЭПОХ ПО Б.Л.ДЗЕРДЗЕЕВСКОМУ

Циркуляционная эпоха	Периоды внутри эпох	Годы
меридиональная северная		1899-1915
зональная		1916-1956
меридиональная южная	I. Одновременное увеличение продолжительности меридиональных северных и южных процессов	1957-1969
	II. Повышенная продолжительность зональных процессов	1970-1980
	III. Быстрый рост продолжительности меридиональных южных процессов	1981-1998
	IV. Уменьшение продолжительности меридиональных южных процессов и рост меридиональных северных	1999-по настоящее время

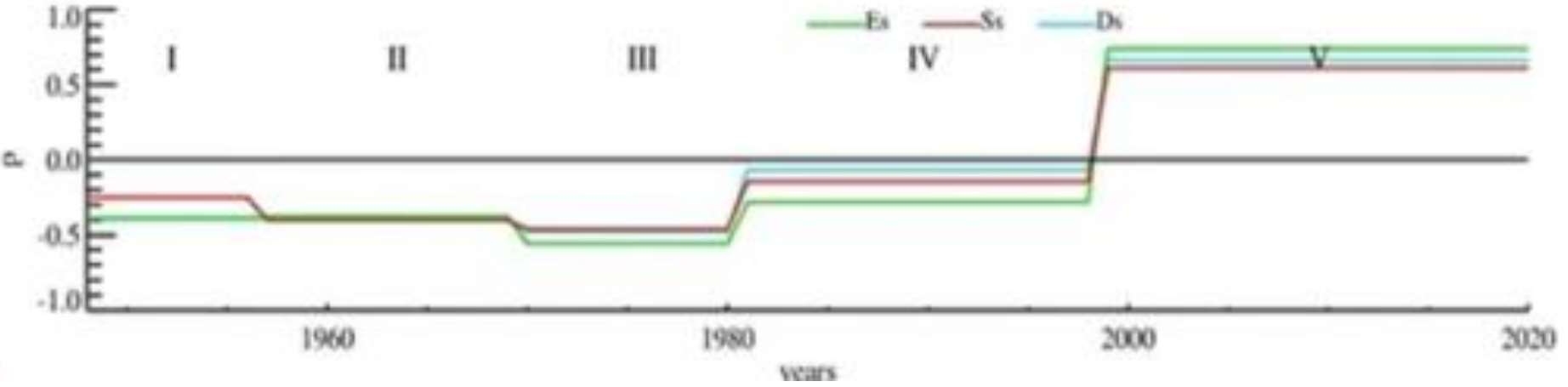
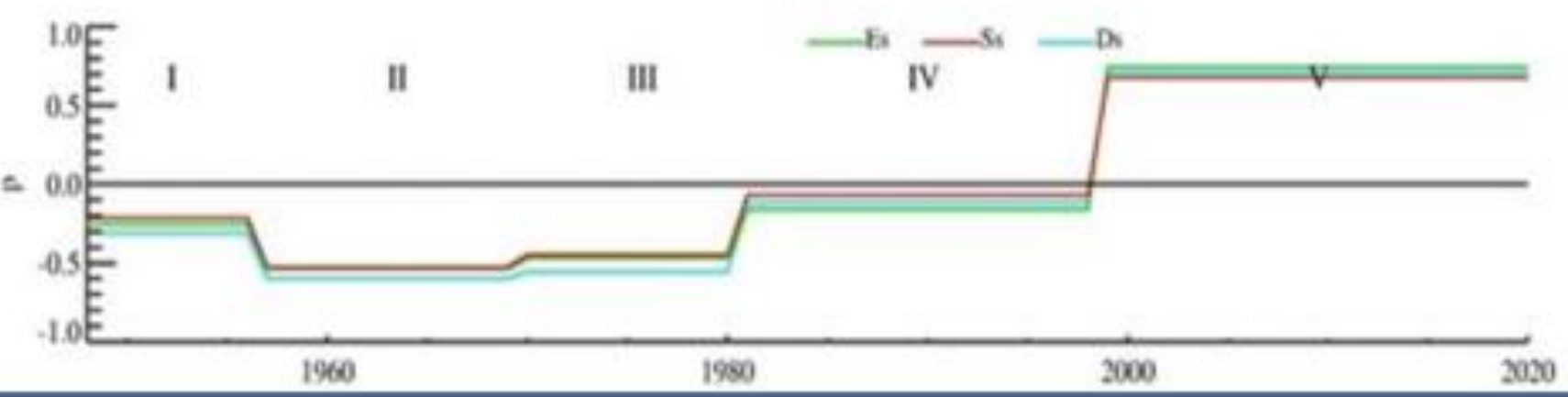
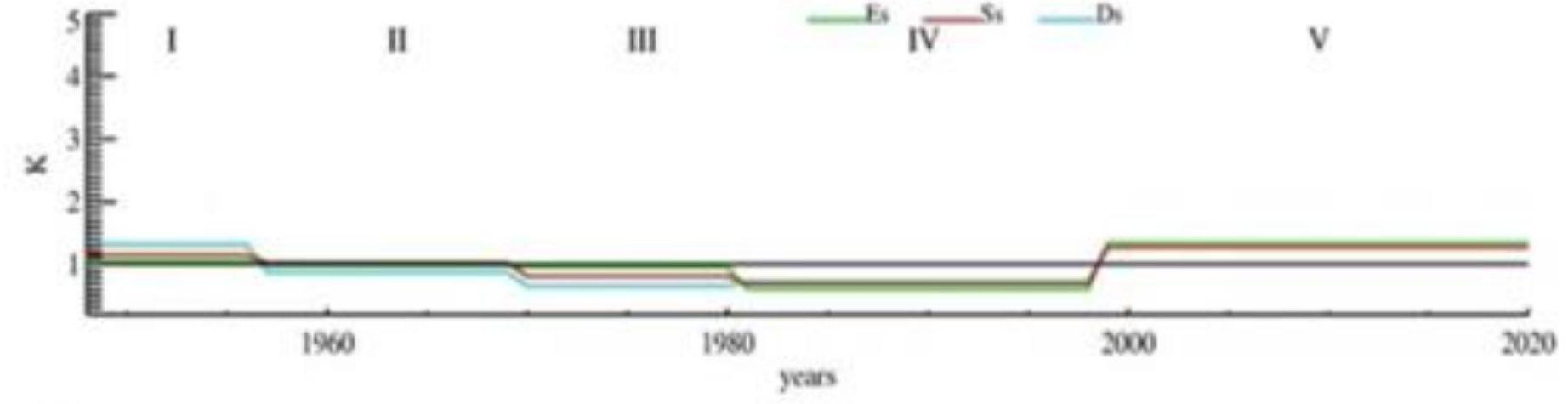
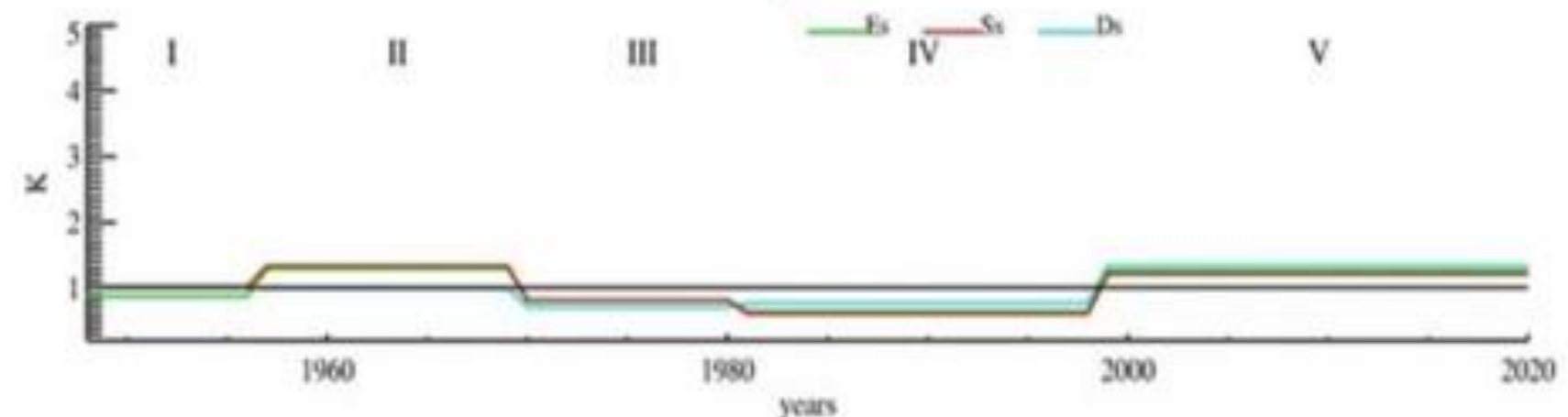
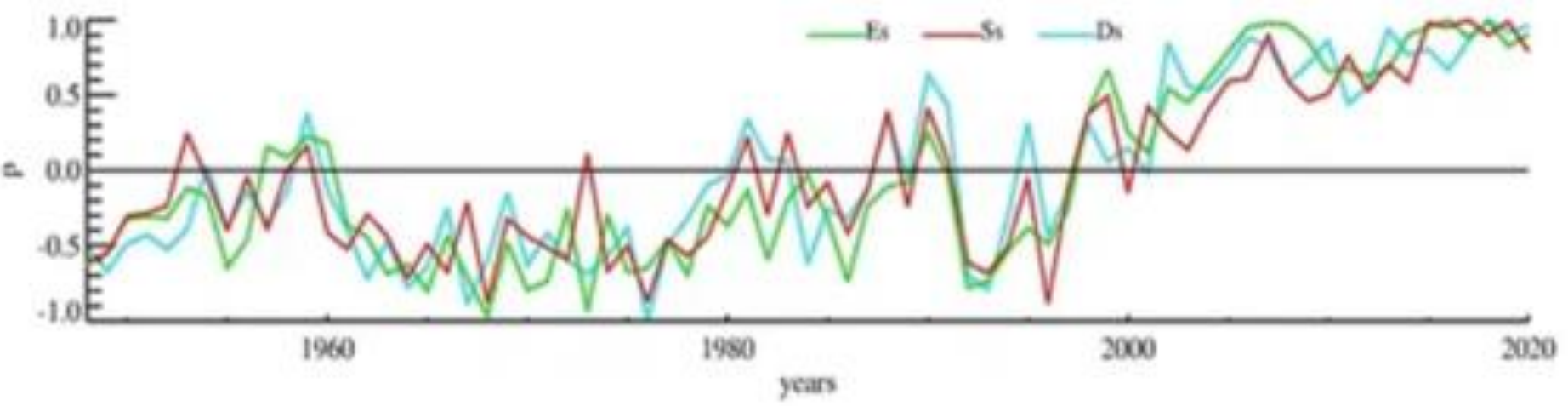
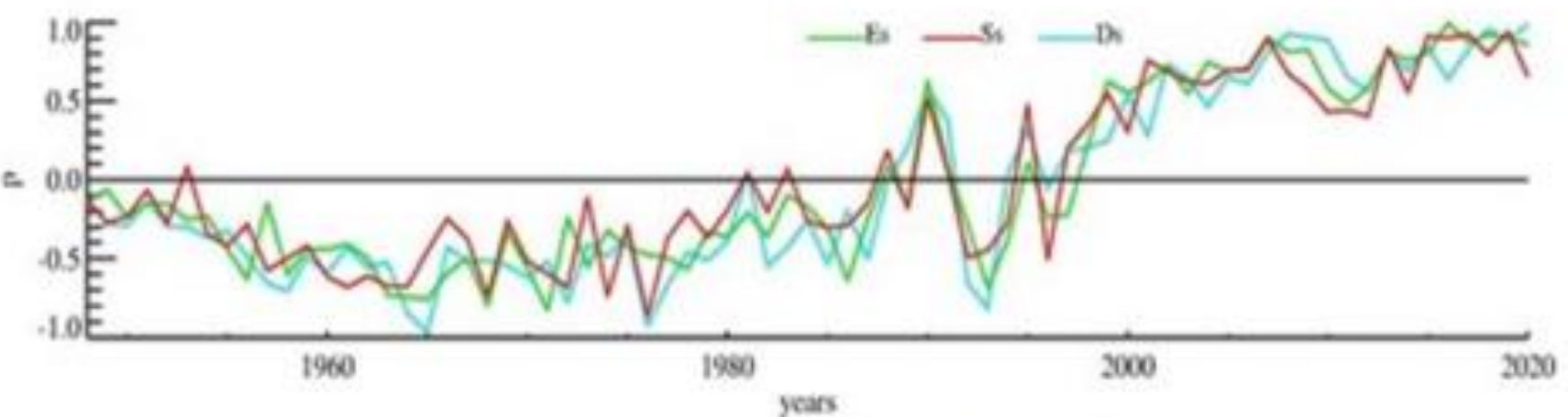
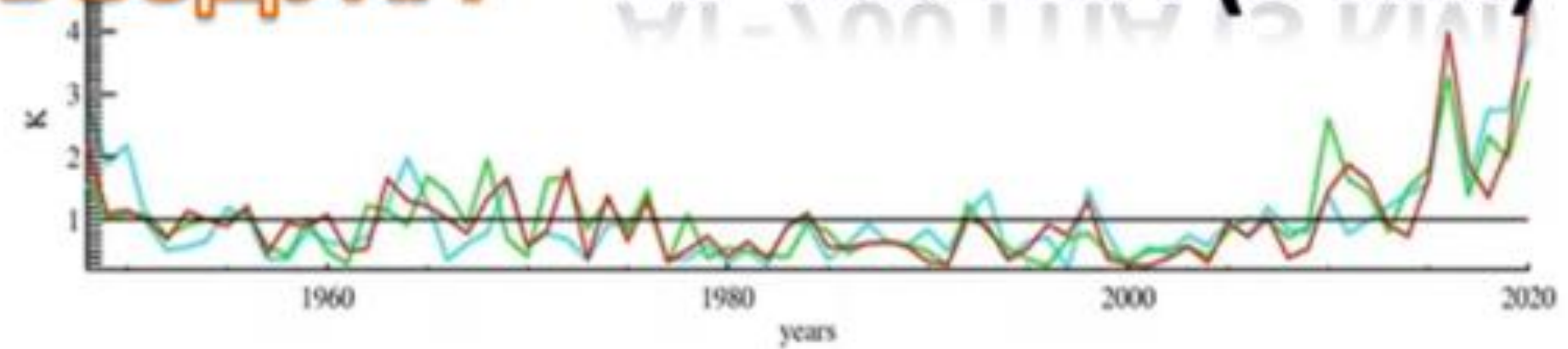
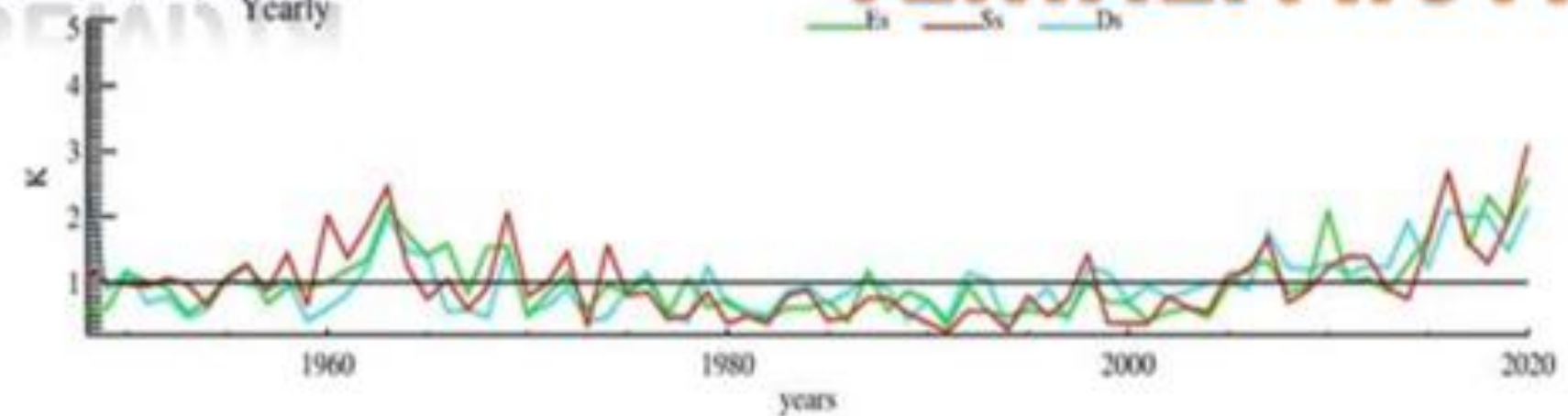
**ЕВРОПЕЙСКИЙ СЕКТОР (0-59 °В.Д) СИБИРСКИЙ СЕКТОР (60 °В.Д -119 °В.Д).
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ СЕКТОР (120 °В.Д -169 °В.Д)**



ЗЕМЛЯ

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

АТ-700 ГПА (3 КМ)



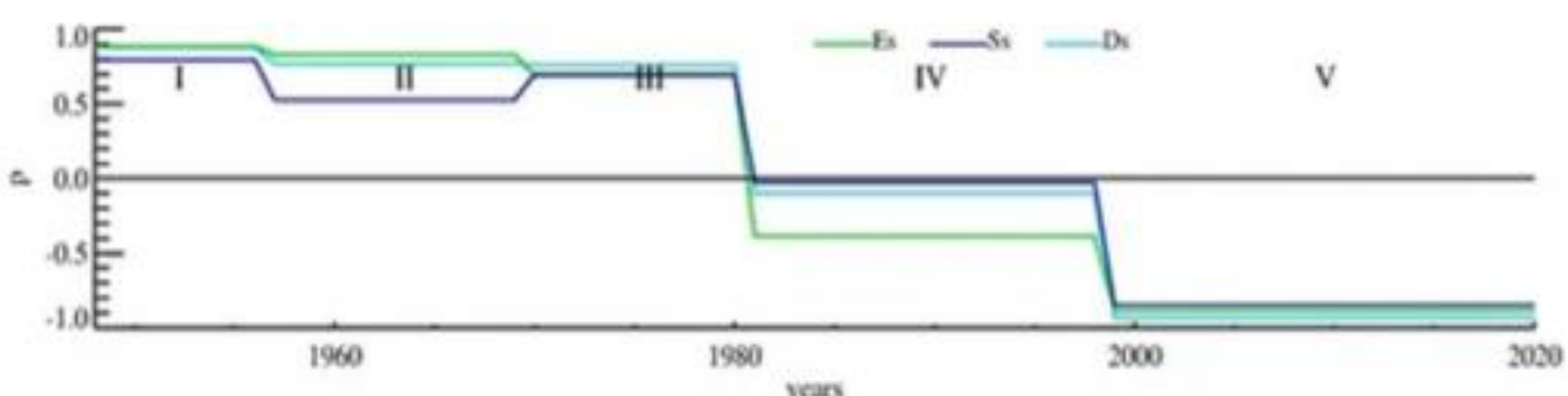
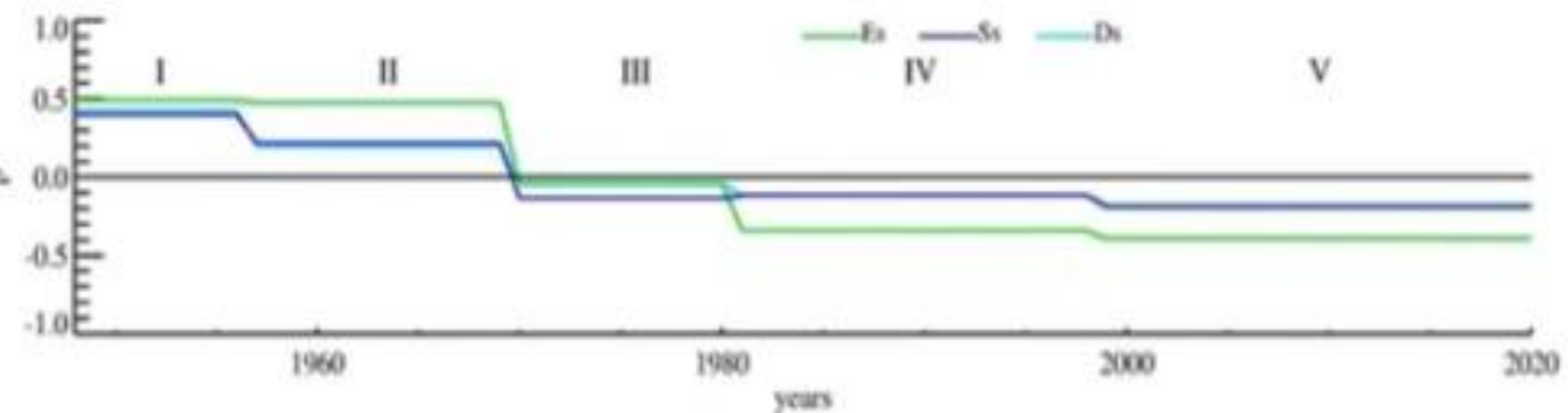
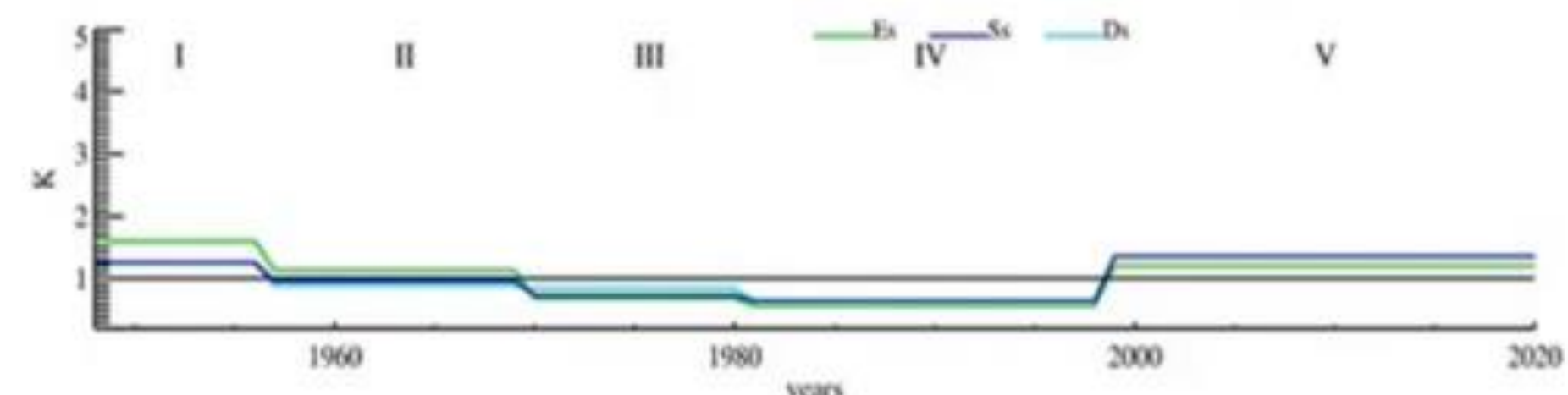
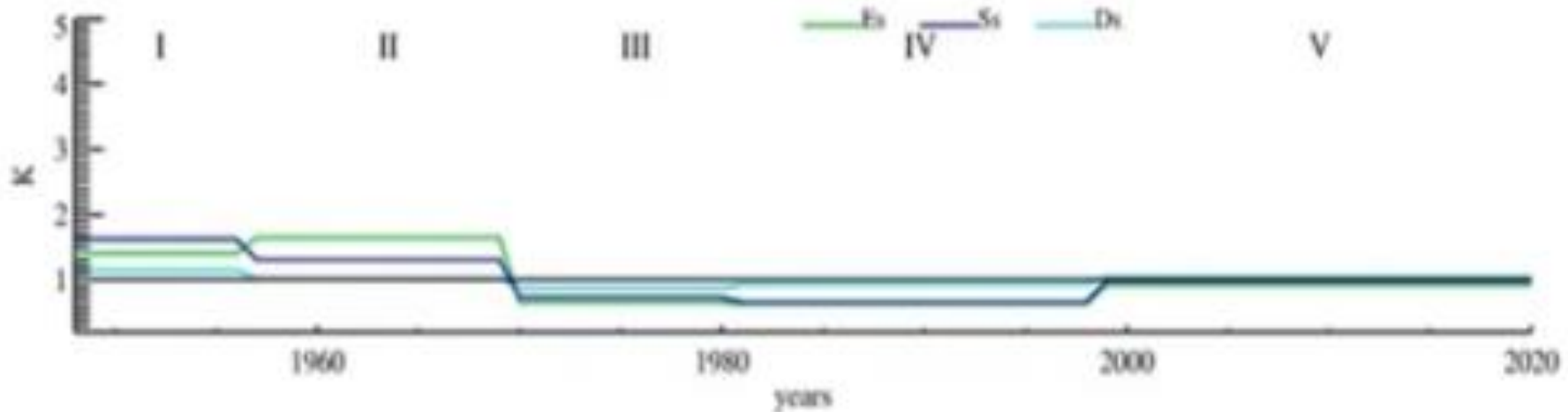
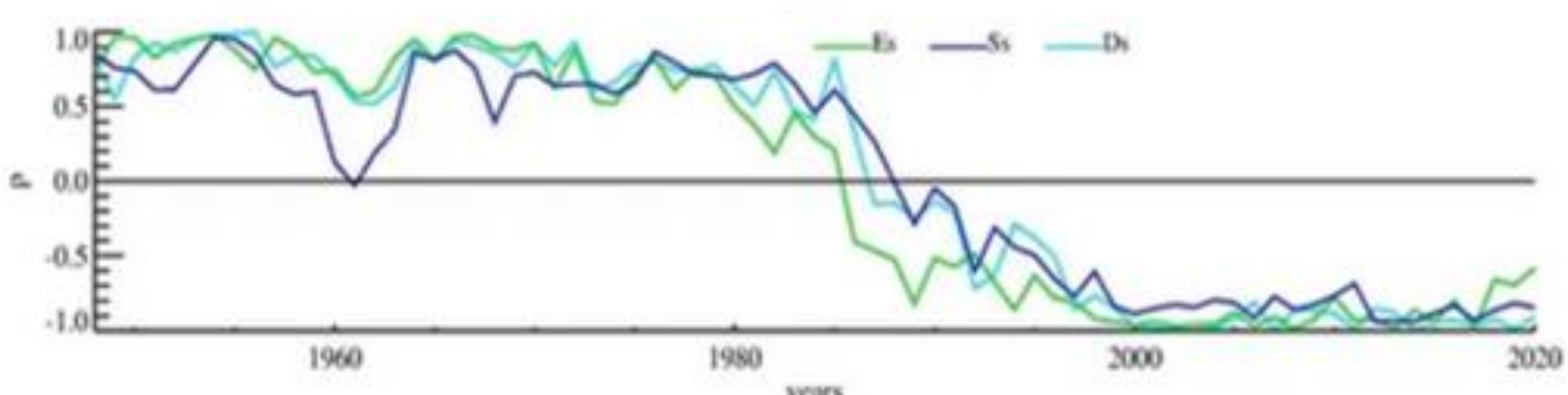
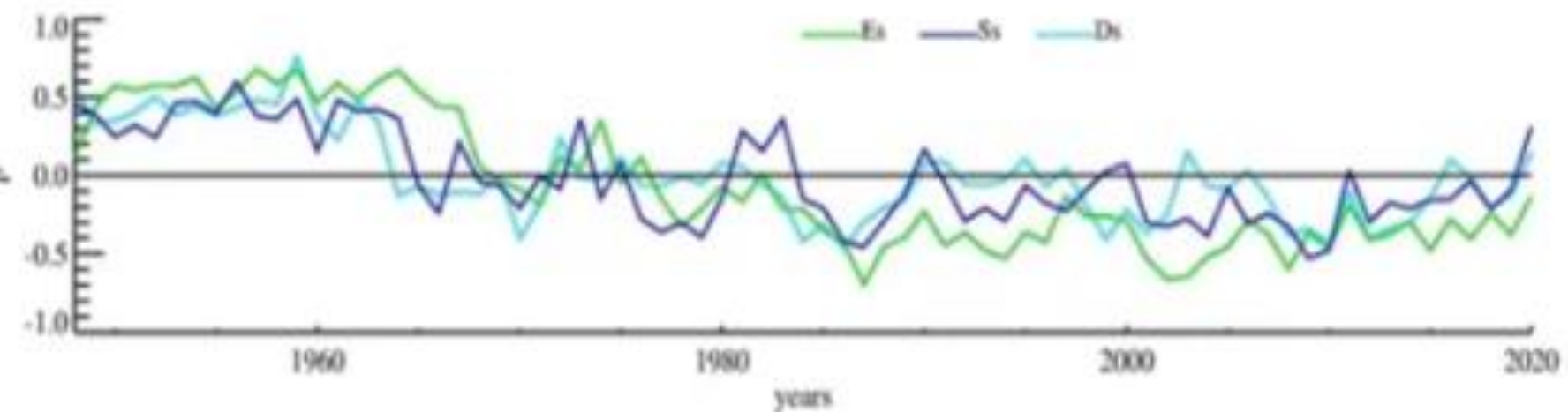
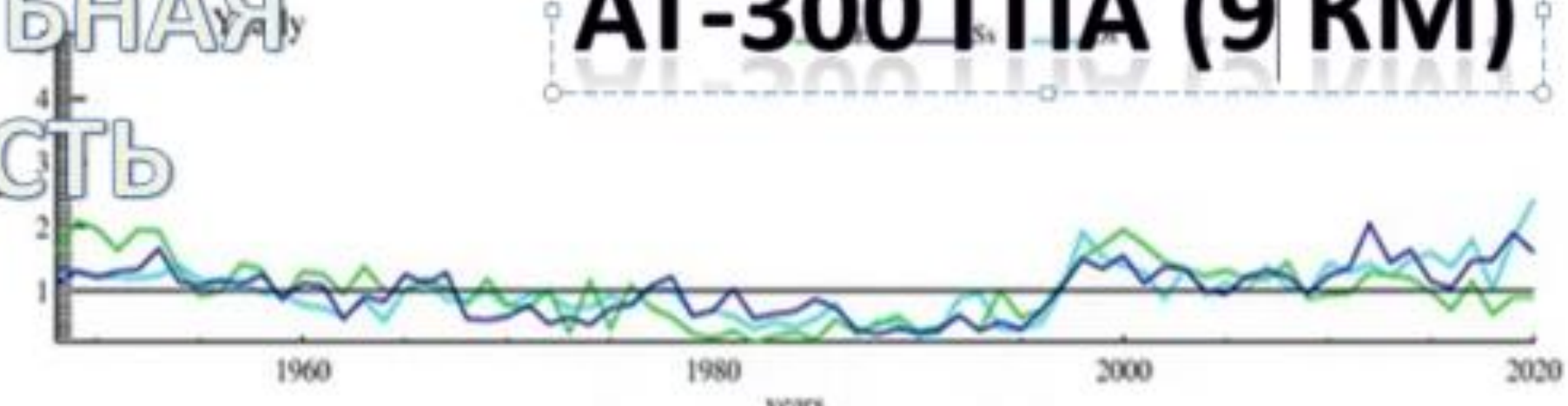
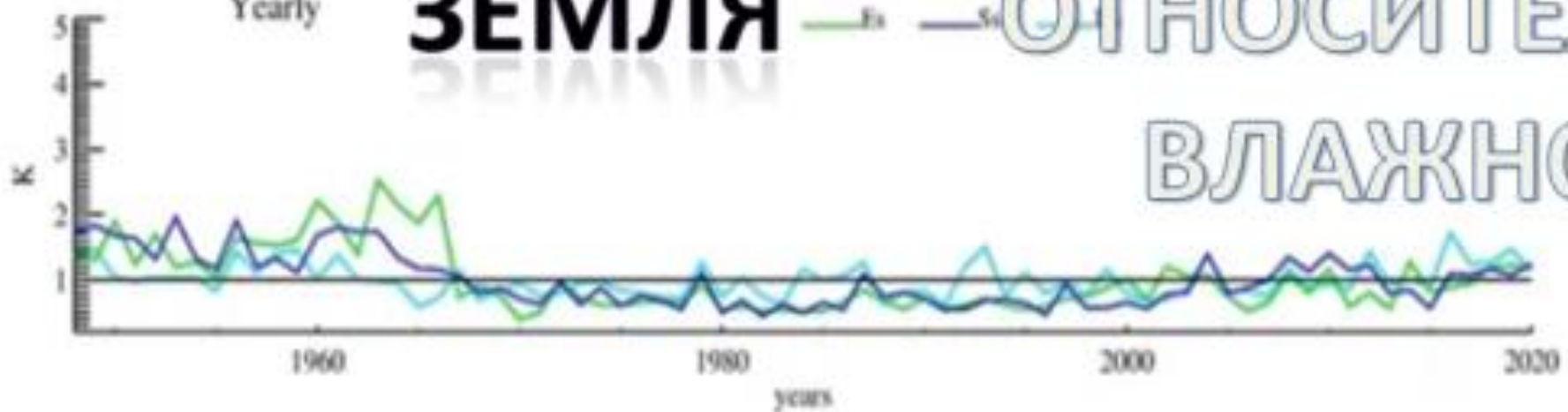
Yearly

ЗЕМЛЯ

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ

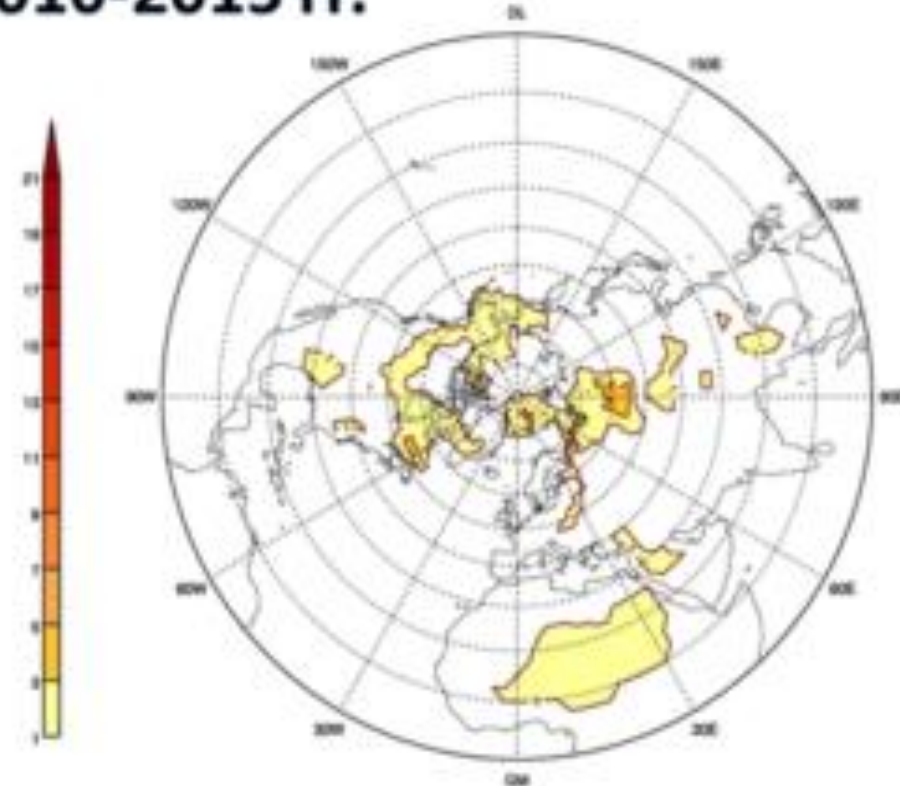
АТ-300 ГПА (9 КМ)

ВЛАЖНОСТЬ

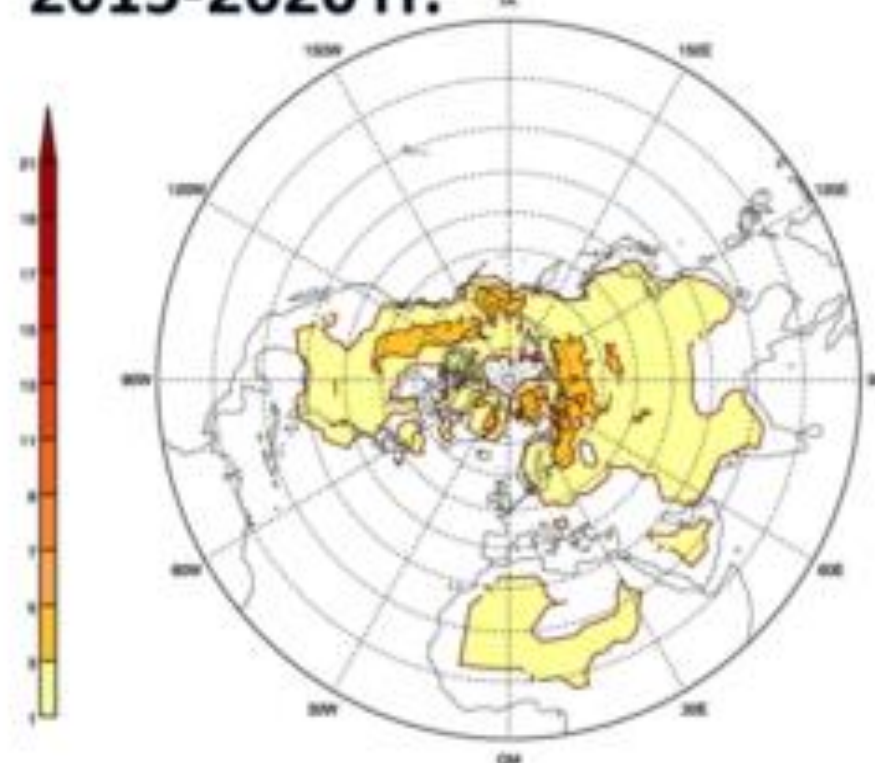


Зима аномалии $>6^{\circ}\text{C}$

2010-2015 гг.

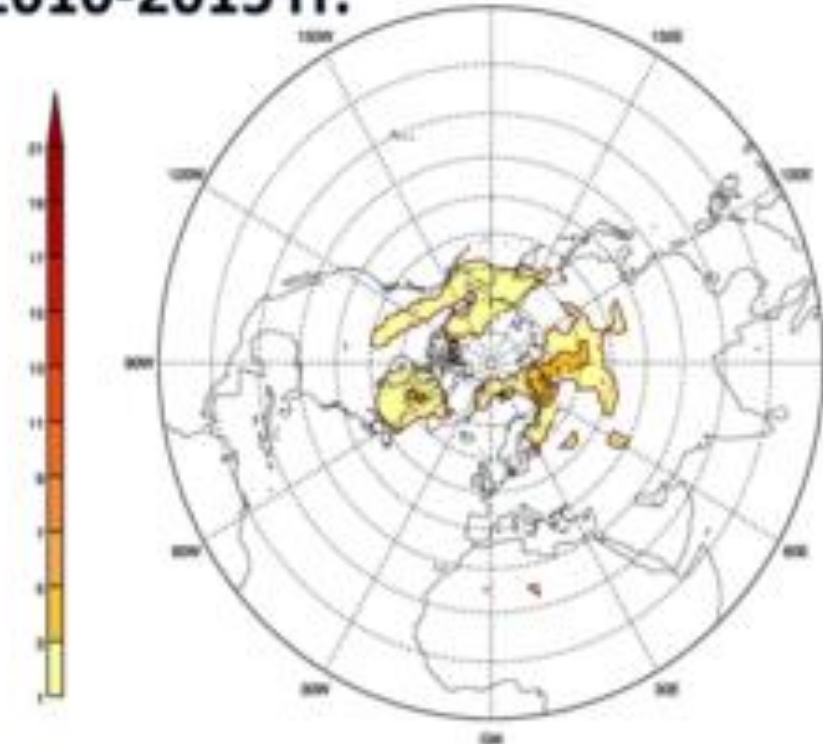


2015-2020 гг.

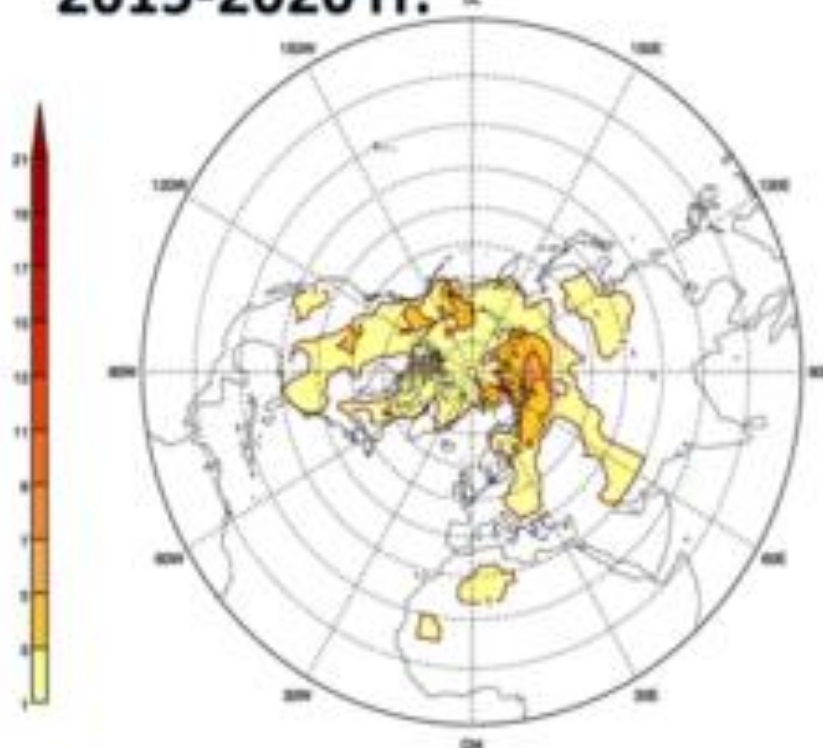


Зима аномалии $>6^{\circ}\text{C}$

2010-2015 гг.

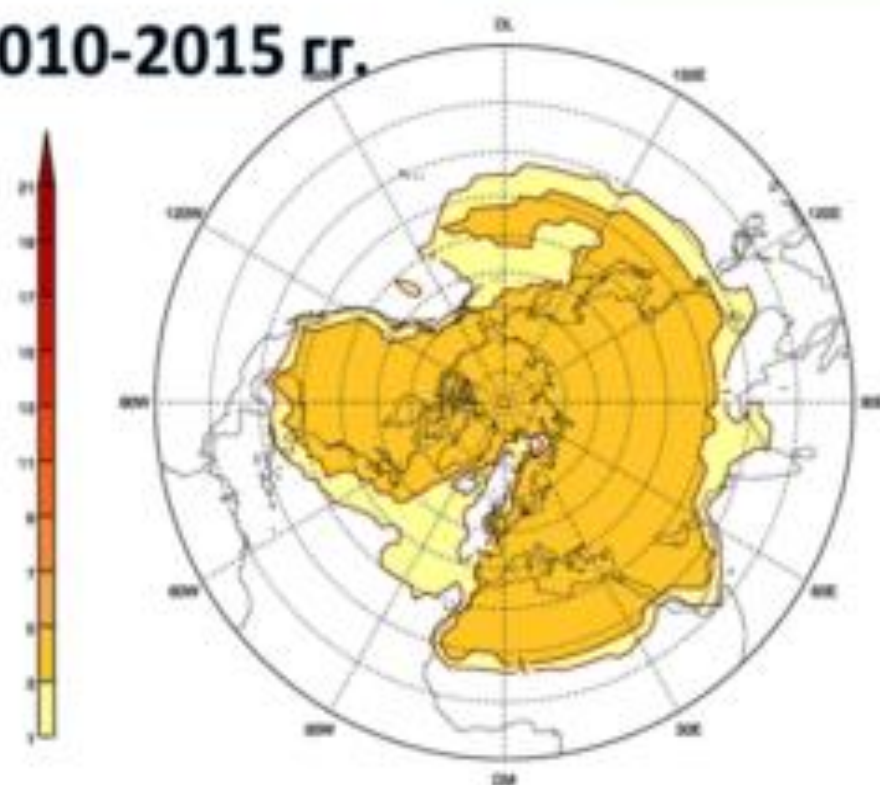


2015-2020 гг.

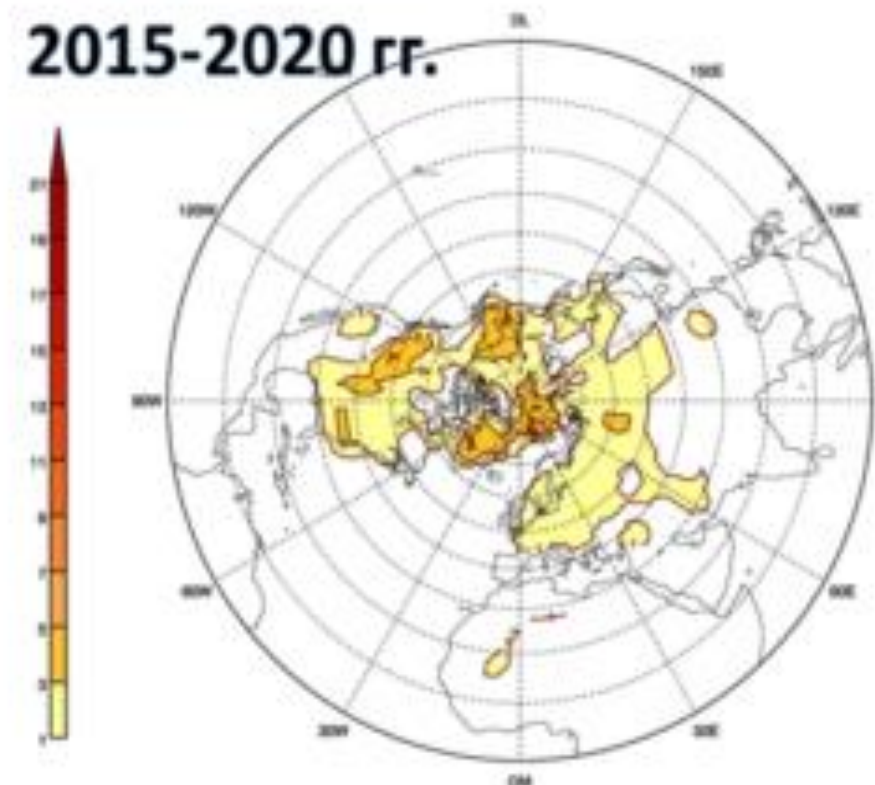


Лето аномалии $>6^{\circ}\text{C}$

2010-2015 гг.

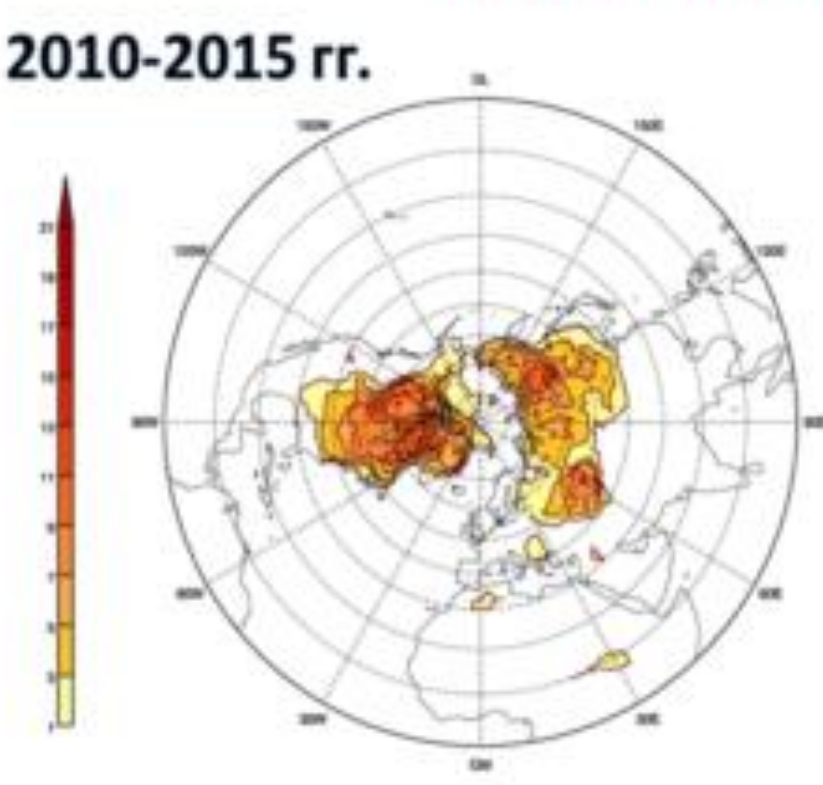


2015-2020 гг.

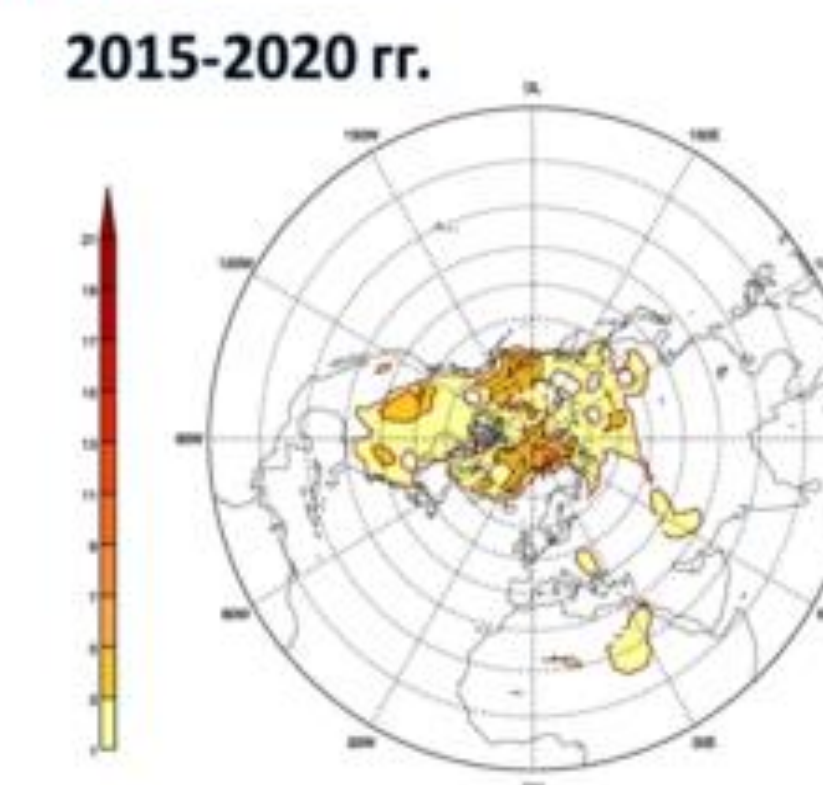


Лето аномалии $>6^{\circ}\text{C}$

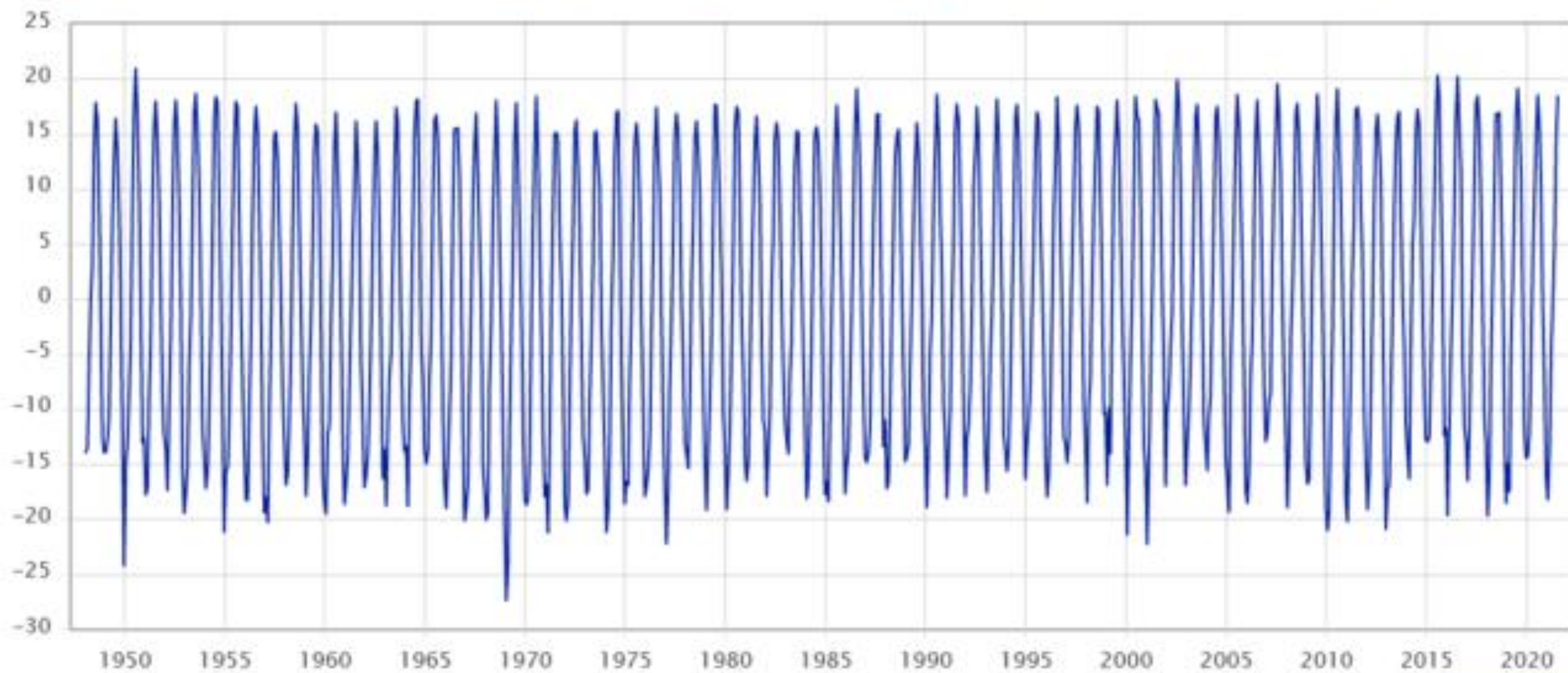
2010-2015 гг.



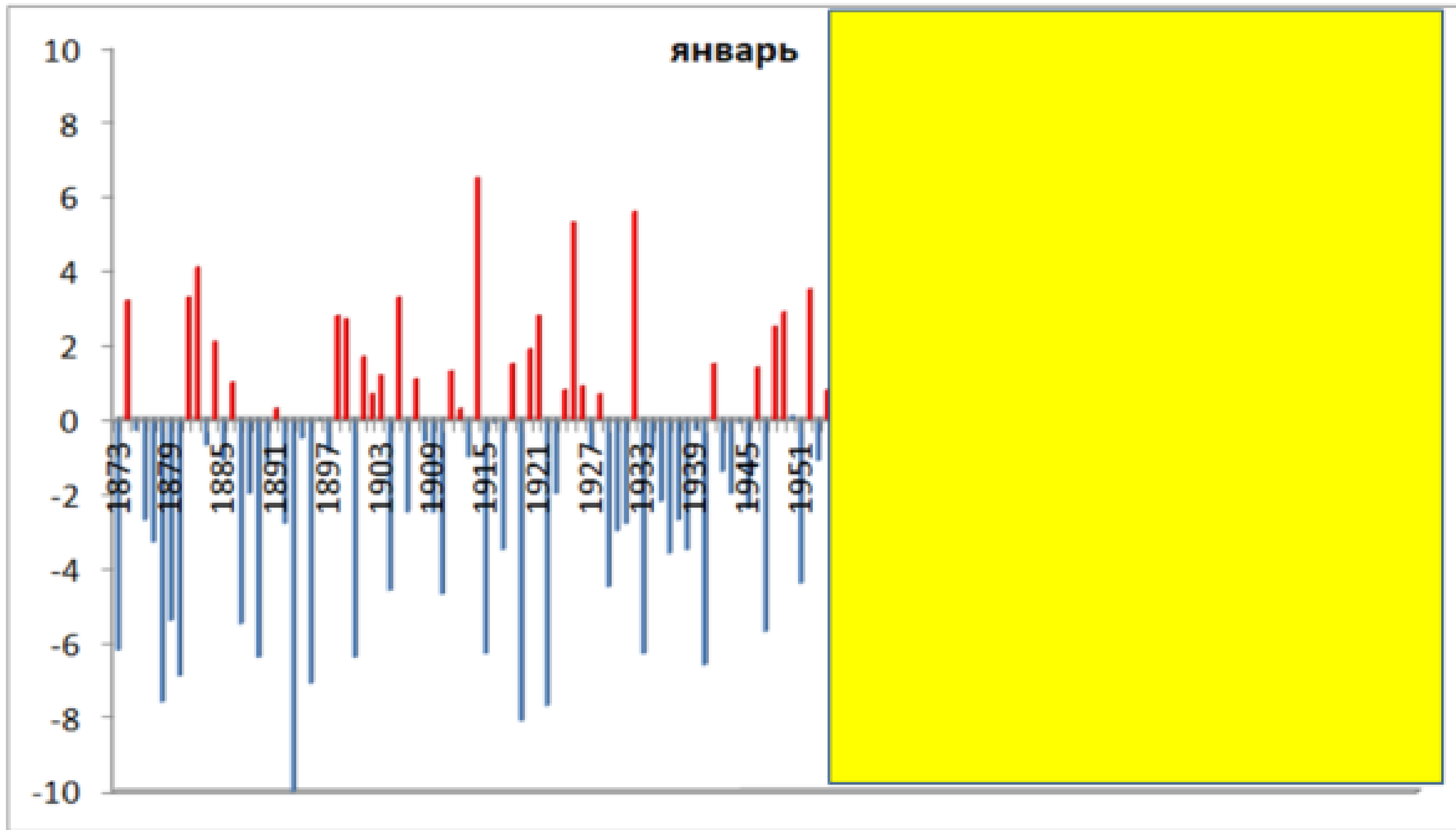
2015-2020 гг.



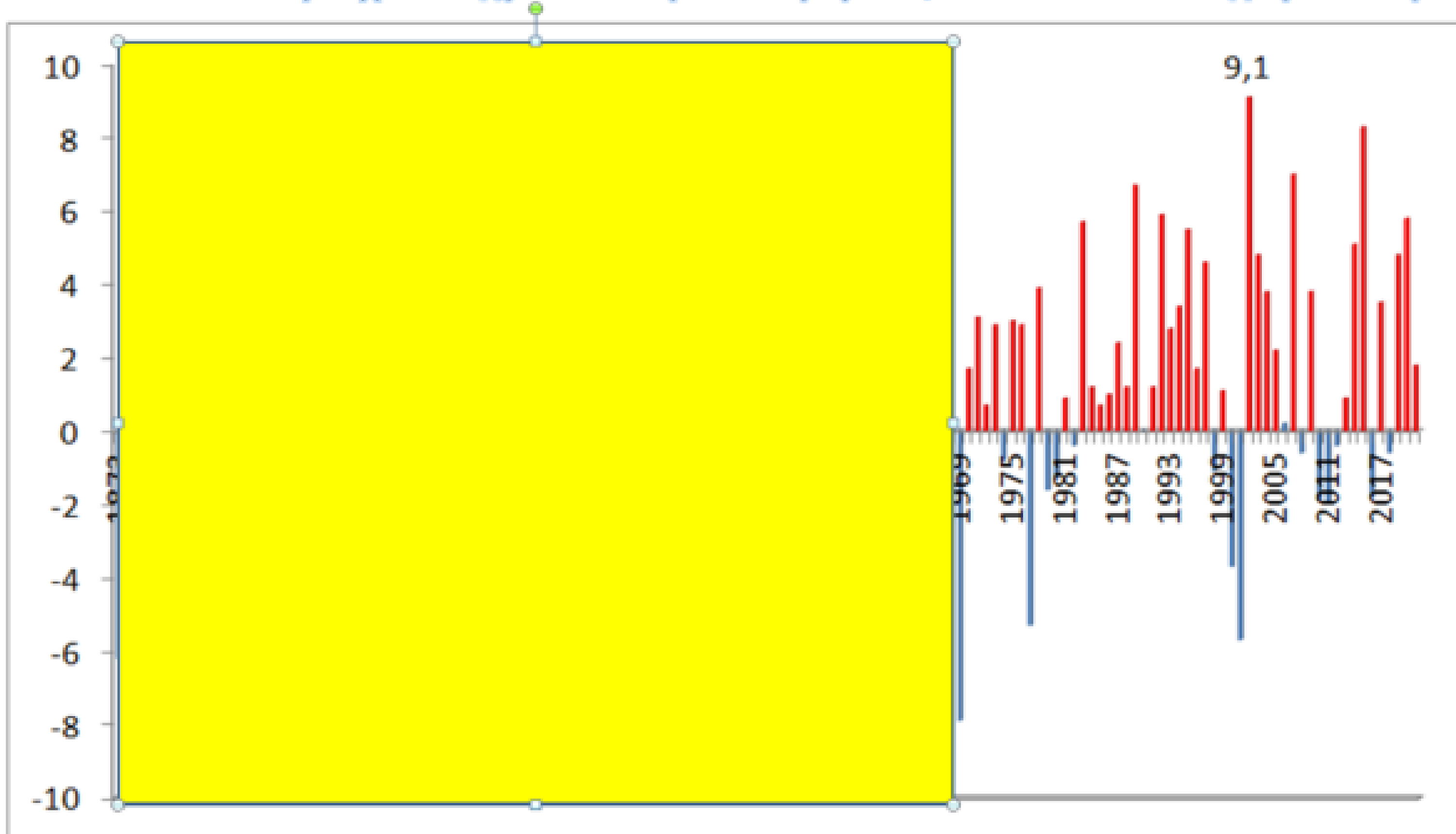
Средняя месячная температура воздуха в г.. Иркутске, начиная с 1948 года



Аномалии температуры воздуха в январе в г. Иркутске, начиная с 1873 года (148 лет)



Аномалии температуры воздуха в январе в г. Иркутске, начиная с 1873 года (148 лет)





Декабрь

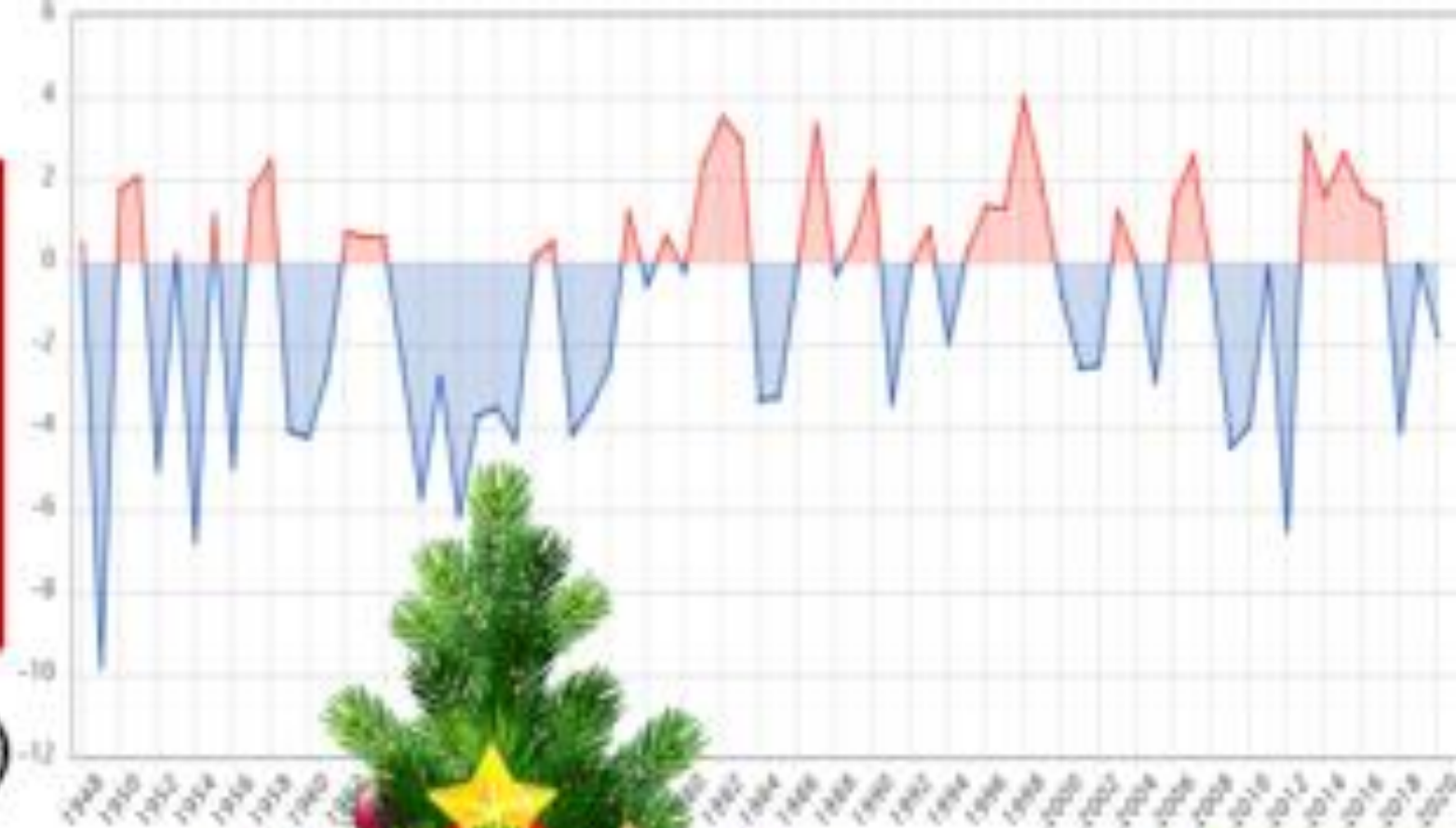
Самый холодный: -46.3°C (22 декабря 1916)

Самый теплый: $+5.3^{\circ}\text{C}$ (2 декабря 2013)

ПРАЗДНОВАЛИ НОВЫЙ ГОД

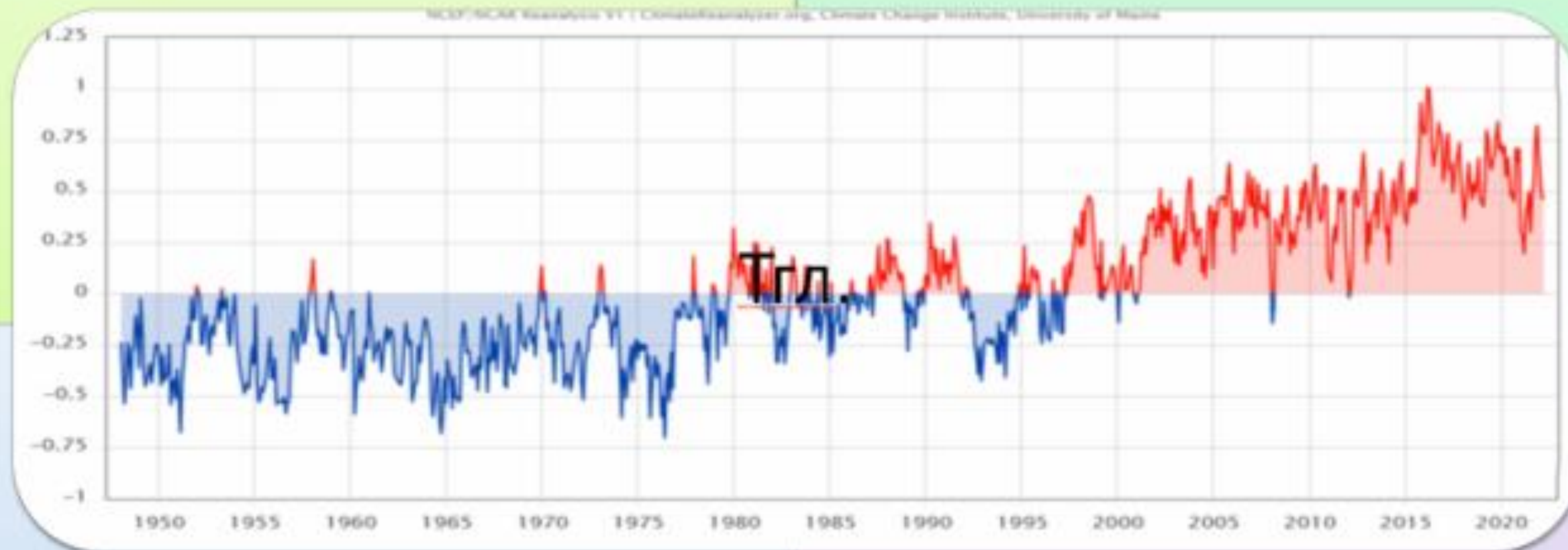
-42.4°C (1968)

$+0.4^{\circ}\text{C}$ (1973)



за последние 100 лет средняя глобальная температура земной атмосферы повысилась на $0,8^{\circ}\text{C}$

площадь снежного покрова в Северном полушарии снизилась на 8%



уровень океана поднялся в среднем на 10–20 см

Остановится ли глобальное потепление, или дальнейший рост среднегодовой температуры на Земле продолжится, – ответ на этот вопрос появится только тогда, когда будут точно установлены причины происходящих климатических изменений

Основные механизмы изменений климата Земли

антропогенные

рост концентраций парниковых газов

естественные

изменения потока
приходящей солнечной
радиации

астрономические факторы

вариации интенсивности
космических лучей

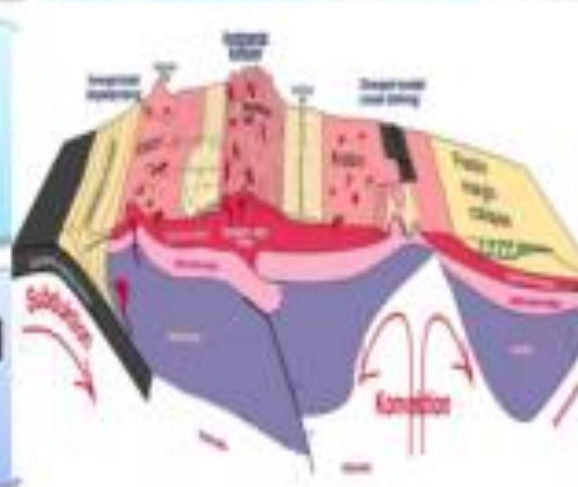
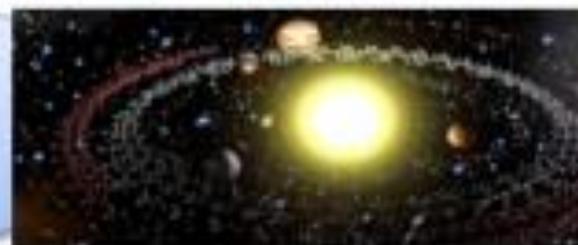
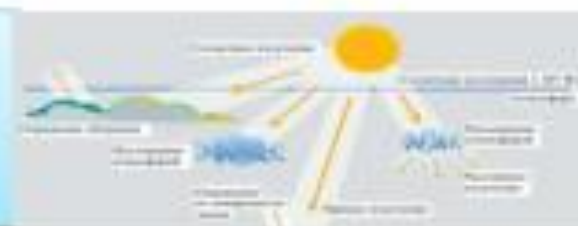
вулканическая деятельность

внутренняя изменчивость
климатических параметров

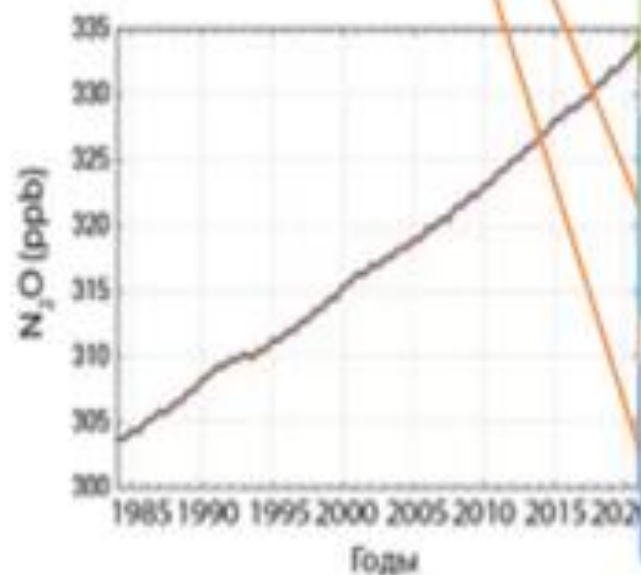
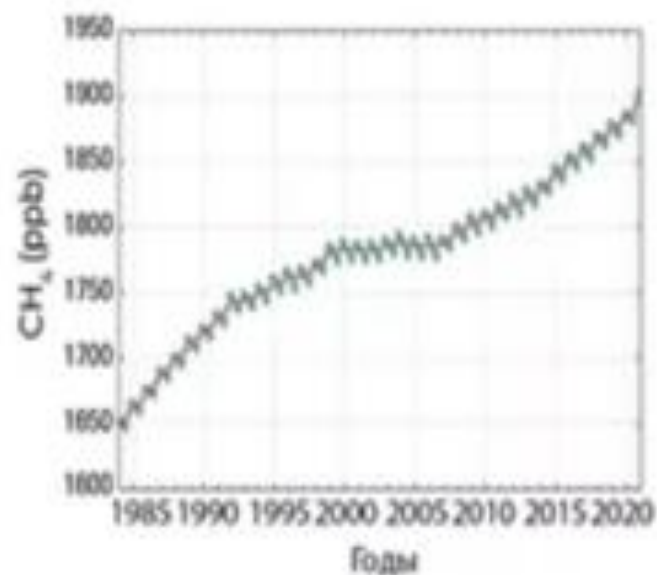
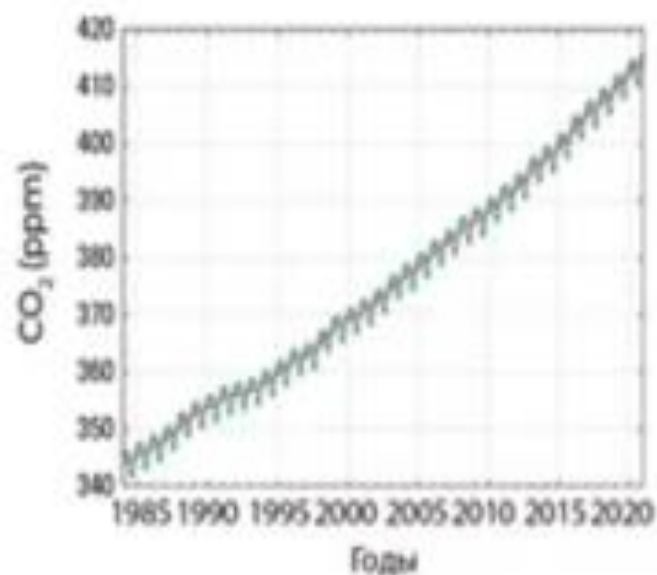
океаническая деятельность

геодинамика земной коры

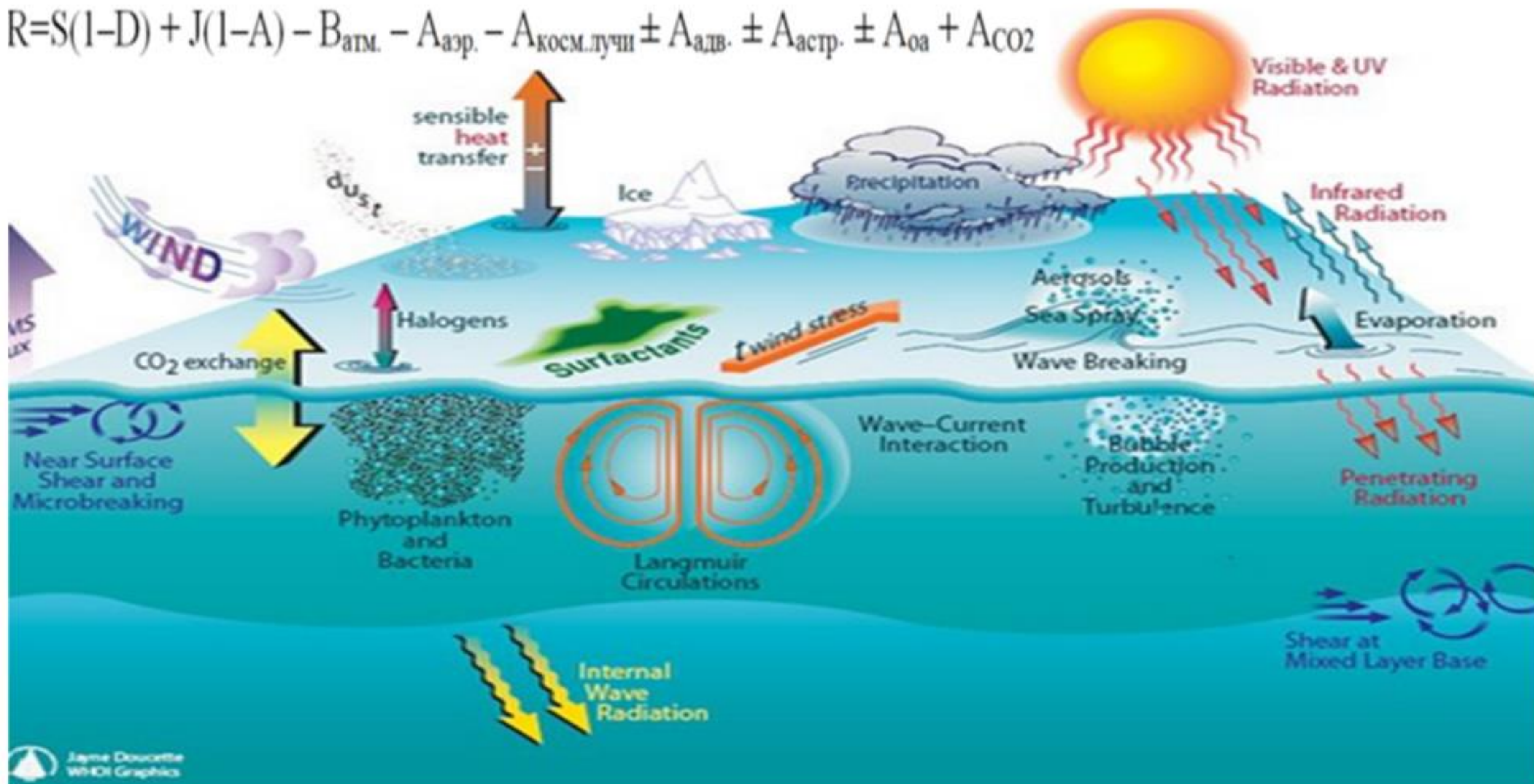
конвекция вещества в мантии
Земли



Концентрация в атмосфере основных парниковых газов



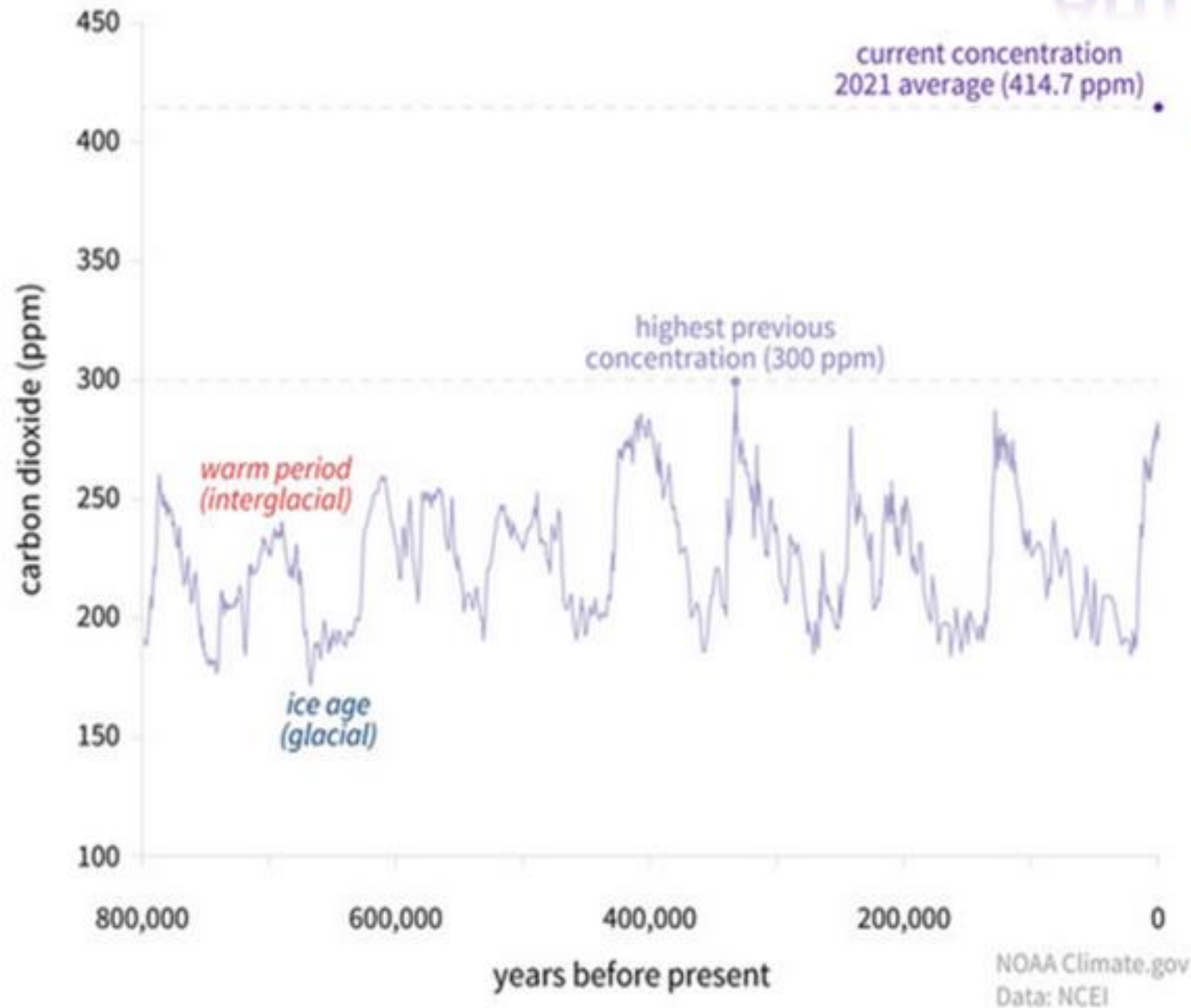
$$R = S(1-D) + J(1-A) - B_{\text{атм.}} - A_{\text{аэр.}} - A_{\text{косм.лучи}} \pm A_{\text{адв.}} \pm A_{\text{астр.}} \pm A_{\text{оа}} + A_{\text{CO}_2}$$



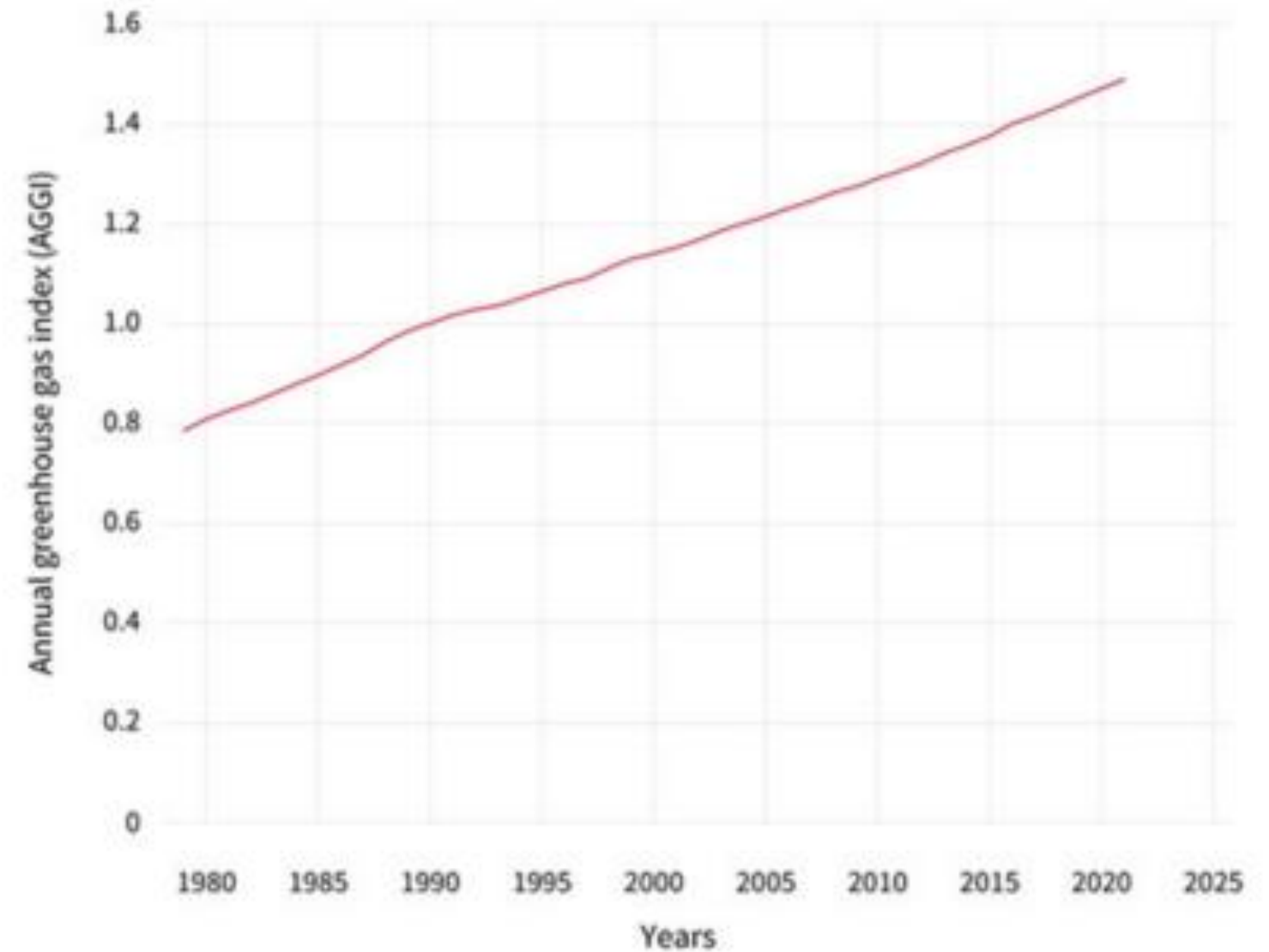
ИЗМЕНЕНИЯ МОГУТ ПРОХОДИТЬ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ, А ОТКЛИКИ ТАКИХ ИЗМЕНЕНИЙ БУДУТ ПРОЯВЛЯТЬСЯ НА ТЕРРИТОРИИ ...

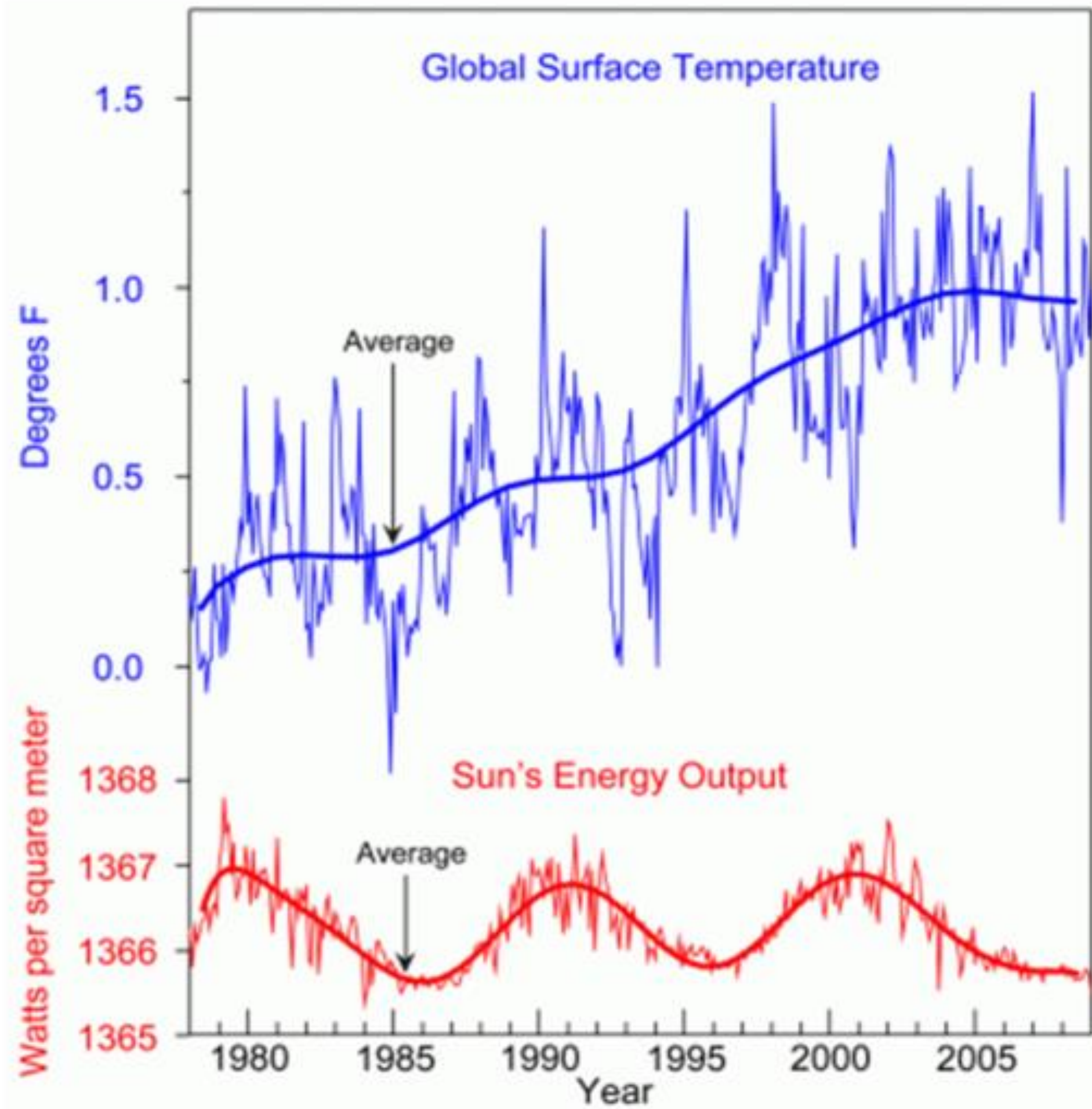
CARBON DIOXIDE OVER 800,000 YEARS

АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР

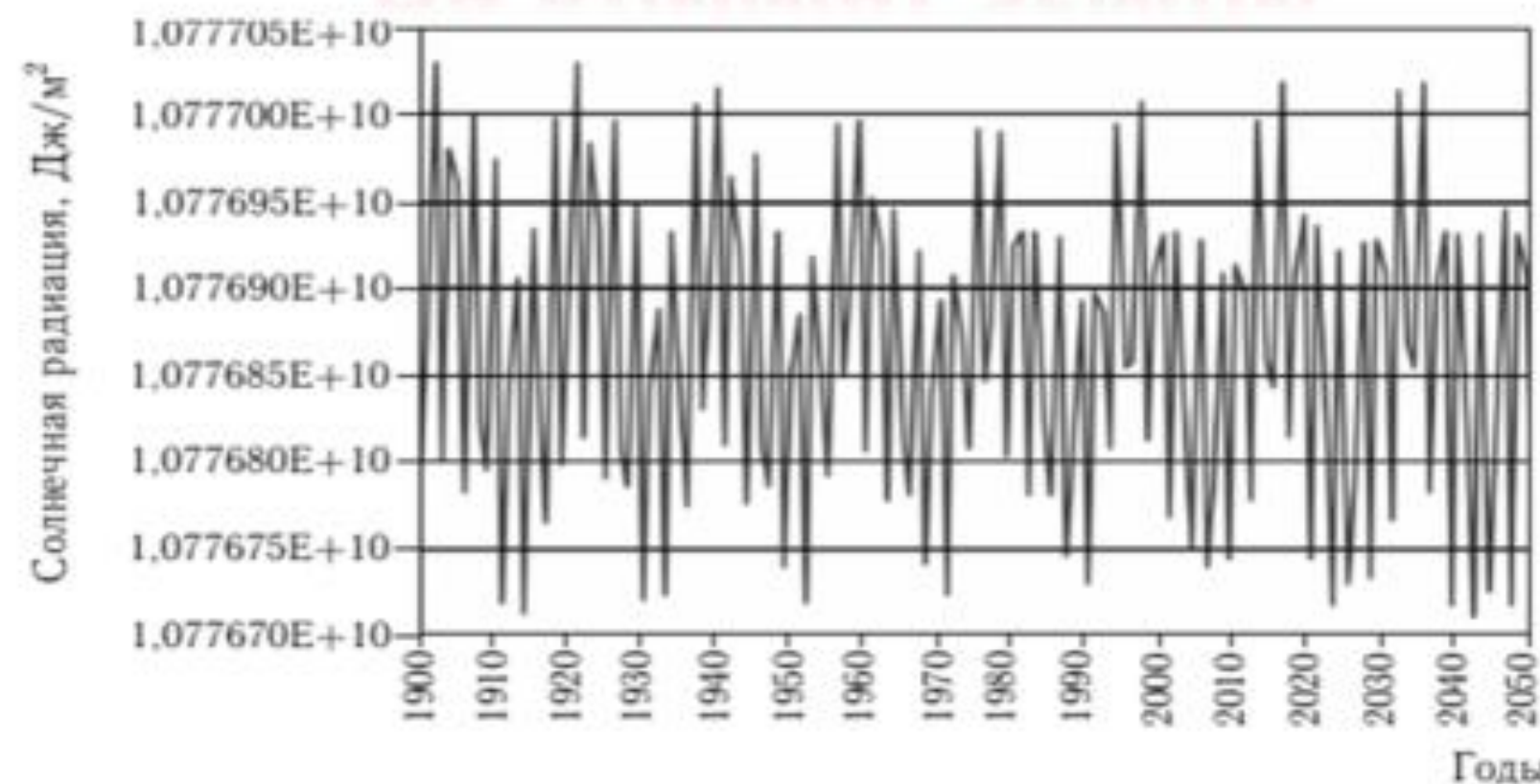


ANNUAL GREENHOUSE GAS INDEX

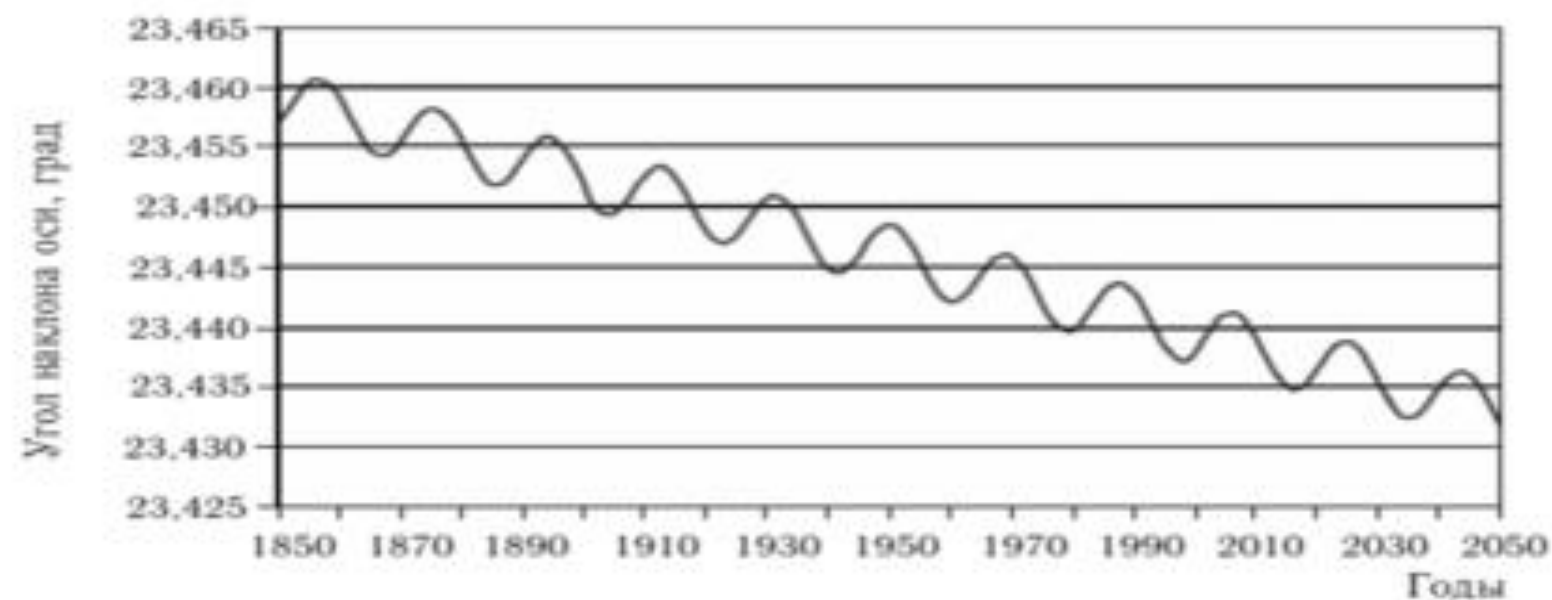




ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА КЛИМАТ ЗЕМЛИ

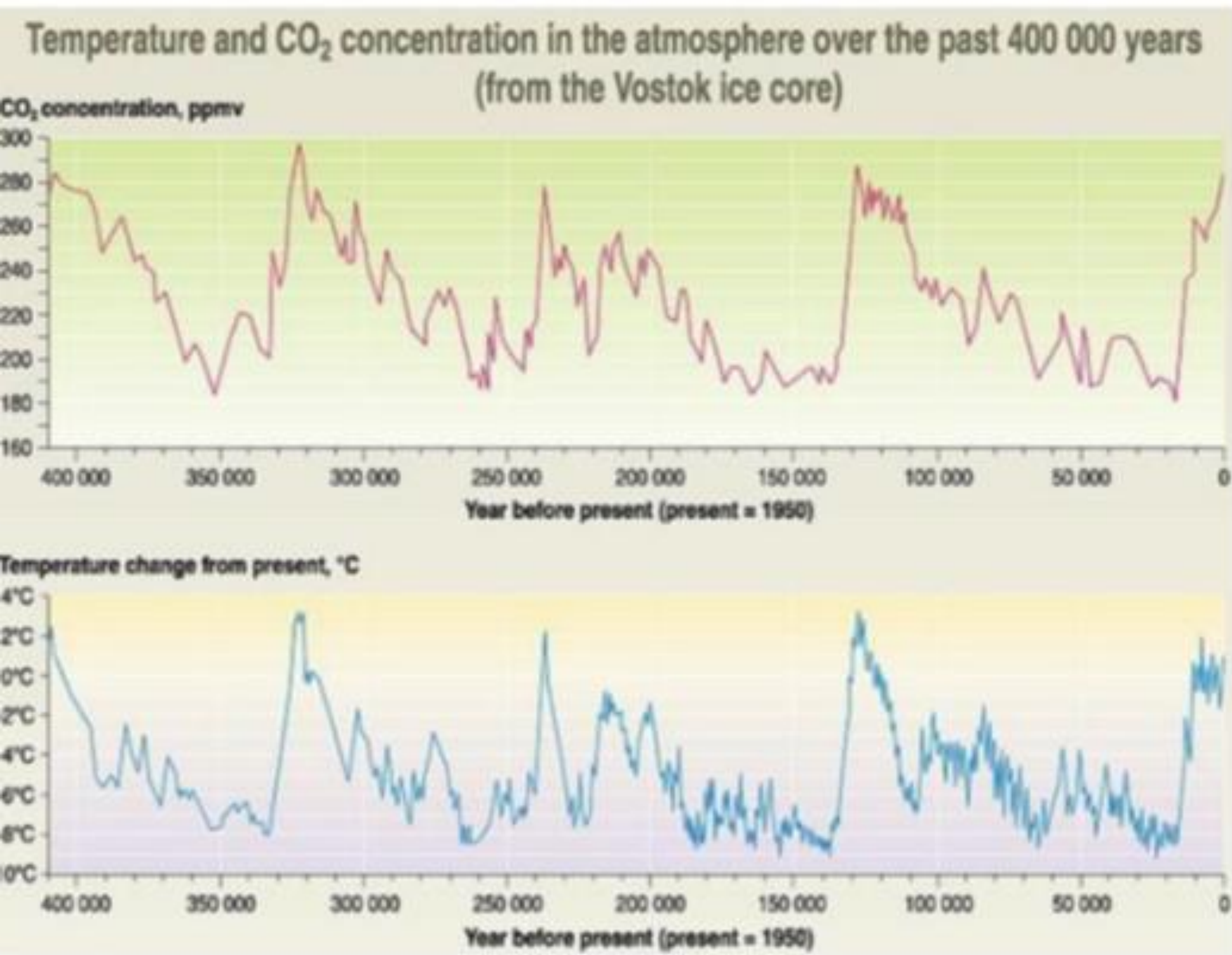


Многолетняя изменчивость инсоляции Земли в интервале с 1900 по 2050 гг.

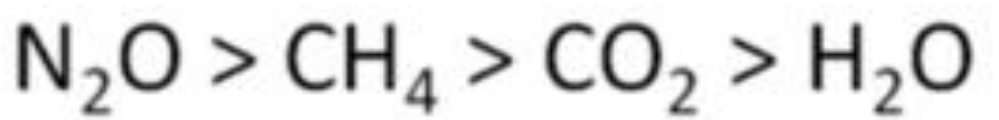


Изменение наклона оси вращения Земли

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМЛИ



Судя по ледяным кернам Антарктиды, естественный показатель CO₂ 150-300 ppm. За последние 150 лет он стал примерно на 40 процентов больше.



**ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЕЛ ВОЛЬФА И СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
В КИТАЕ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АНГЛИИ. ШАГ СГЛАЖИВАНИЯ 220 ЛЕТ**

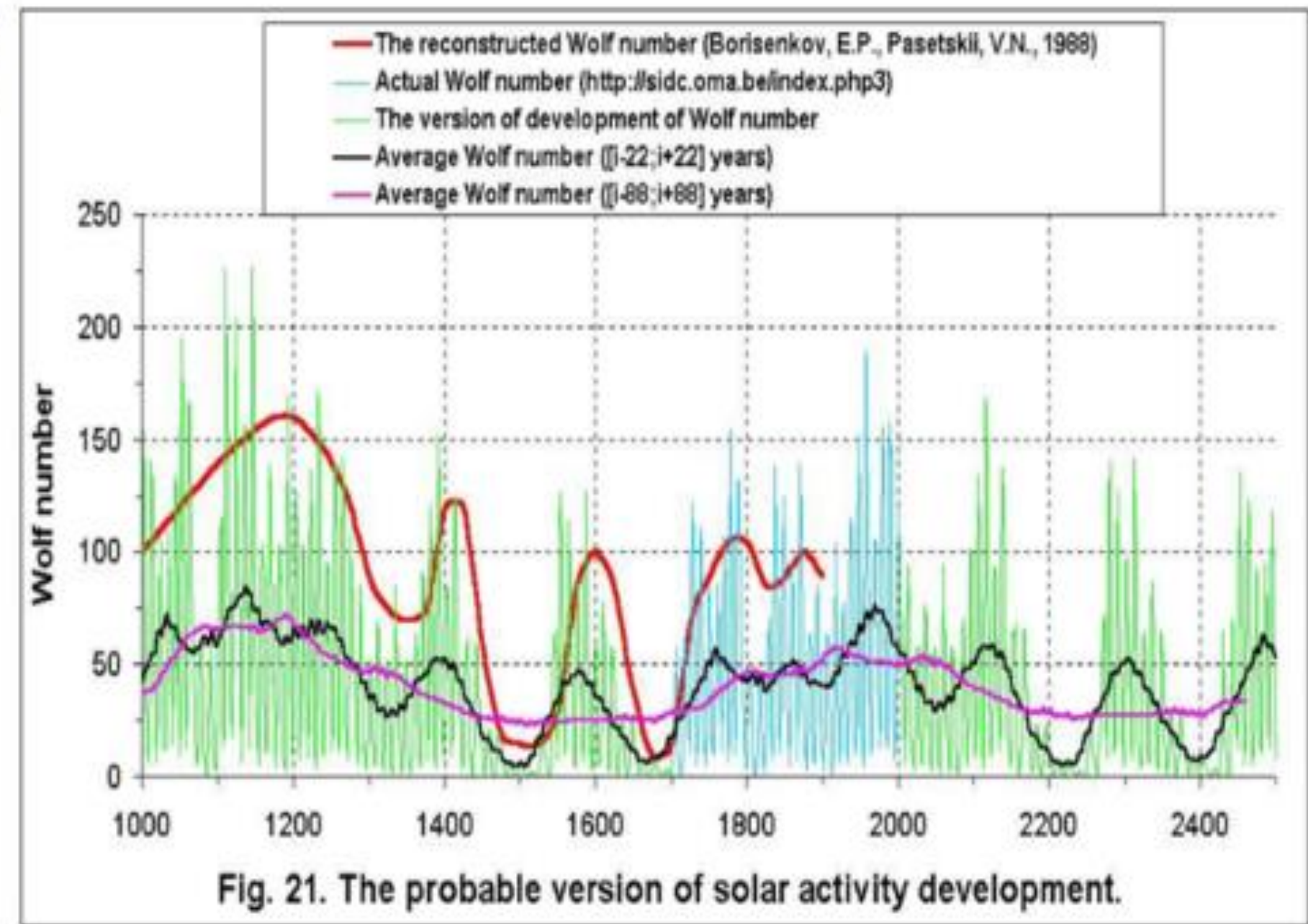
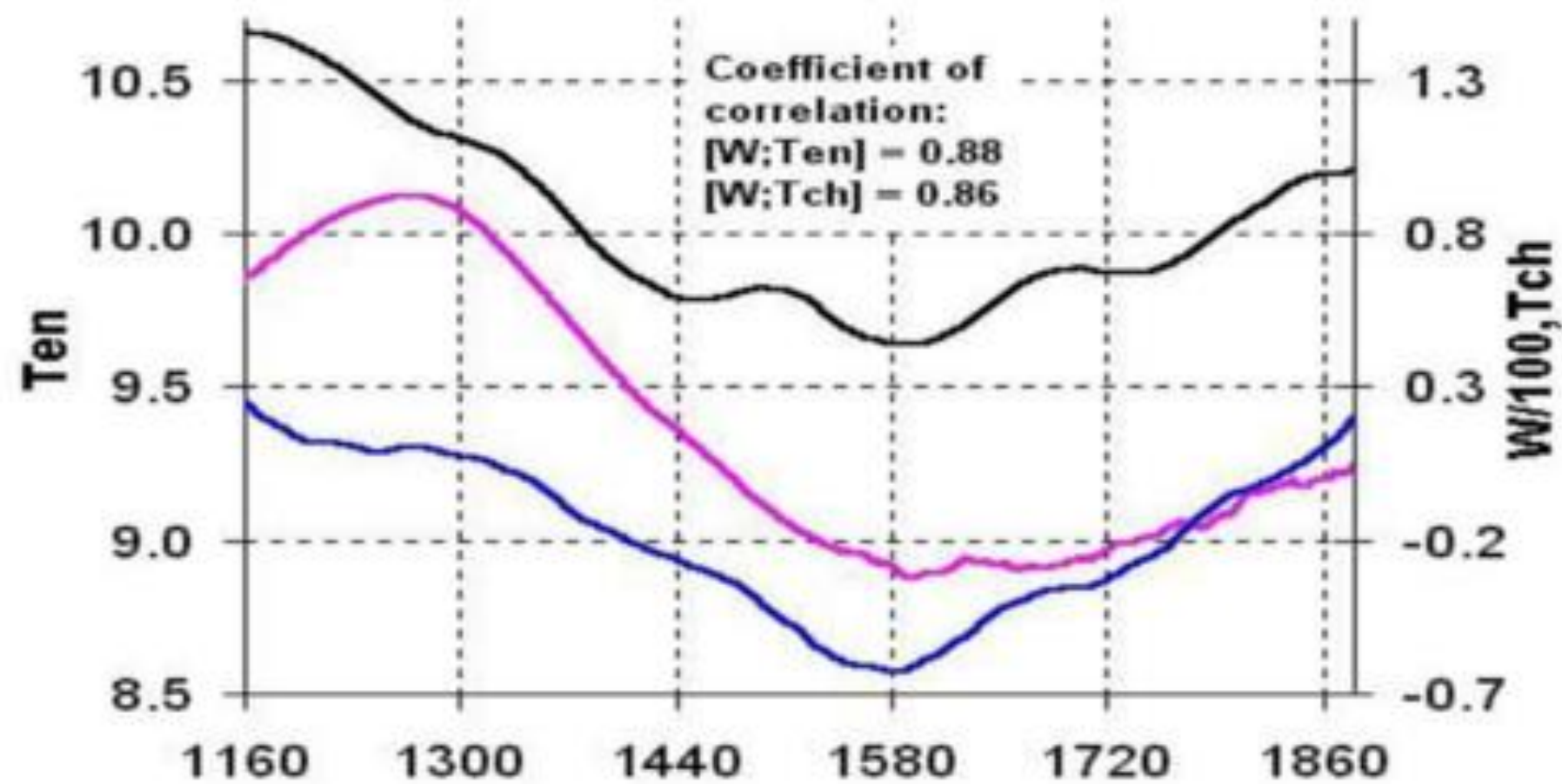
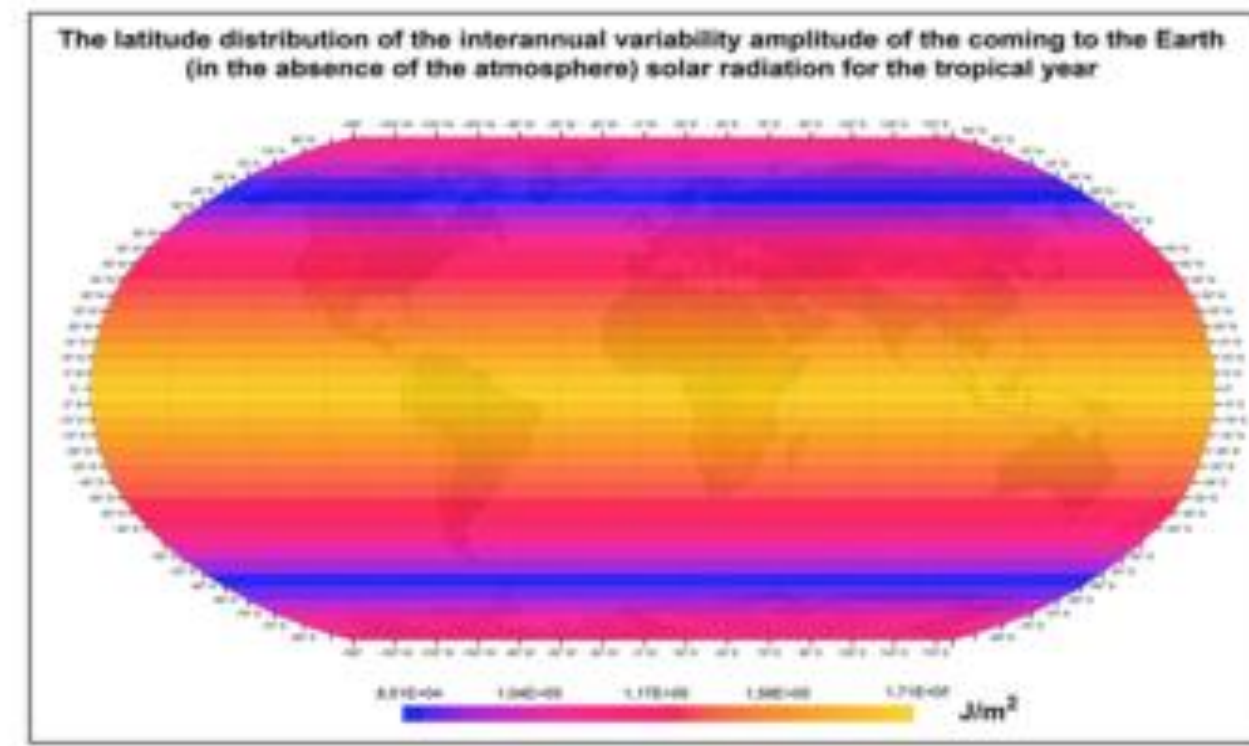


Fig. 21. The probable version of solar activity development.

ОЦЕНКИ РАСХОДЯТСЯ: НА ДОЛЮ СОЛНЦА МОЖЕТ ПРИХОДИТЬСЯ НЕ БОЛЕЕ 15-20% И БОЛЕЕ 80% ОТ ОБЩЕГО ВКЛАДА В ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА. СУЩЕСТВОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ТЁПЛОГО ПЕРИОДА В 11-13 ВЕКАХ СОВПАЛ С ПЕРИОДОМ ПОВЫШЕННОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ.



меридиональный градиент инсоляции увеличиваются в зимнее (для северного полушария) полугодие в широтной зоне **15-20° ю.ш.**, в летнее в широтной зоне **10-15° с.ш.**



отмечается увеличение инсоляции в экваториальной области (на 0,25 %) и сокращение в полярных районах (на 2,73 %) — **тенденция усиления меридиональной контрастности в солярном климате**

отмечается сокращение инсоляции в летние для полушарий полугодия (на 2,9 %) и увеличение в зимние полугодия (на 3,75 %) — **тенденция сглаживания сезонных различий в солярном климате Земли**

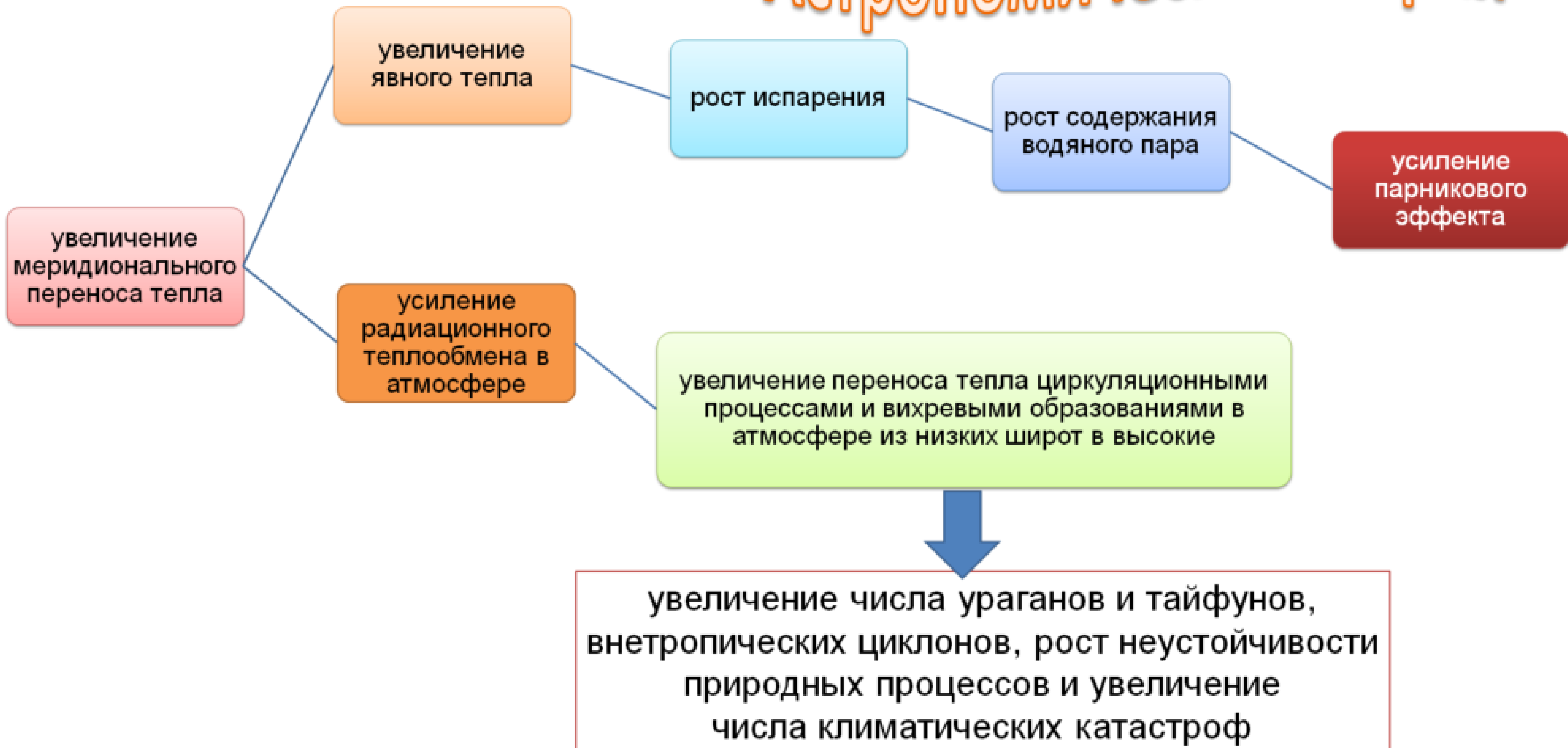
Меридиональный перенос радиационного тепла — «тепловая машина первого рода» — определяется меридиональным градиентом инсоляции или инсоляционной контрастностью полушария

изменение наклона оси вращения Земли.

Межполушарный теплообмен

соотношение циклов прецессии и долготы перигелия

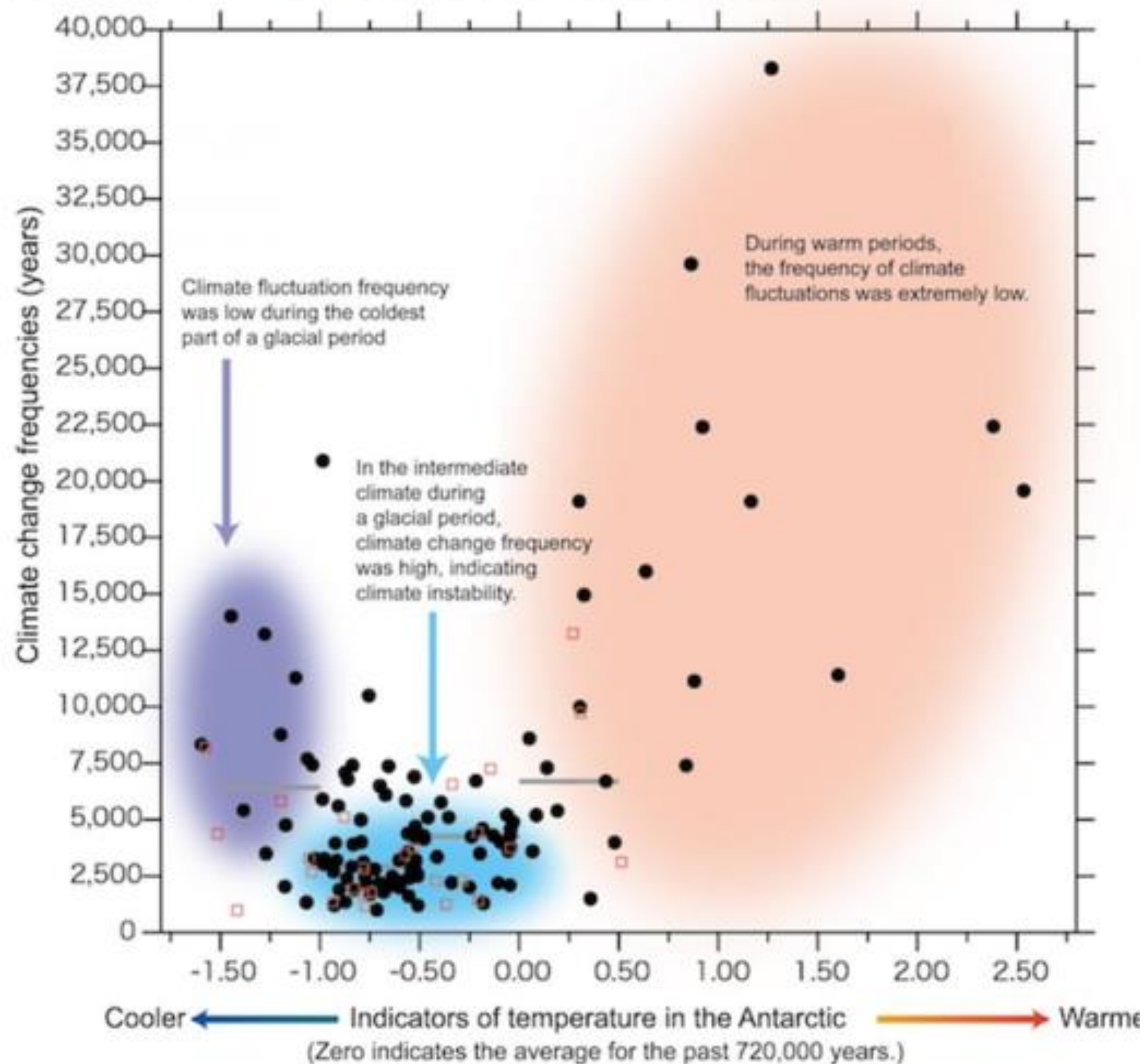
Астрономическая теория



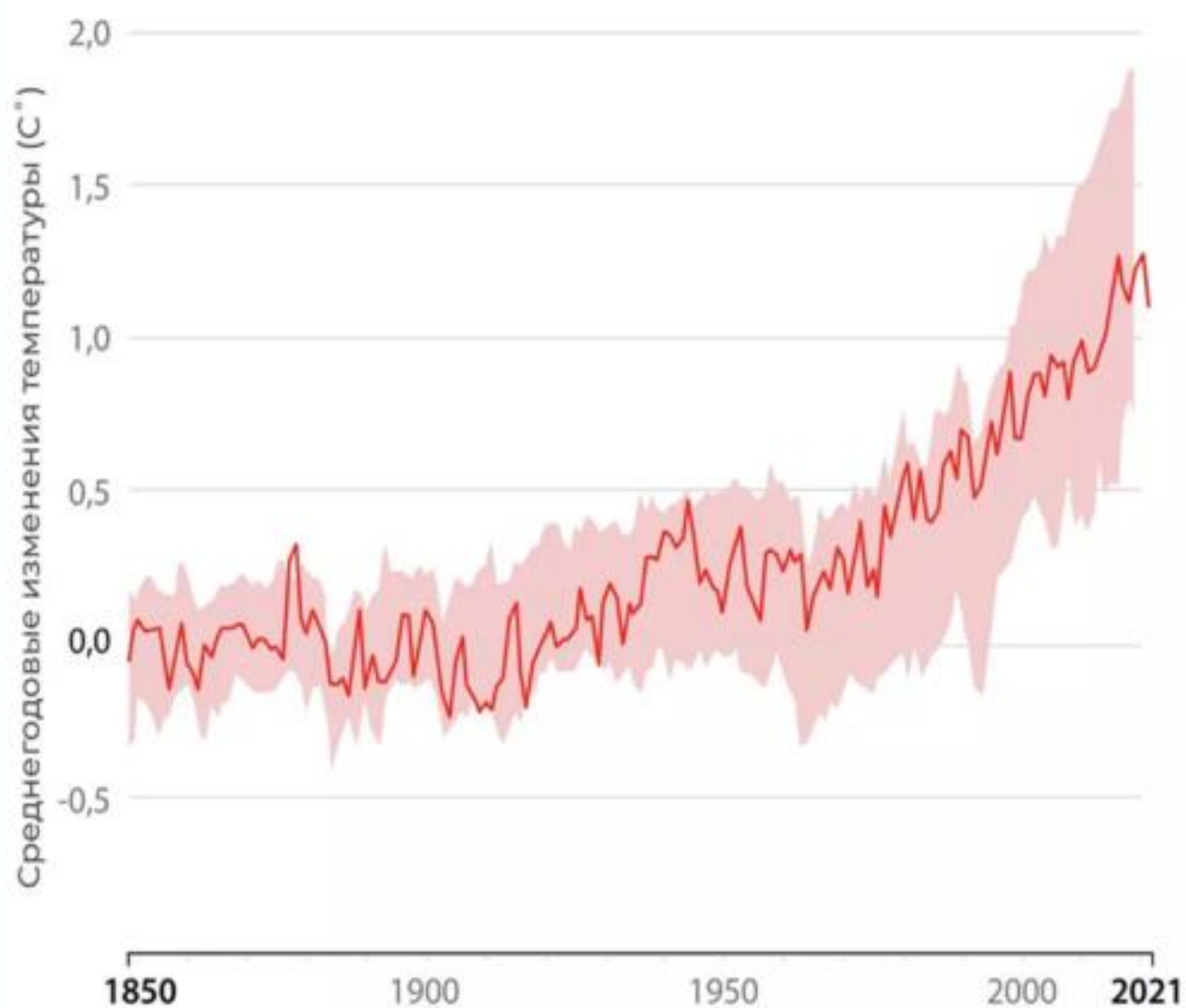
КЛИМАТИЧЕСКАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ В ОСНОВНОМ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ЛЕДЯНЫХ ЩИТОВ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ



Рис. 7. Фотографии тающего ледника Pasterze в Австрии в 1875 г. (слева) и 2004 г. (справа). Фотограф Gary Braasch.

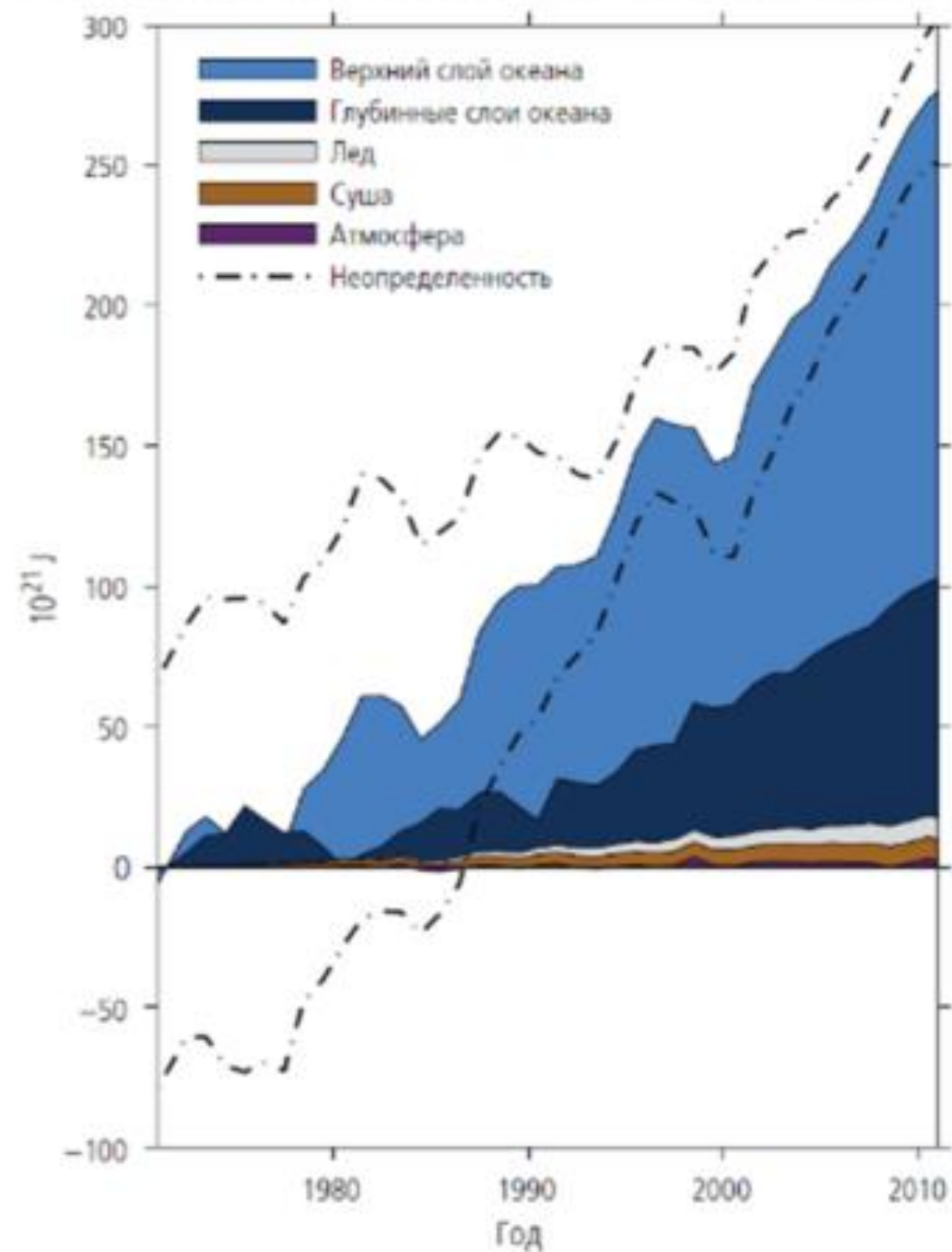


Изменение средней глобальной температуры воздуха за период 1850-2021

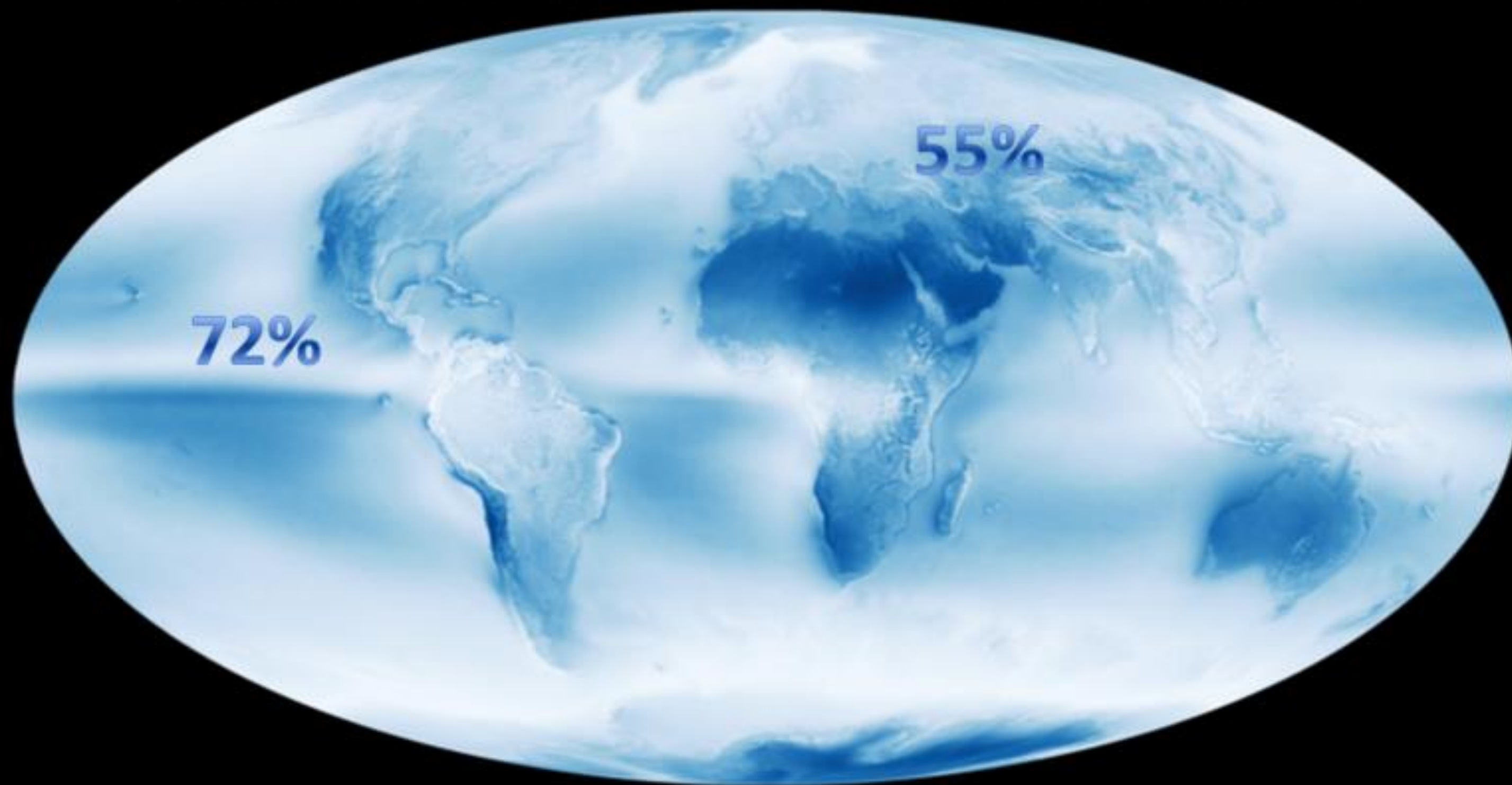


Источник: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_Final.pdf

УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГИИ, АККУМУЛИРОВАННОЙ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛИ



КАРТА ОБЛАЧНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ СПУТНИКА
AQUA ОСУЩЕСТВЛЯВШИХСЯ С ИЮЛЯ 2002 ПО АПРЕЛЬ 2015 ГОДА



Облака увеличивают альбедо Земли примерно в два раза – с 15% (такая доля энергии, поступающей от Солнца, отражалась бы в космос в отсутствие облаков) до 30%, охлаждая планету

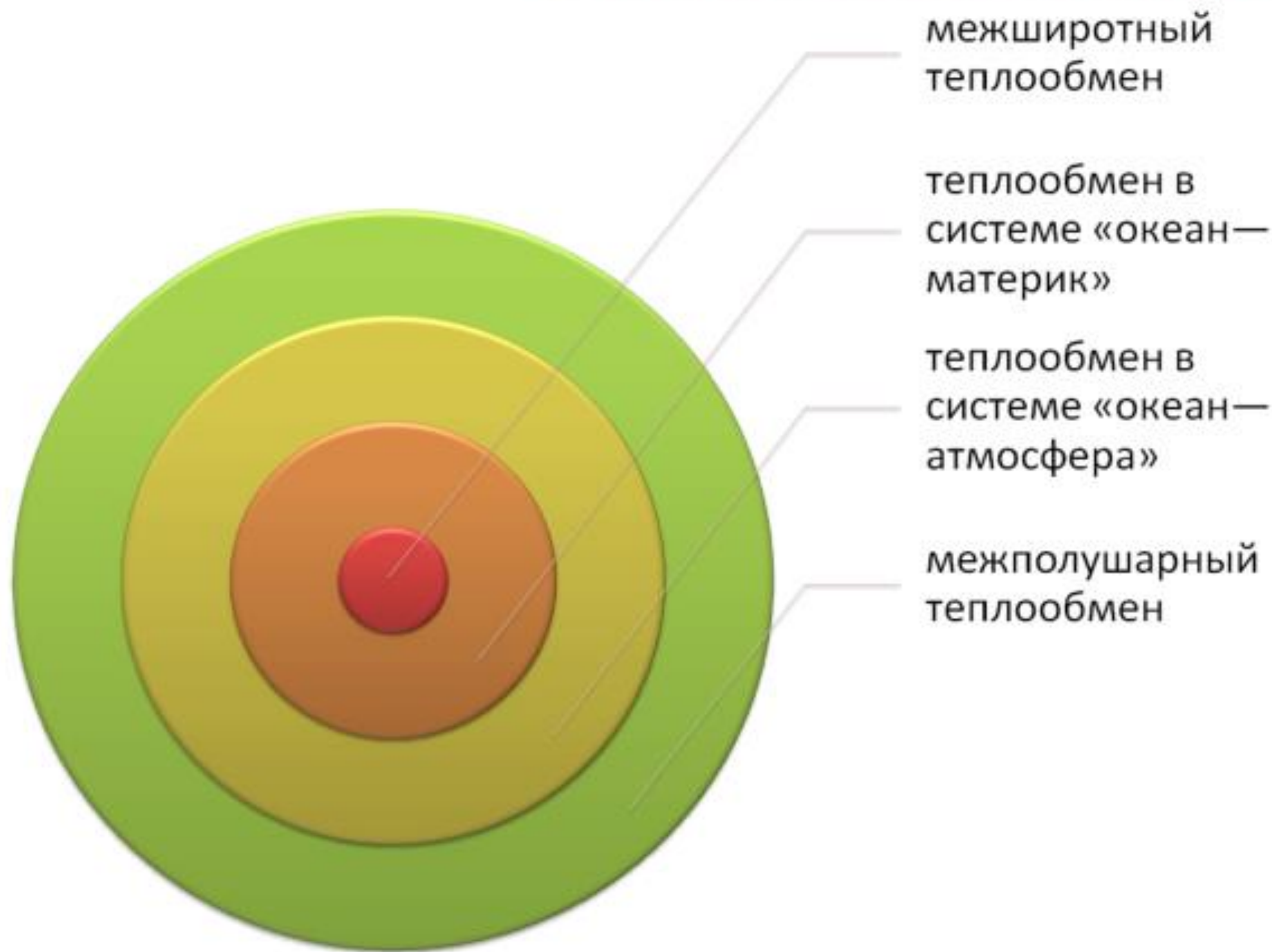


**САМЫЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ
–СЛОИСТО-КУЧЕВЫЕ ОБЛАКА**



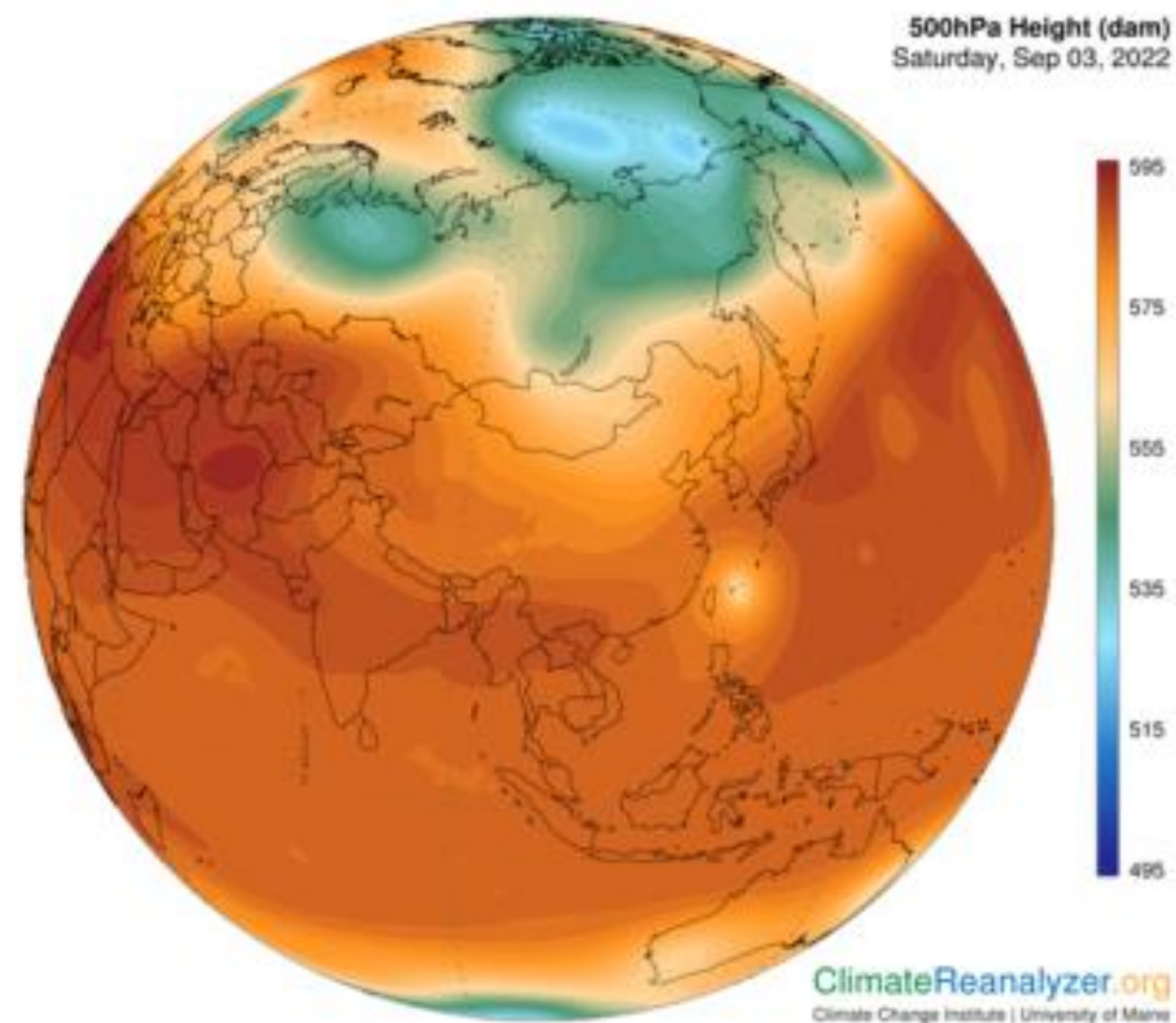
**САМЫЕ ГРОЗНЫЕ
–КУЧЕВО-ДОЖДЕВЫЕ ОБЛАКА**

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛА В АТМОСФЕРЕ И ОКЕАНЕ

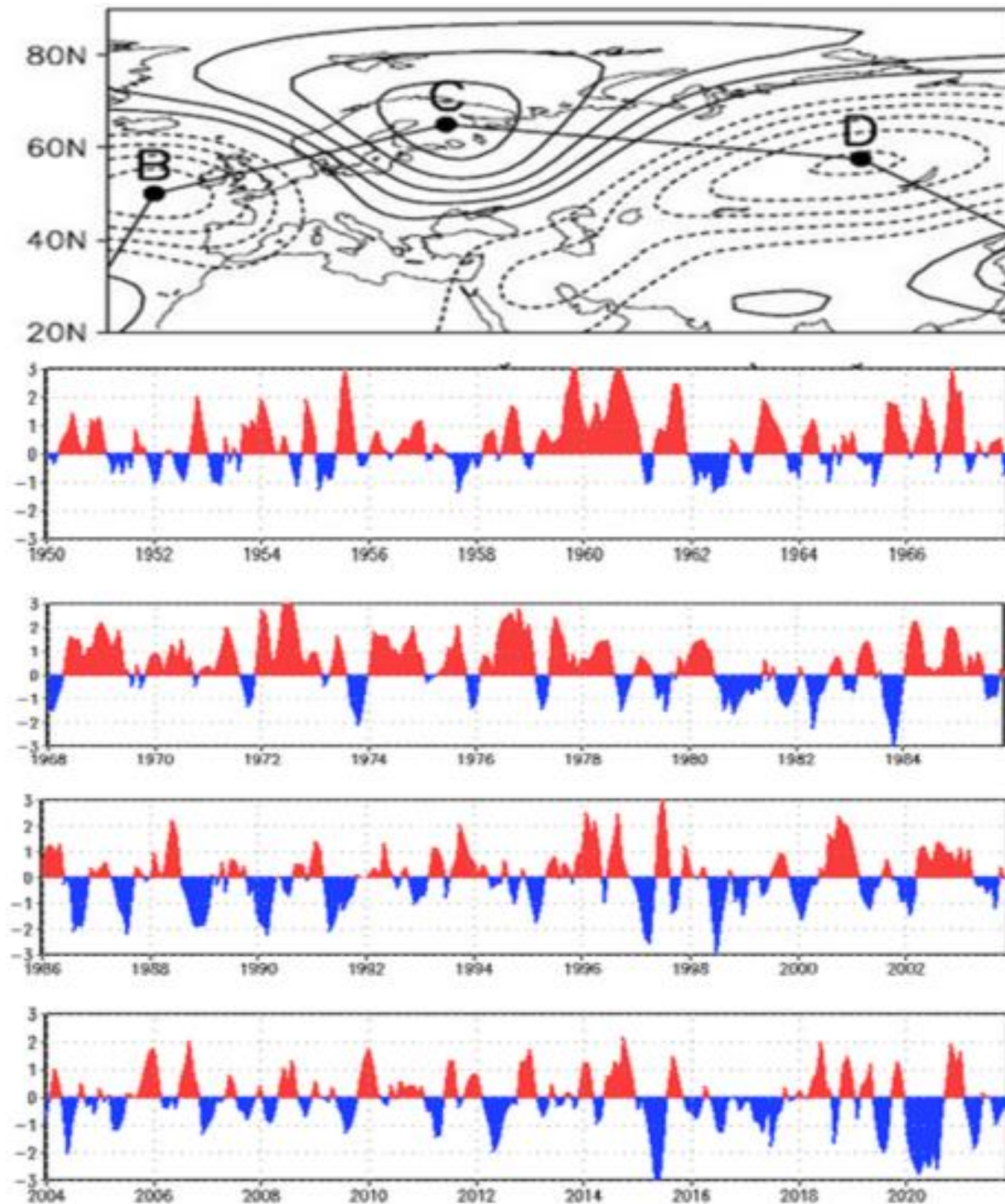
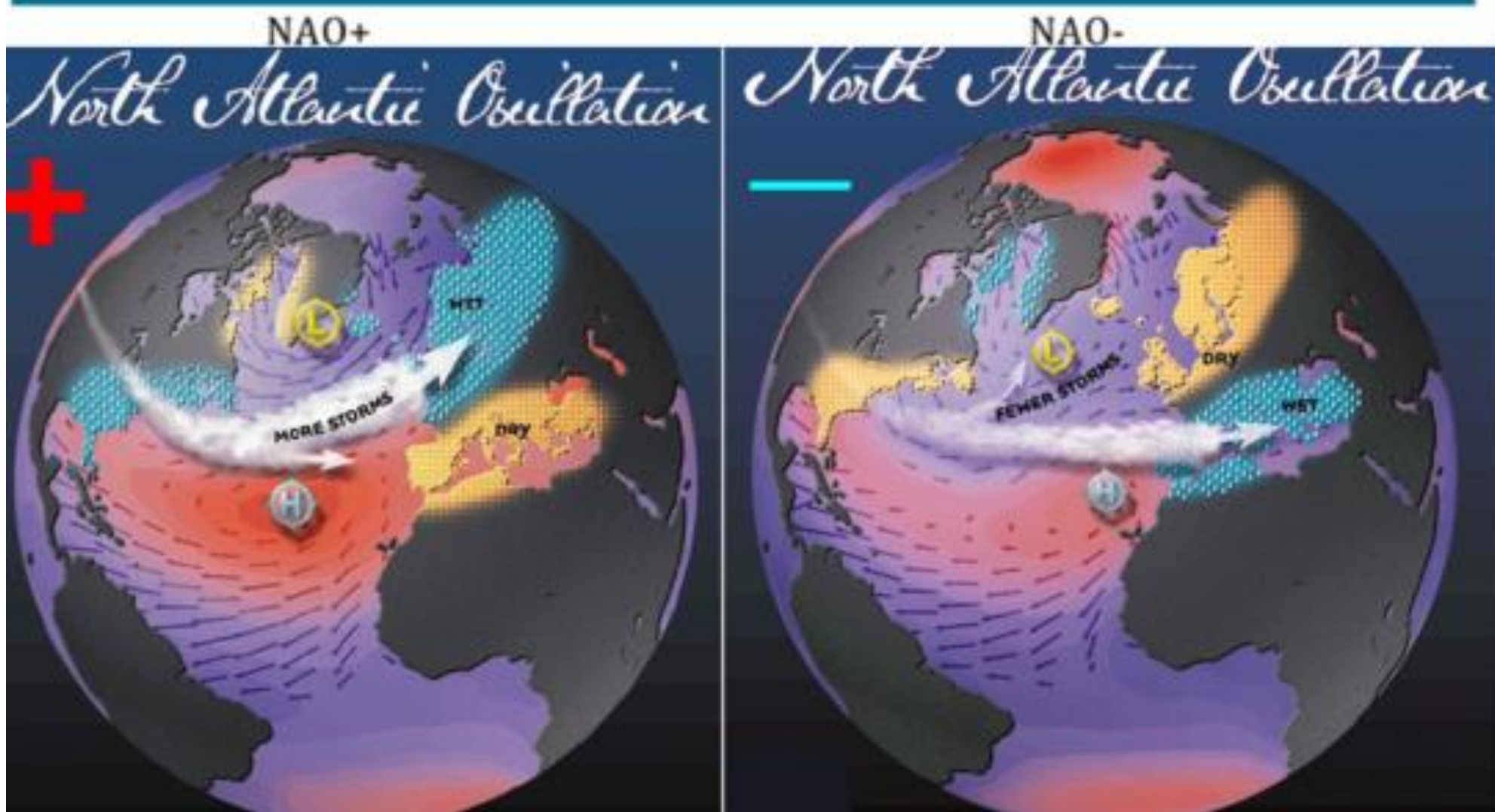
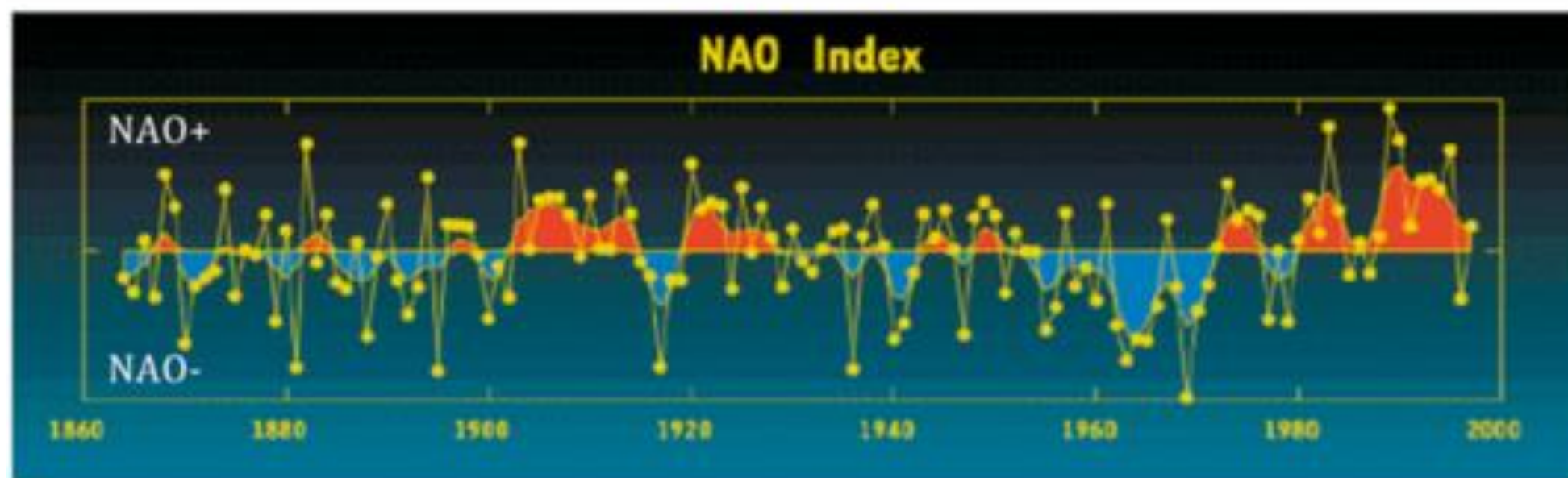


меридиональный перенос тепла от экваториальной области к полярным районам («тепловая машина первого рода»)

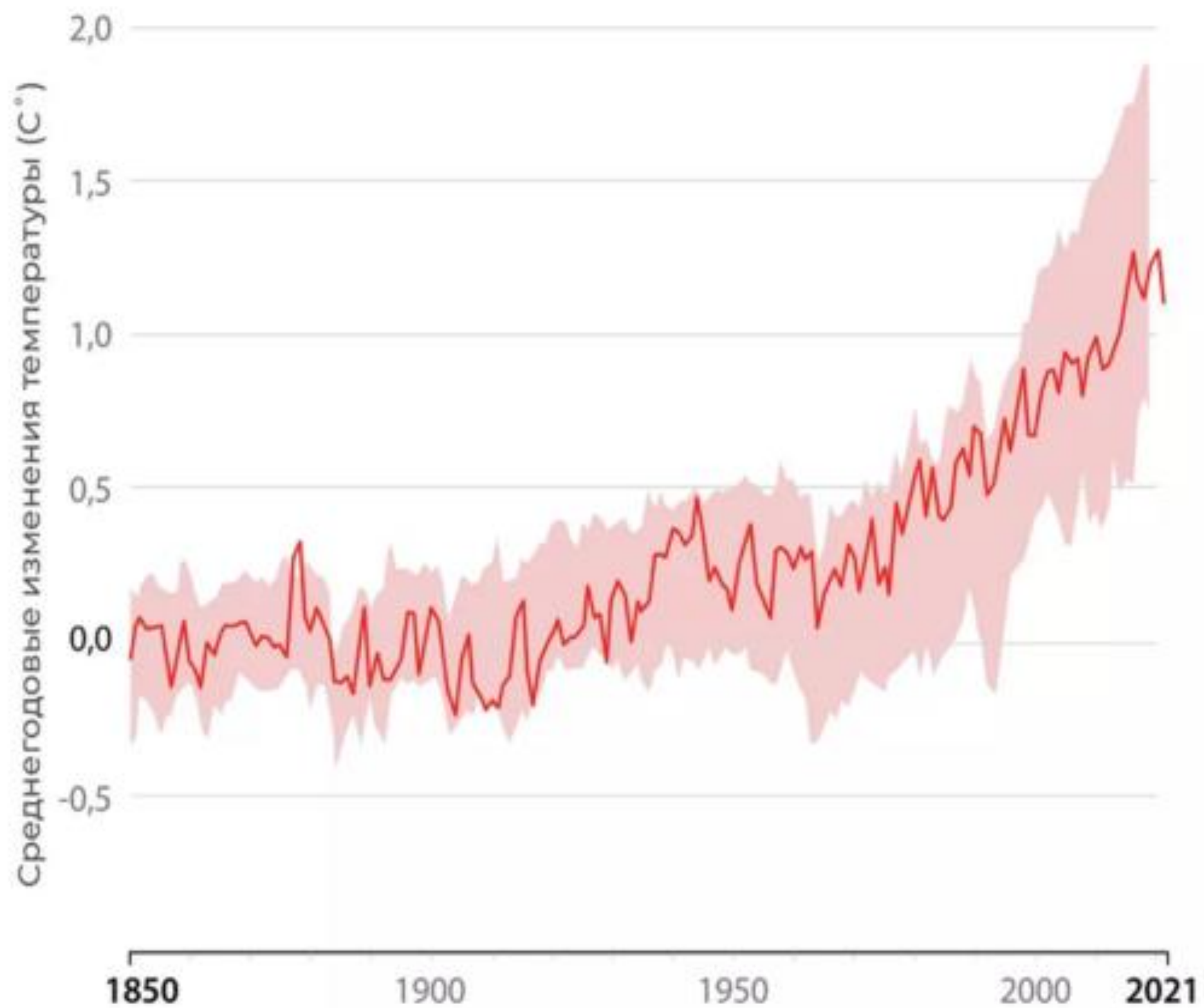
сезонная смена областей холода и тепла («тепловая машина второго рода»)



КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ

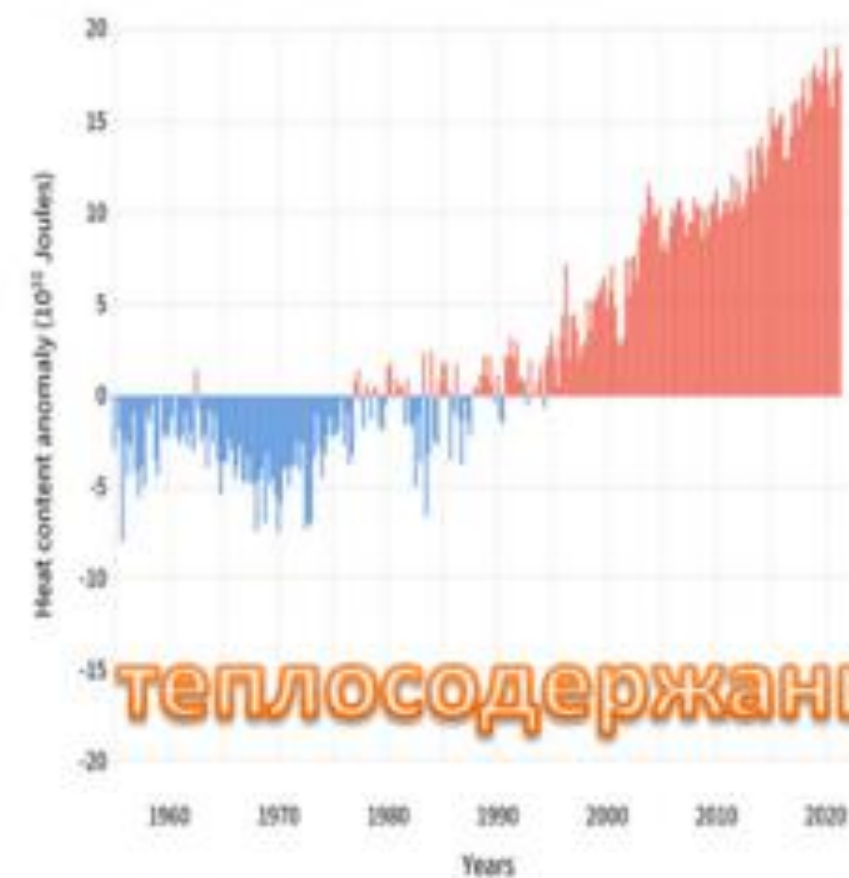


Изменение средней глобальной температуры воздуха за период 1850-2021



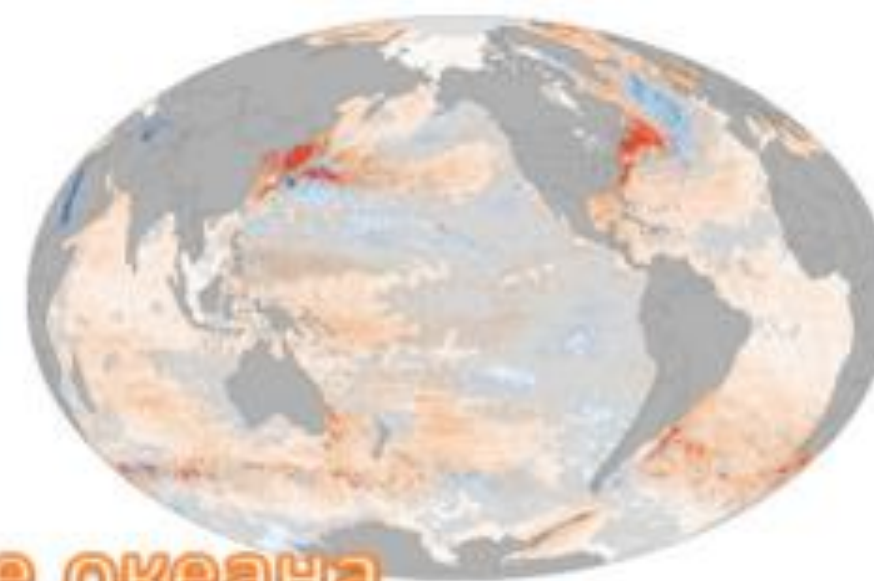
Источник https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGL_SPM_final.pdf

OCEAN HEAT COMPARED TO AVERAGE



теплосодержание океана

OCEAN HEAT TRENDS (1993-2020)



Change in ocean heat content (W/m^2)

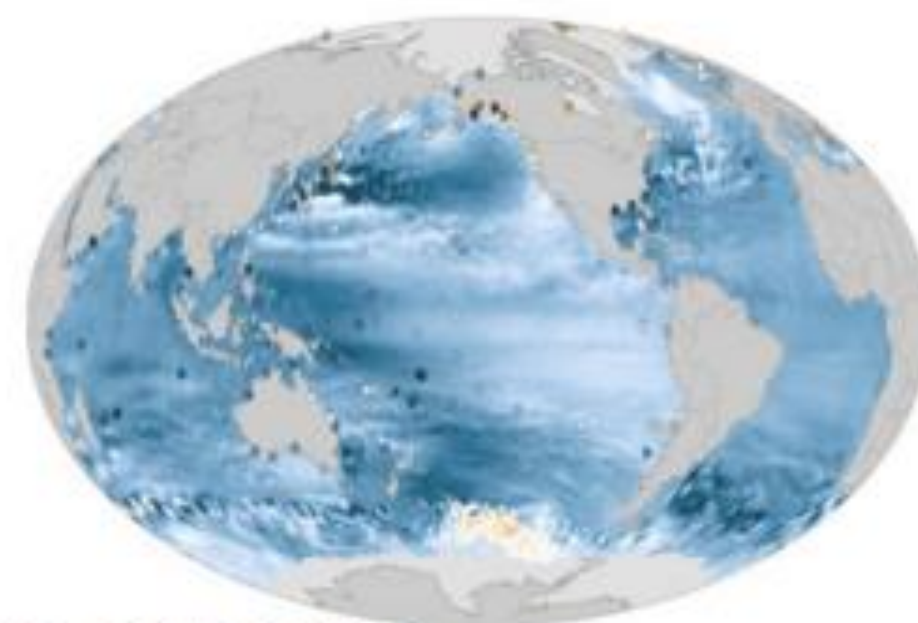
NSA Climate.gov
Data: PMEL

GLOBAL SEA LEVEL



уровень Мирового океана

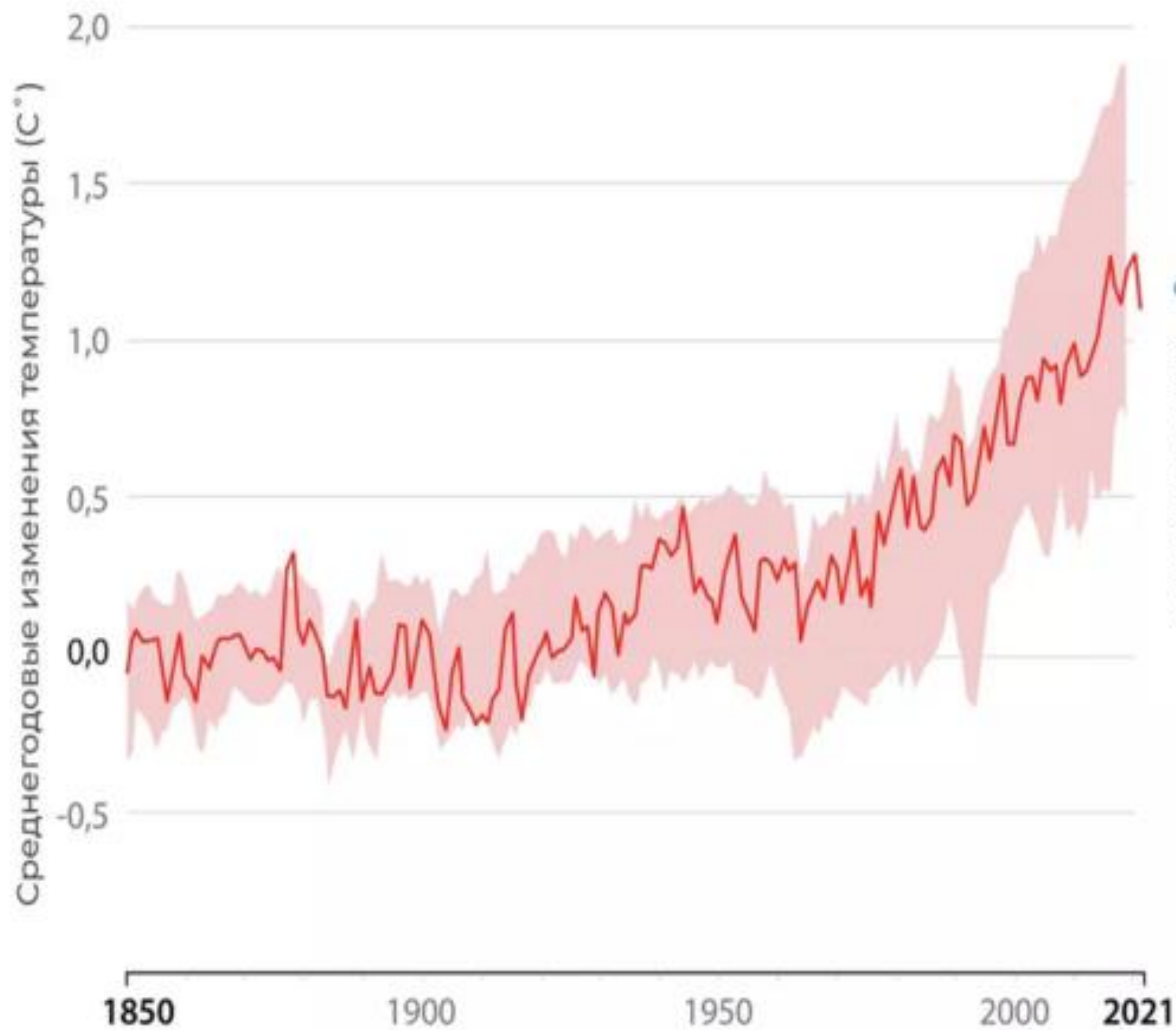
SEA LEVEL CHANGE (1993-2021)



Change in sea level (cm)

NSA Climate.gov
Data: GHSC

Изменение средней глобальной температуры воздуха за период 1850-2021

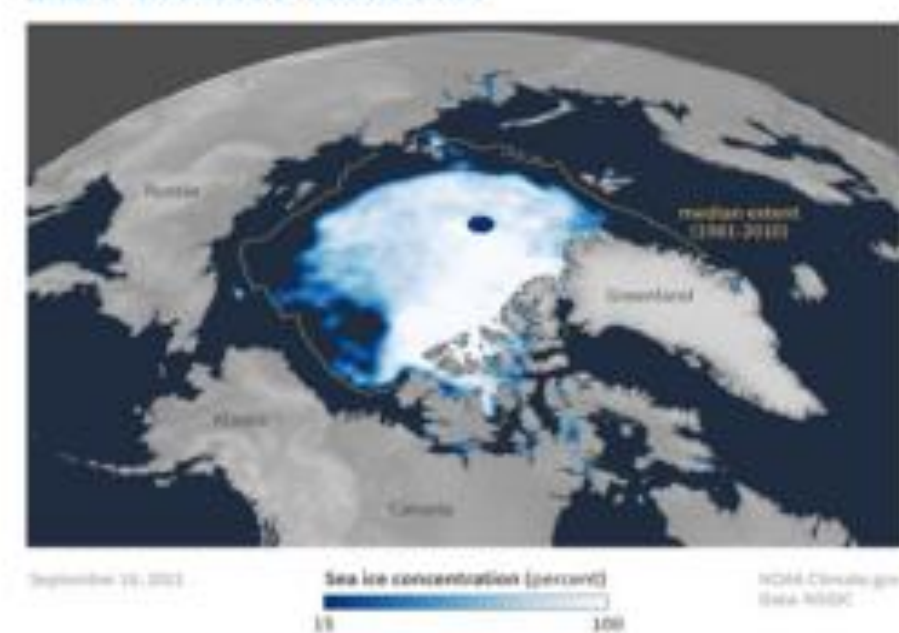


Источник: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGLSPM_final.pdf

ARCTIC SEA ICE YEARLY MINIMUM



2021 SUMMER MINIMUM



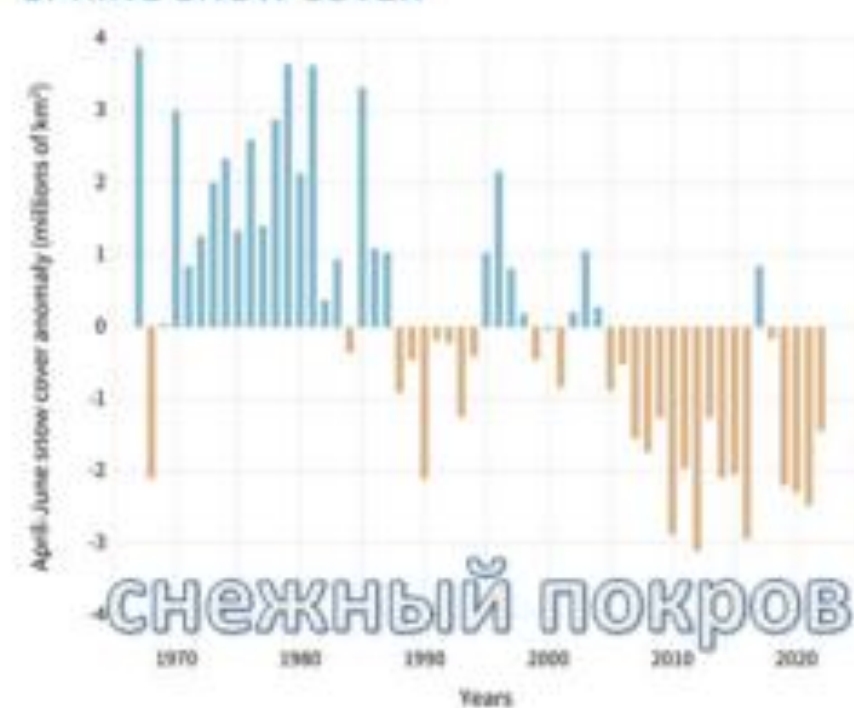
GLACIER MASS BALANCE (YEARLY)



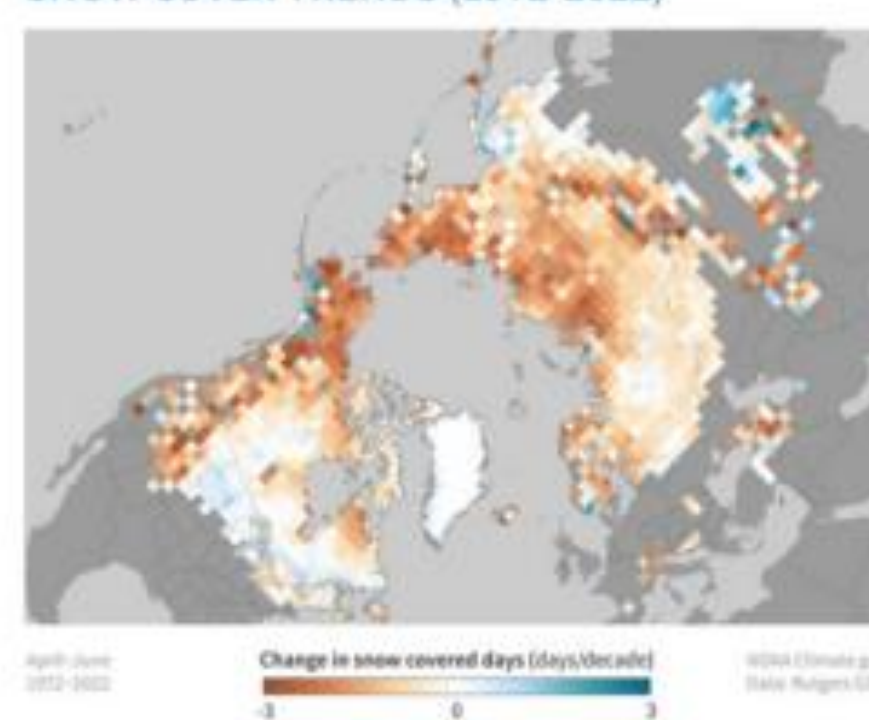
GLACIER RETREAT



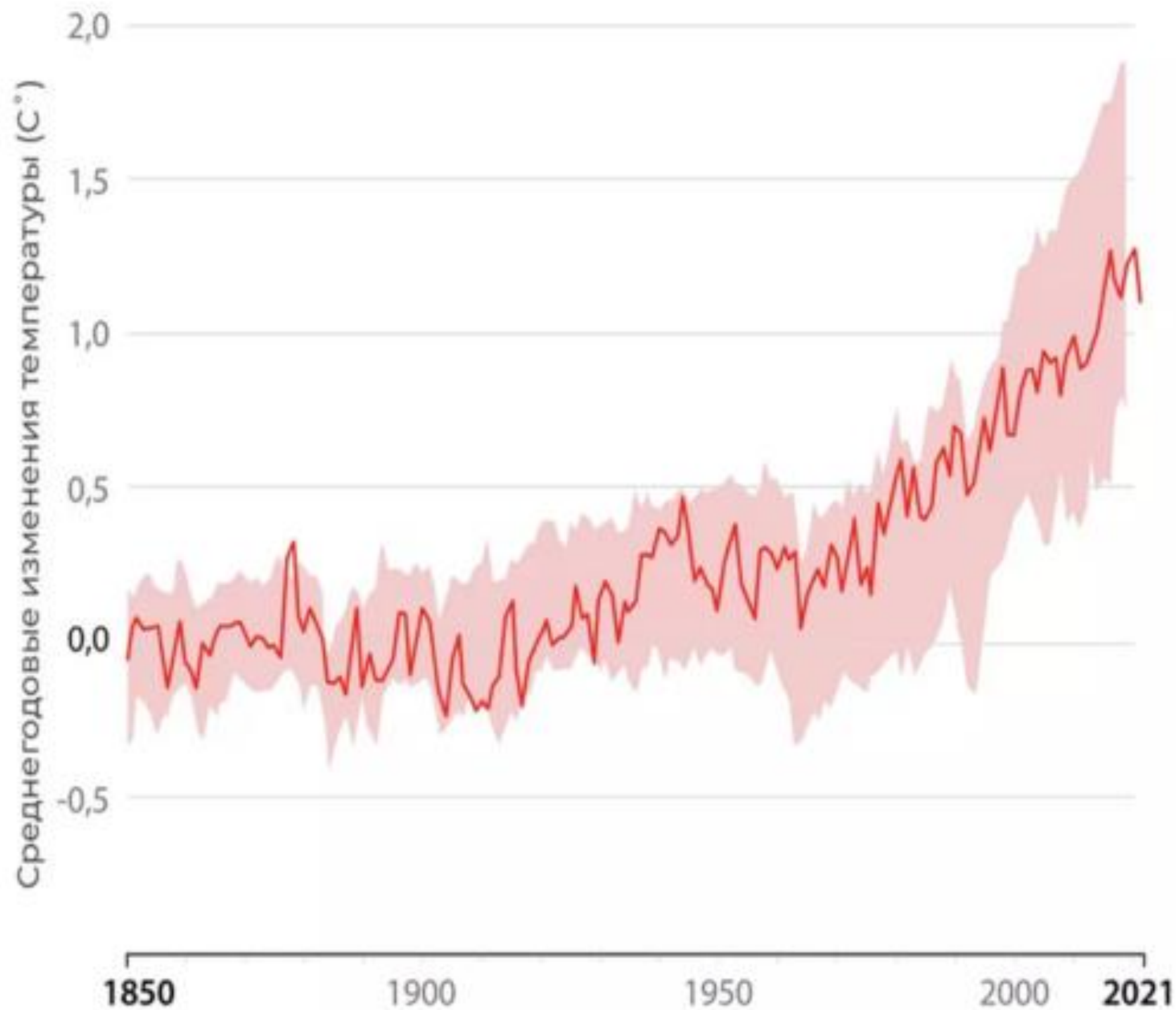
SPRING SNOW COVER



SNOW COVER TRENDS (1972-2022)



Изменение средней глобальной температуры воздуха за период 1850-2021



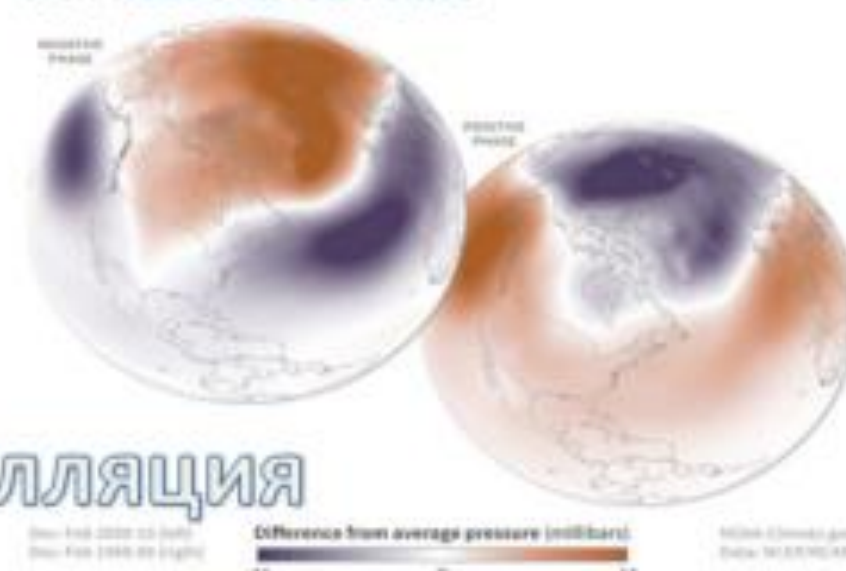
Источник: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGL_SPM_final.pdf

ARCTIC OSCILLATION (AO)

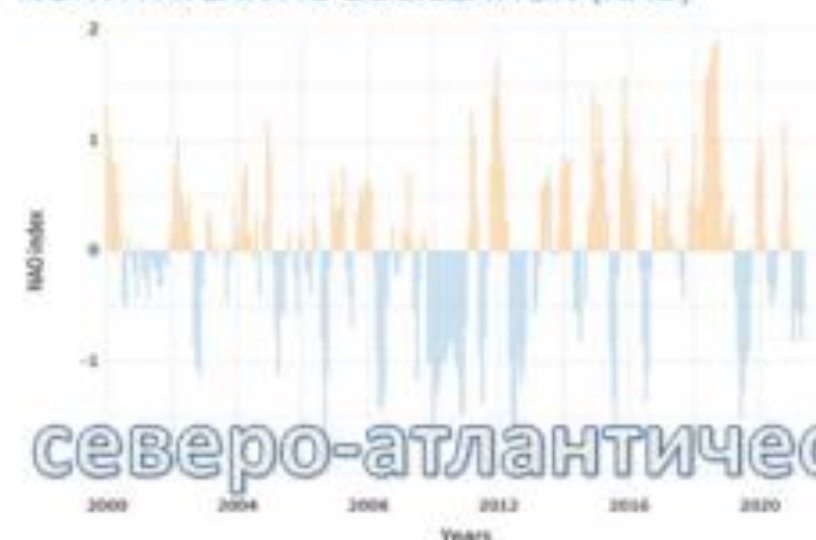


арктическая осцилляция

AO PRESSURE PATTERNS

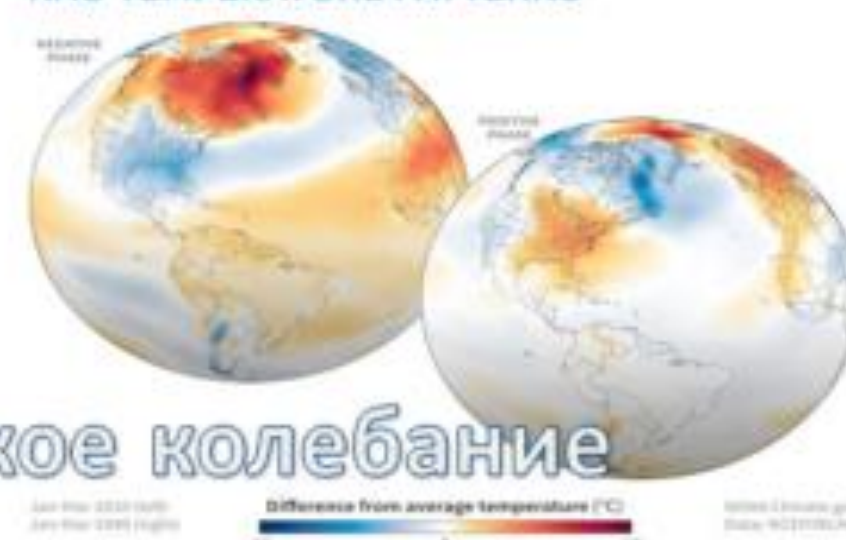


NORTH ATLANTIC OSCILLATION (NAO)



северо-атлантическое колебание

NAO TEMPERATURE PATTERNS

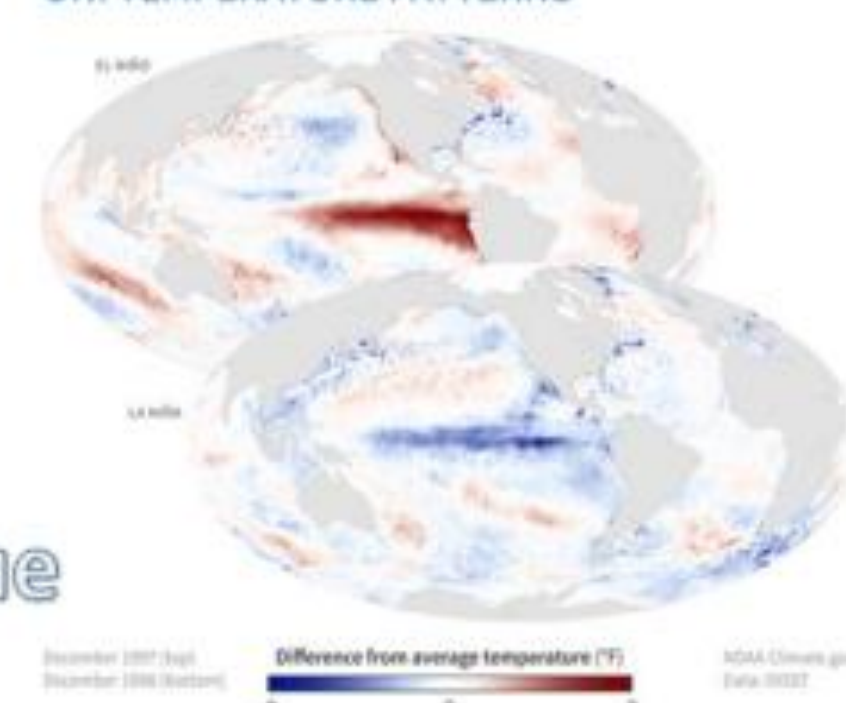


OCEANIC NIÑO INDEX (ONI)

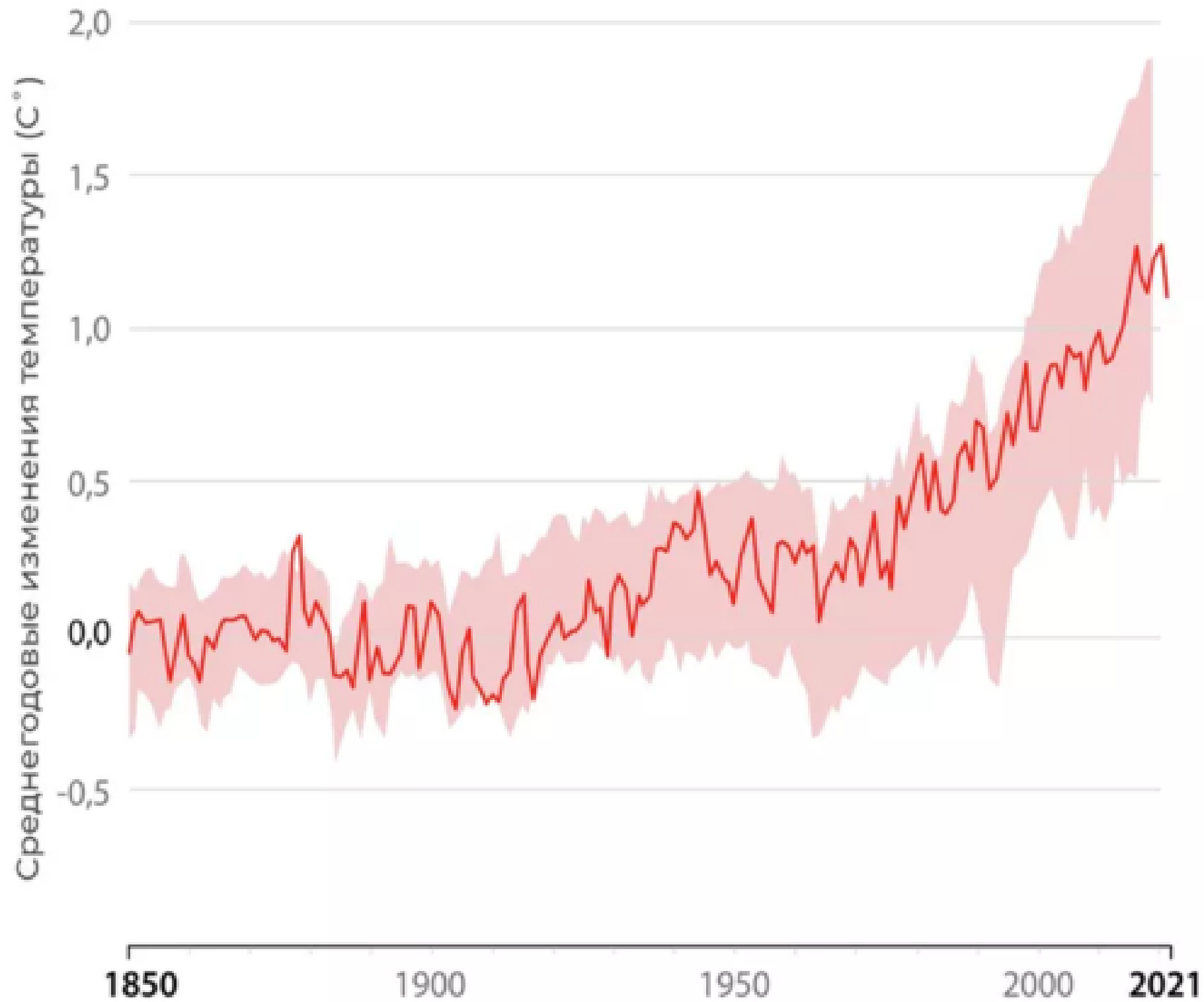


южное колебание

ONI TEMPERATURE PATTERNS

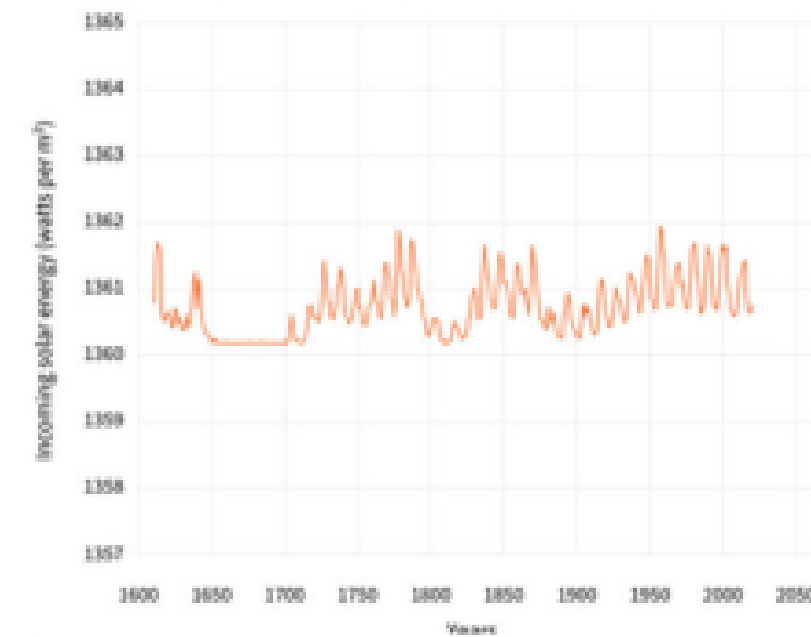


Изменение средней глобальной температуры воздуха за период 1850-2021

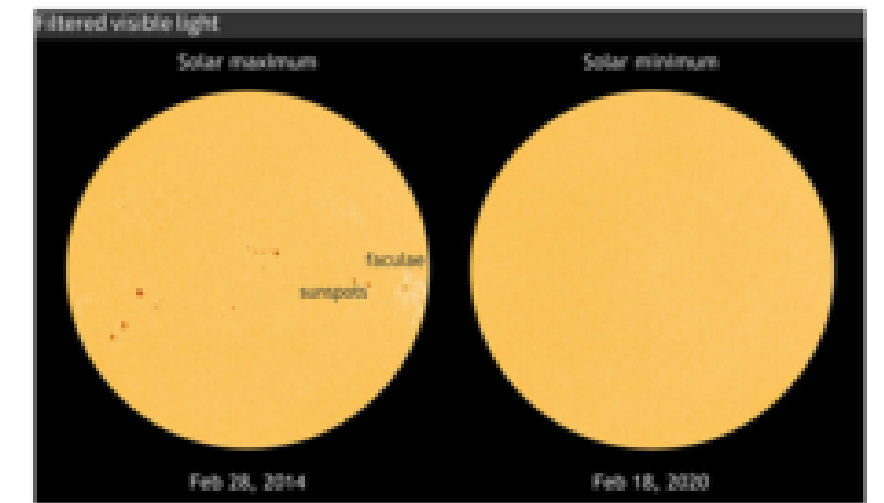


СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

SUN'S ENERGY (TOTAL SOLAR IRRADIANCE)

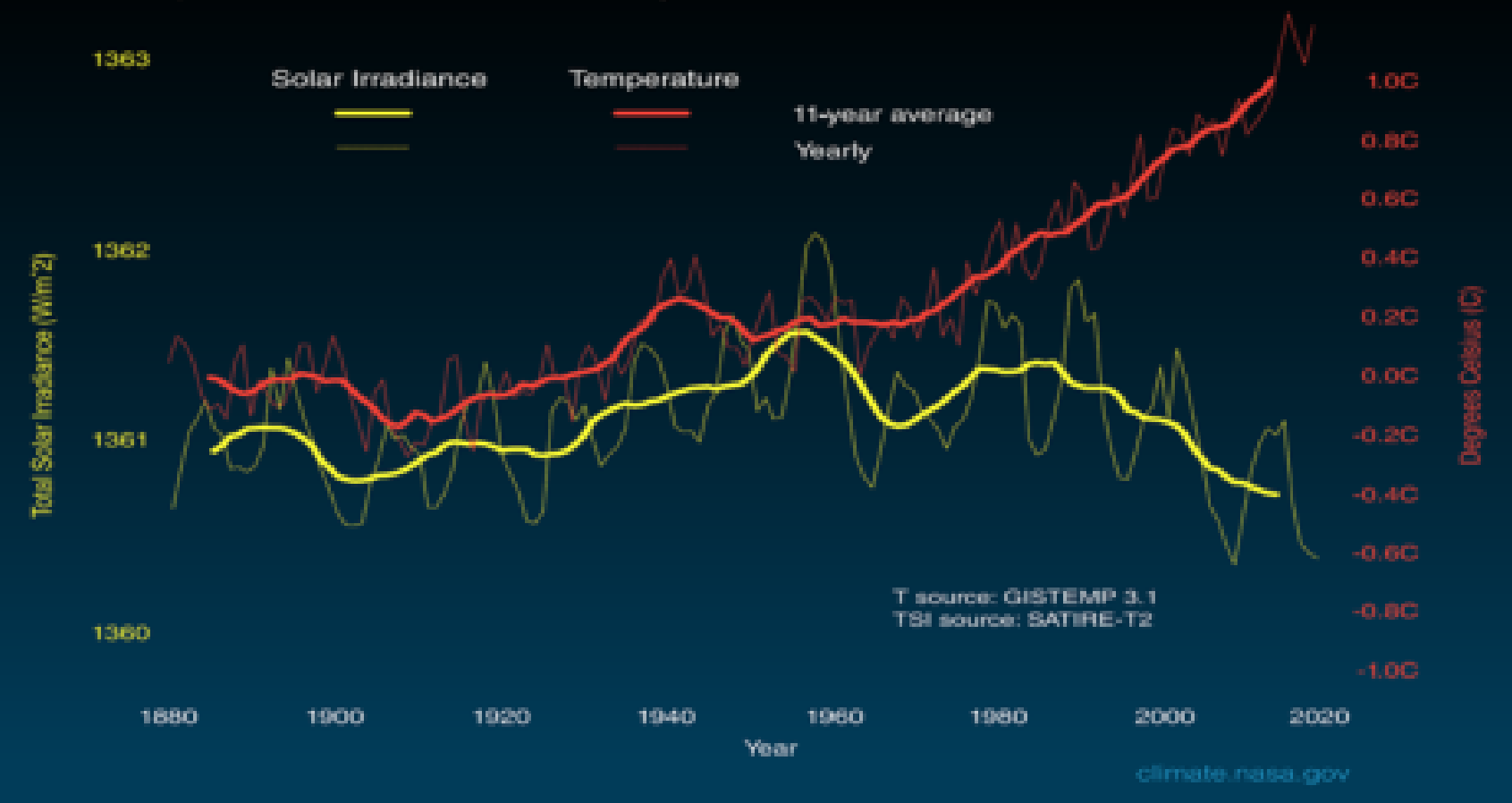


SOLAR CYCLES



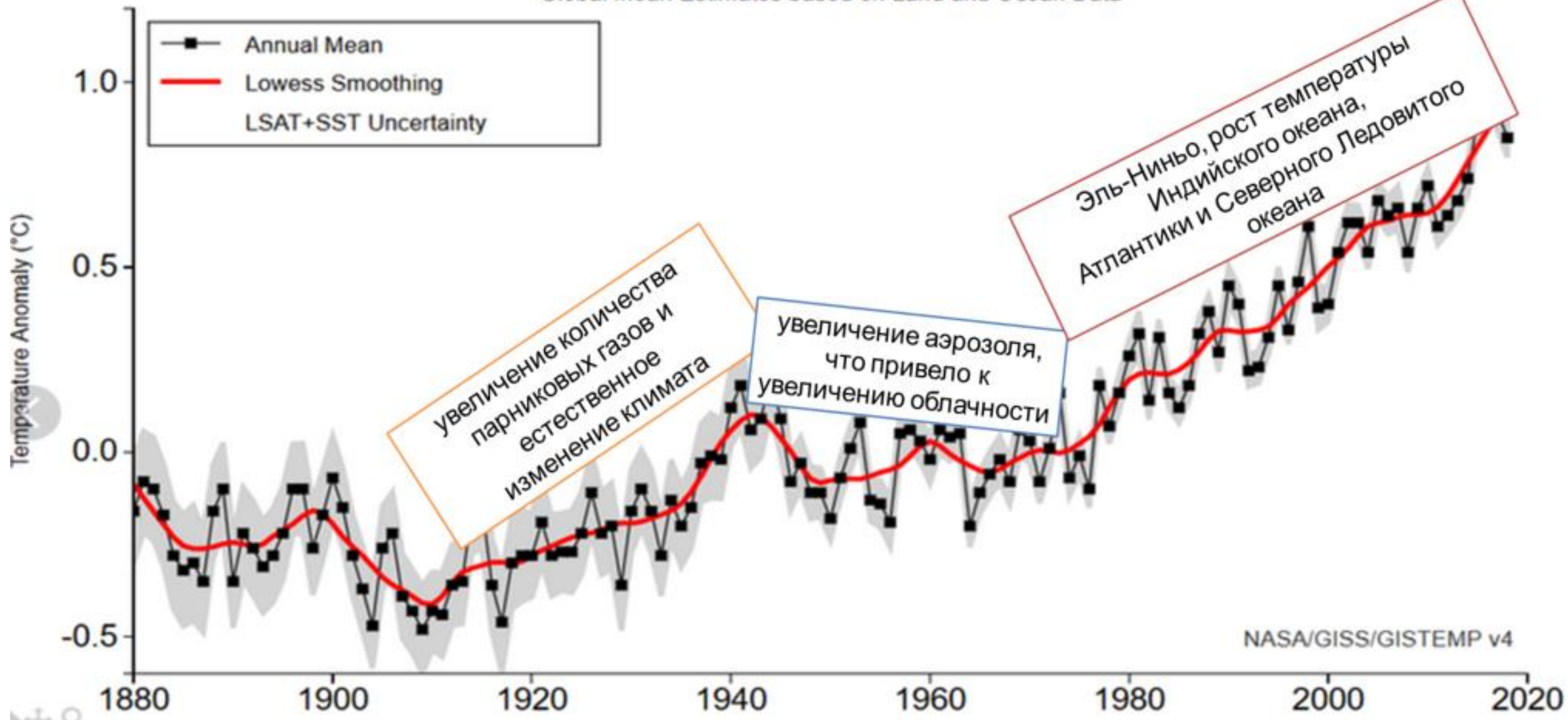
NOAA Climate.gov
Data: NASA SDO

Temperature vs Solar Activity



Изменение средней годовой температуры

Global Mean Estimates based on Land and Ocean Data



Факторы, ускоряющие изменения климата

эмиссия CO₂, метана, закиси азота в результате техногенной деятельности человека и при таянии вечной мерзлоты

выделение CO₂ Мировым океаном вследствие его нагревания

уменьшение альbedo Земли (-3%) вследствие таяния ледников, загрязнения вод Мирового океана, смены климатических зон и растительности

Факторы, замедляющие потепление климата

глобальное потепление вызывает замедление скорости океанических течений, замедление тёплого течения Гольфстрим вызовет снижение температуры в Арктике

с увеличением температуры на Земле растёт испаряемость, облачность. Площадь облачности растёт приблизительно на 0,4% на каждый градус потепления

увеличение температуры - расширение площади тёплых морей, расширение ареала моллюсков и коралловых рифов, которые поглощают CO₂, используемого на постройку раковин

увеличение концентрации CO₂ в атмосфере стимулирует рост и развитие растений, которые поглощают CO₂

ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Глобальное потепление будет происходить постепенно.

Движение воздушных масс в атмосфере перераспределяет тепловую энергию между разными широтами планеты.

Глобальное потепление сменится глобальным похолоданием

Движение воздушных масс в атмосфере перераспределяет тепловую энергию между разными широтами планеты.

Глобальное потепление будет происходить относительно быстро.

за последние сто лет средняя температура на нашей планете увеличилась почти на 1°C, концентрация CO₂ возросла на 20-25 %, а метана – в 2 раза

Океаническая гипотеза, которая объясняет природу длительных изменений климата.

Глобальное потепление в некоторых частях Земли сменится кратковременным похолоданием.

Сейчас течение Гольфстрим слабее на 30% по сравнению с 1957 г.

Парниковая катастрофа – самый «неприятный» сценарий.

Переход в атмосферу растворённого в океане CO₂. Метан является в 21 раз более сильным парниковым газом, чем CO₂, то рост температуры на Земле может быть катастрофическим.

Итог сочетания
различных факторов —
изменения условий
тепло- и
влагообеспечения



гумидизация

потепление в
сочетании с
увеличением осадков



аридизация

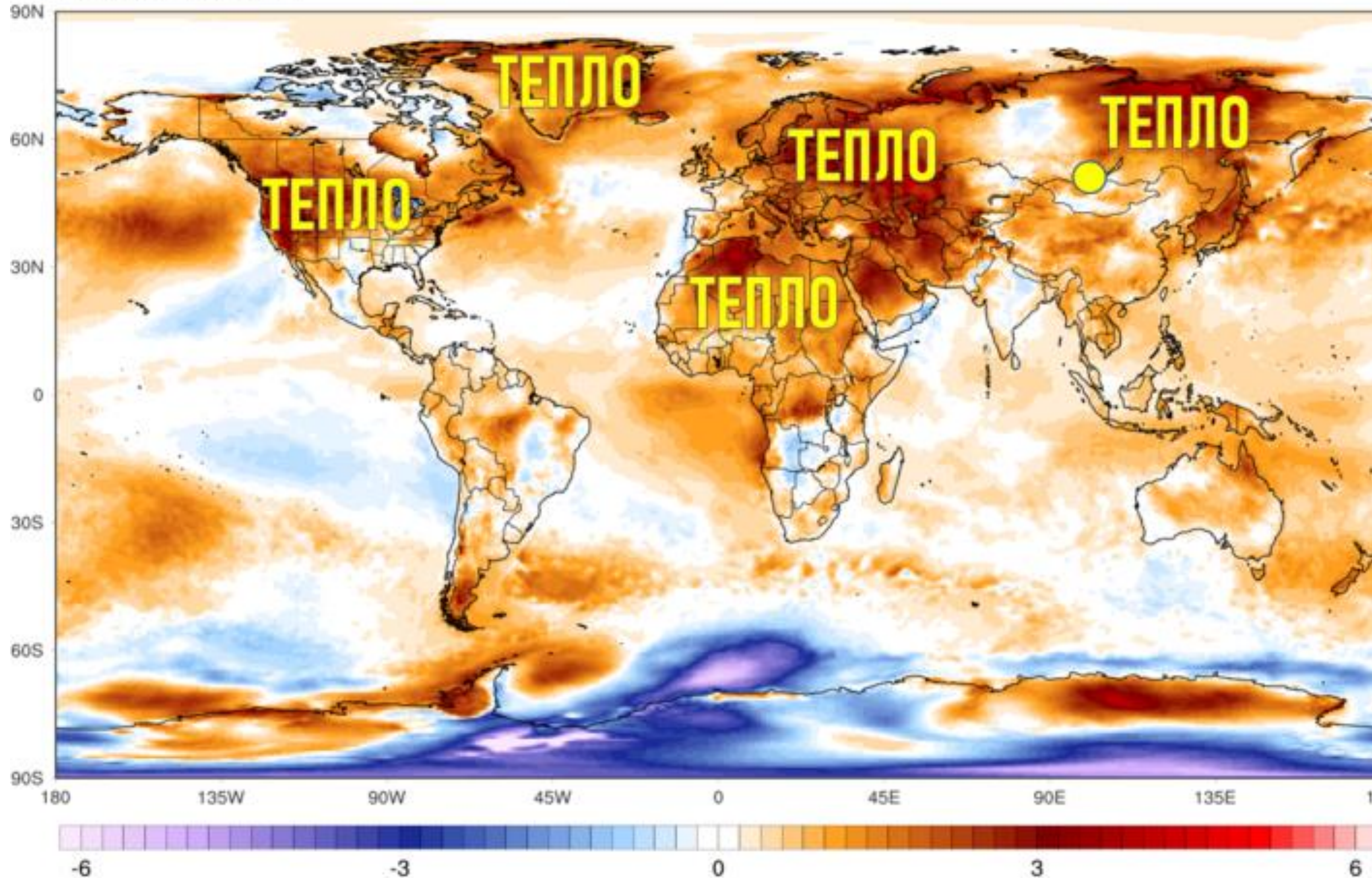
потепление в
сочетании с
уменьшением осадков



Температурные аномалии летом 2021 г.

2m Temperature Anomaly (°C)
JJA 2021 - 1979-2000

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)



ClimateReanalyzer.org | Climate Change Institute | University of Maine

Пожары в Якутии



Наводнение в Германии



#SOSAcre.

Жара и дождь в центре Гренландии летом 2021 г.



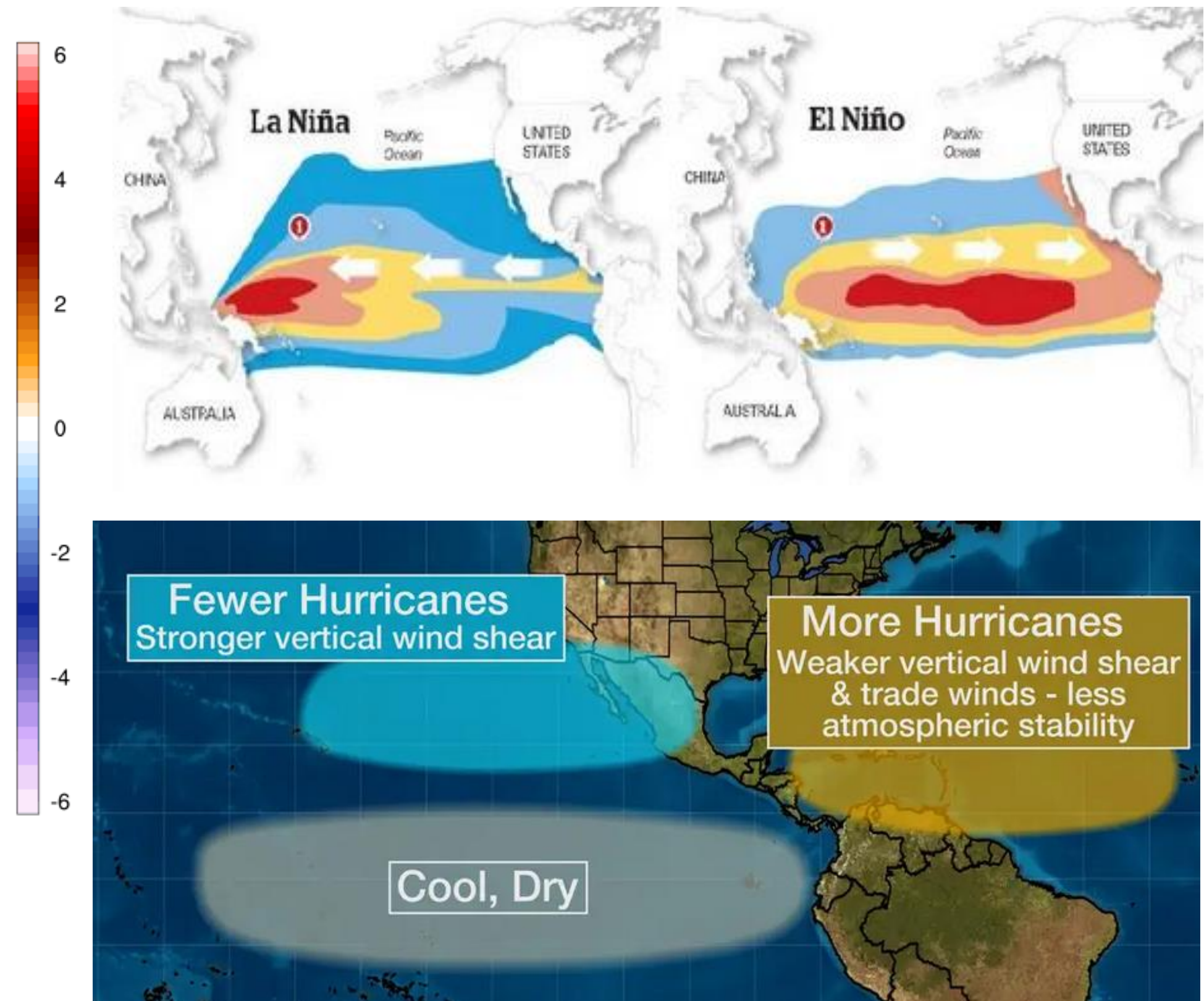
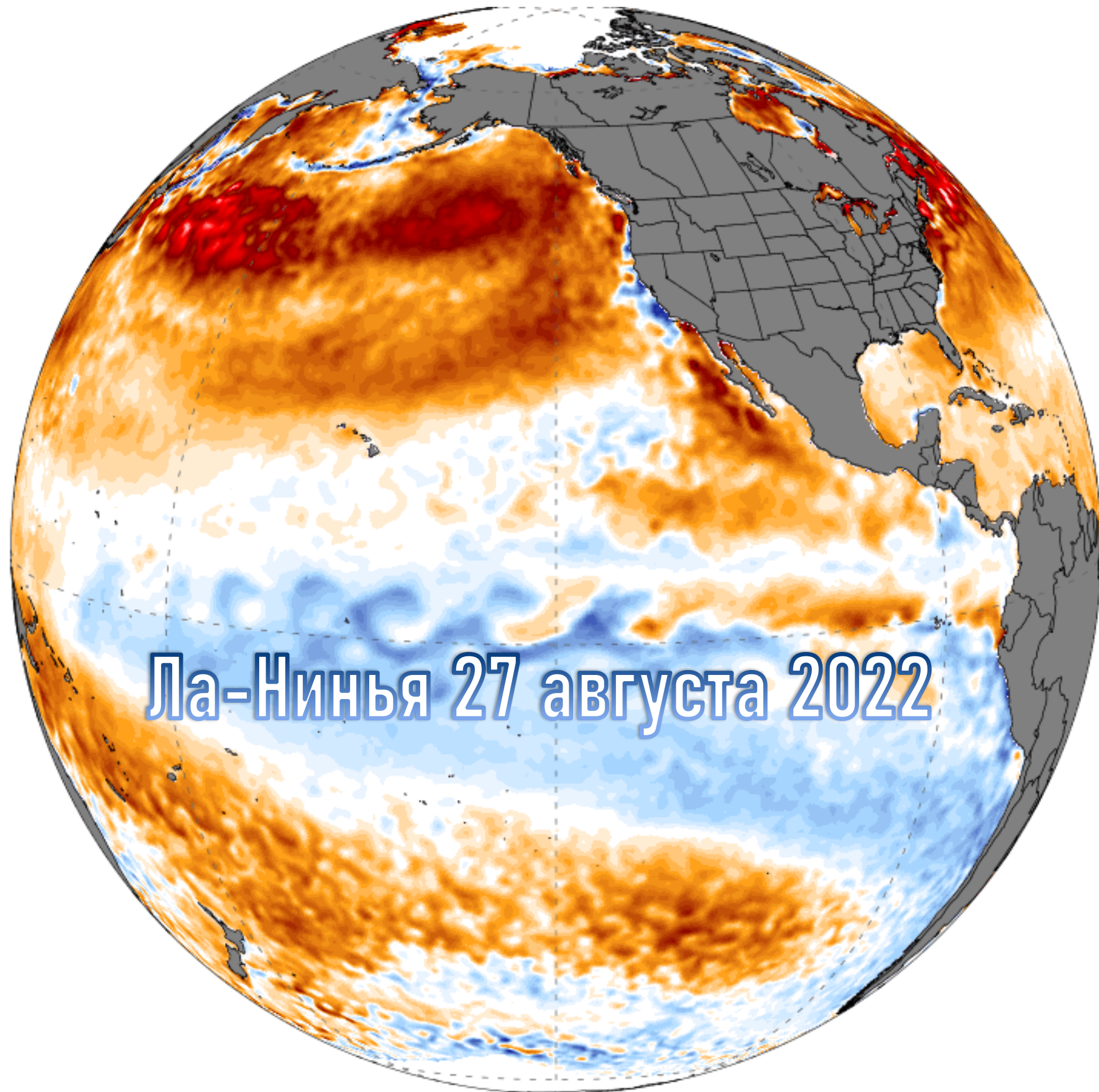
ДОЖДЬ В ГРЕНЛАНДИИ

В ГРЕНЛАНДИИ 14 АВГУСТА 2021 ГОДА ВПЕРВЫЕ В ИСТОРИИ МЕТЕОНАБЛЮДЕНИЙ ПРОШЕЛ ДОЖДЬ ИЗ-ЗА РЕКОРДНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ. ЗА 2 ТЫСЯЧИ ЛЕТ ТАКОЕ ПРОИСХОДИЛО ТОЛЬКО 9 РАЗ, 3 ИЗ КОТОРЫХ В 2012 И В 2019 ГОДАХ, НО ДОЖДЯ ТОГДА НЕ БЫЛО. ПРИЧИНОЙ СТАЛО РЕКОРДНОЕ ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ. ТЕМПЕРАТУРА НА ВЕРШИНЕ ЛЕДЯНОГО ШИТА ГРЕНЛАНДИИ — 3216 М СТАЛА ВЫШЕ НУЛЯ 0,48 ГРАДУСА ЦЕЛЬСИЯ. ИЗ-ЗА ТАКОГО ПОТЕПЛЕНИЯ ШИТ ПОТЕРЯЛ ЗА ОДИН ДЕНЬ В ИЮЛЕ БОЛЕЕ 8 МИЛЛИАРДОВ ТОНН ЛЬДА. ВСЕГО ЗА ТРИ ДНЯ АВГУСТА ГРЕНЛАНДИИ ВЫПАЛО 7 МЛРД. ТОНН ВОДЫ В ВИДЕ ДОЖДЯ

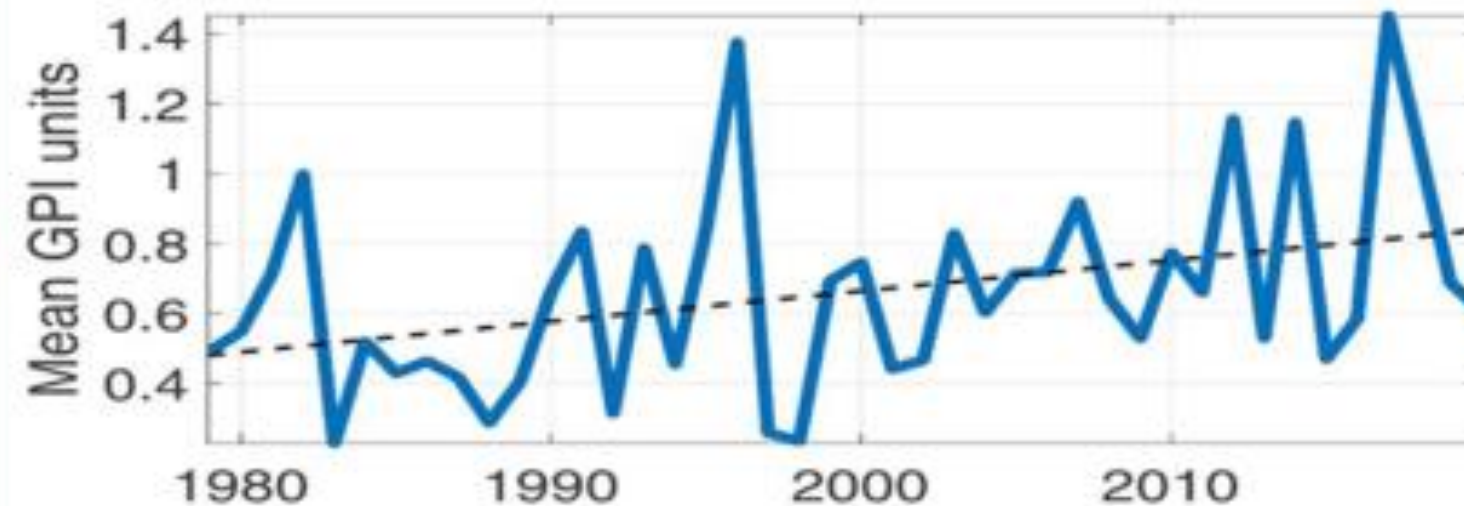
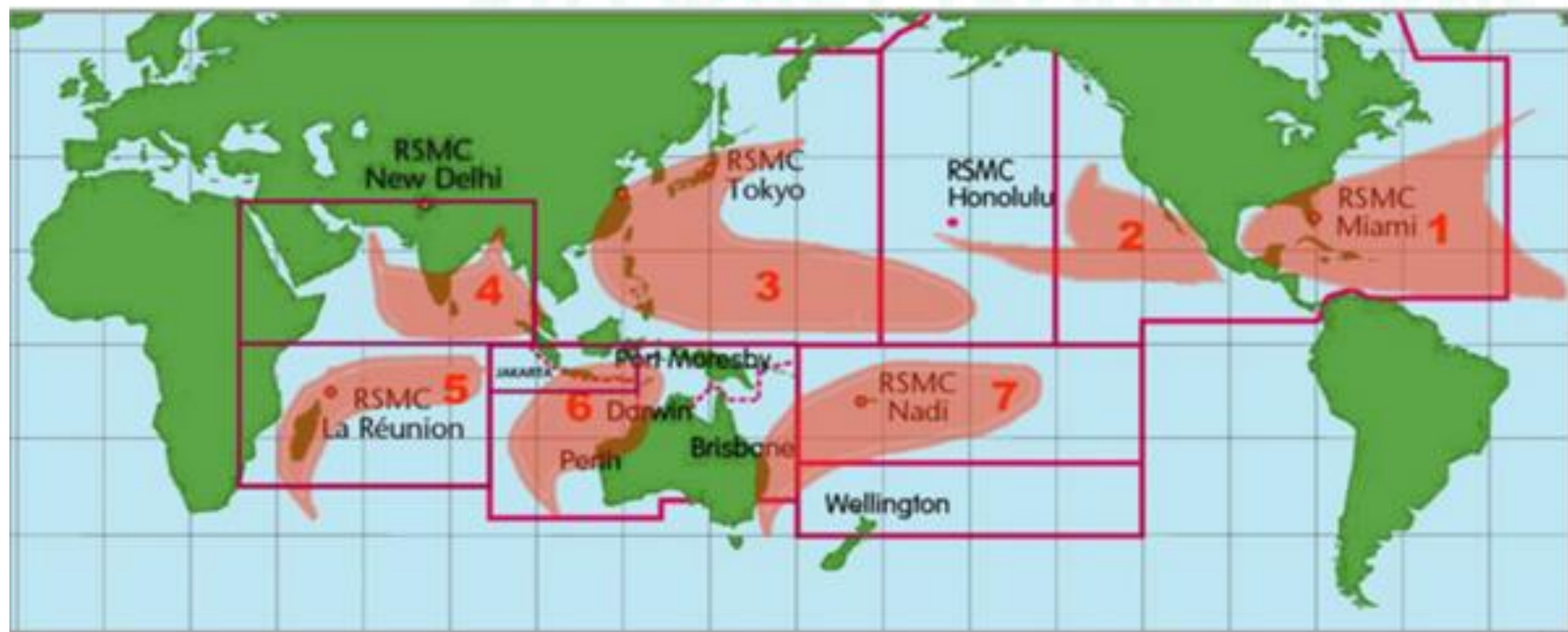


ДОЖДЬ ШЕЛ НЕСКОЛЬКО ЧАСОВ 14 АВГУСТА.
ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА НА ВЫСОТЕ БОЛЕЕ
3 ТЫС. М ДЕРЖАЛАСЬ ВЫШЕ НУЛЯ

«ТРОЙНОЙ ЛА-НИНЬЯ» 2020-2022 ГГ.



ЧТО ЖДЕТ ТРОПИЧЕСКИЕ ЦИКЛОНЫ?



к середине XXI века сильные тропические циклоны станут в два раза чаще, а максимальная скорость ветра, связанная с ними, может увеличиться примерно на 20%.

наблюдаемая с 1970 года тенденция перемещения тропических циклонов к полюсам, скорее всего, сохранится и усилится.

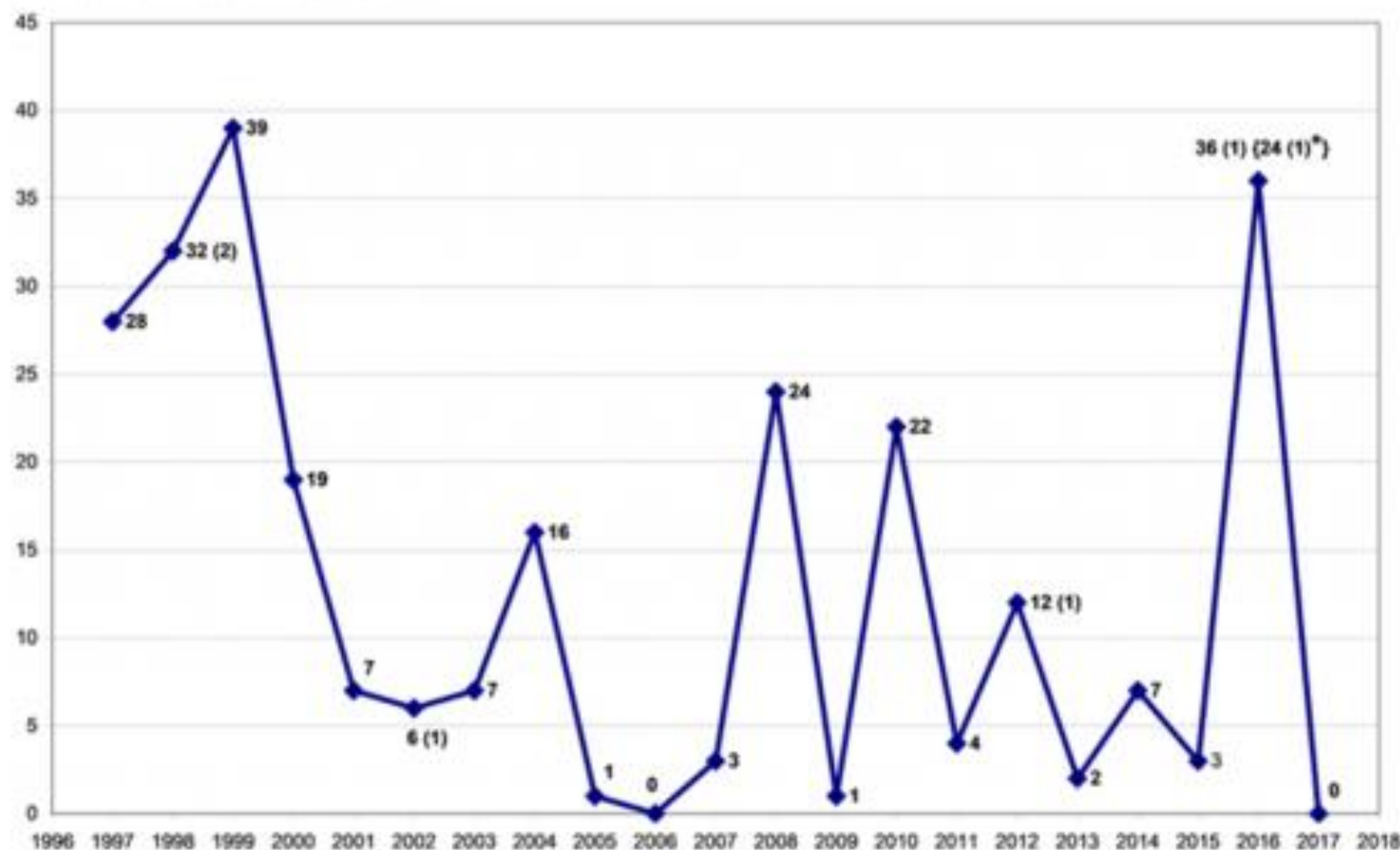
РОССИЮ ЖДУТ

десятиградусные колебания экстремальных температур, как минимальных, так и максимальных, и значительное увеличение количества осадков (до 50%), которые приведут к сильным наводнениям и половодьям

На фоне повышения среднегодовой температуры активизируются возбудители различных кишечных инфекций, растет заболеваемость вирусным гепатитом А, клещевым энцефалитом, инфекциями, связанными с укусами комаров, такими как малярия, создаются благоприятные условия для распространения в северные широты различных тропических лихорадок (Денге, Западного Нила). Кроме того, в особенно жаркие дни резко обостряются хронические сердечно-сосудистые и легочные заболевания.

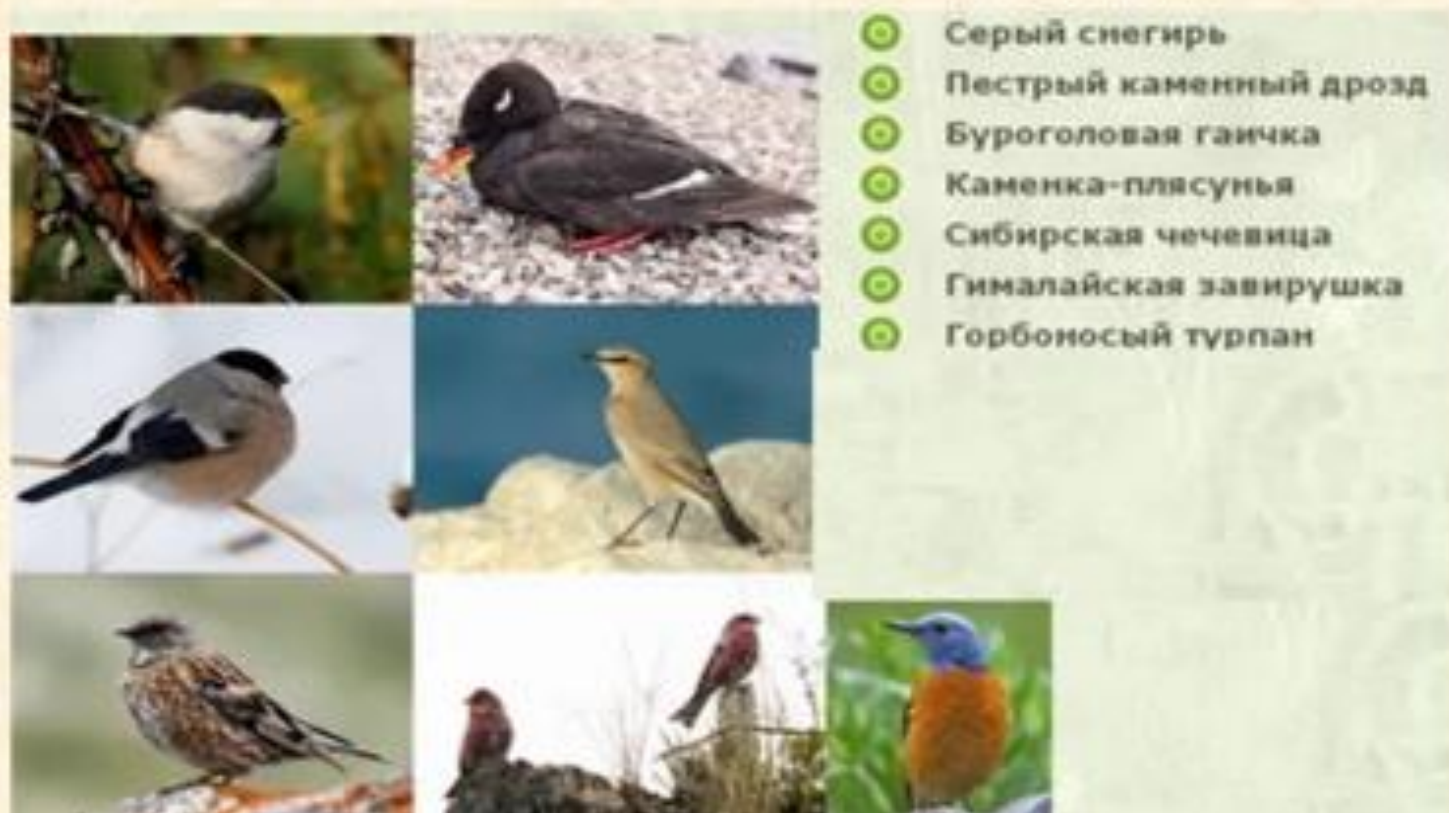
на 430 км²/год будет расти площадь лесных пожаров, степная зона вытеснит лес всего за несколько лет, а в тундру со скоростью до 10 м/год будет перемещаться хвойная тайга и лиственный лес.

В 2016 г. в Янао произошла крупнейшая за последние 30 лет эпизоотия сибирской язвы в России. В результате контактов с больными животными заболело 36 человек.

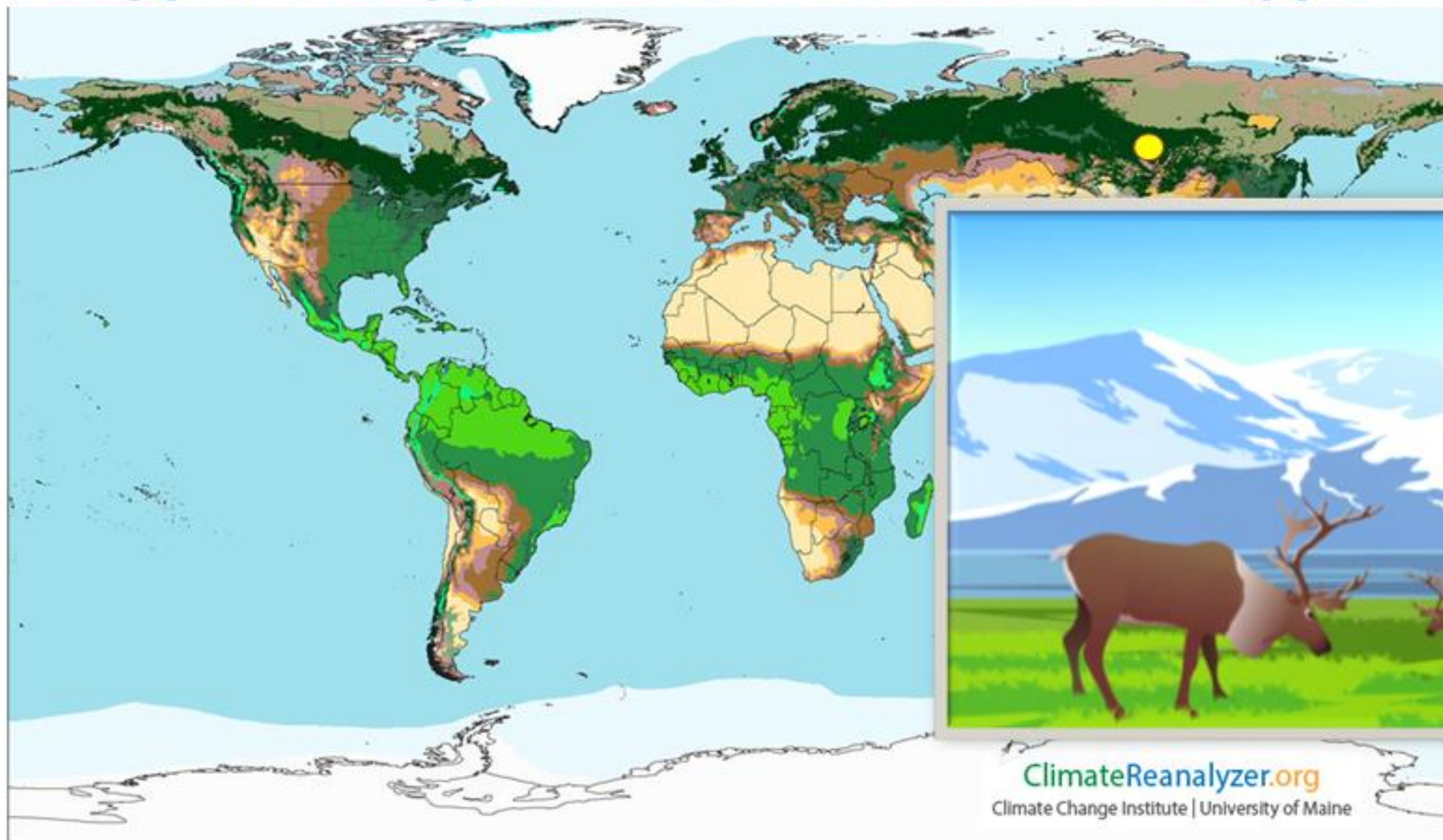


Одной из причин вспышки послужила аномально высокая дневная температура воздуха (29–34°C), что способствовало увеличению глубины сезонного таяния многолетней мерзлоты и перемещению спор сибиреязвенного микроба из глубинных слоев к поверхности почвы с межмерзлотными водами.

Долговременное снижение численности населения птиц на ключевом участке западного макросклона Баргузинского хребта наблюдалось в период после 1997–1998 гг. Эти сроки совпадают по времени с прохождением аридной (засушливой) фазы выпадения осадков длительного климатического цикла в регионе, сопровождавшейся развитием засухи на обширных территориях Забайкалья



КОГДА МЫ БУДЕМ ЖИТЬ В УСЛОВИЯХ ТУНДРЫ?

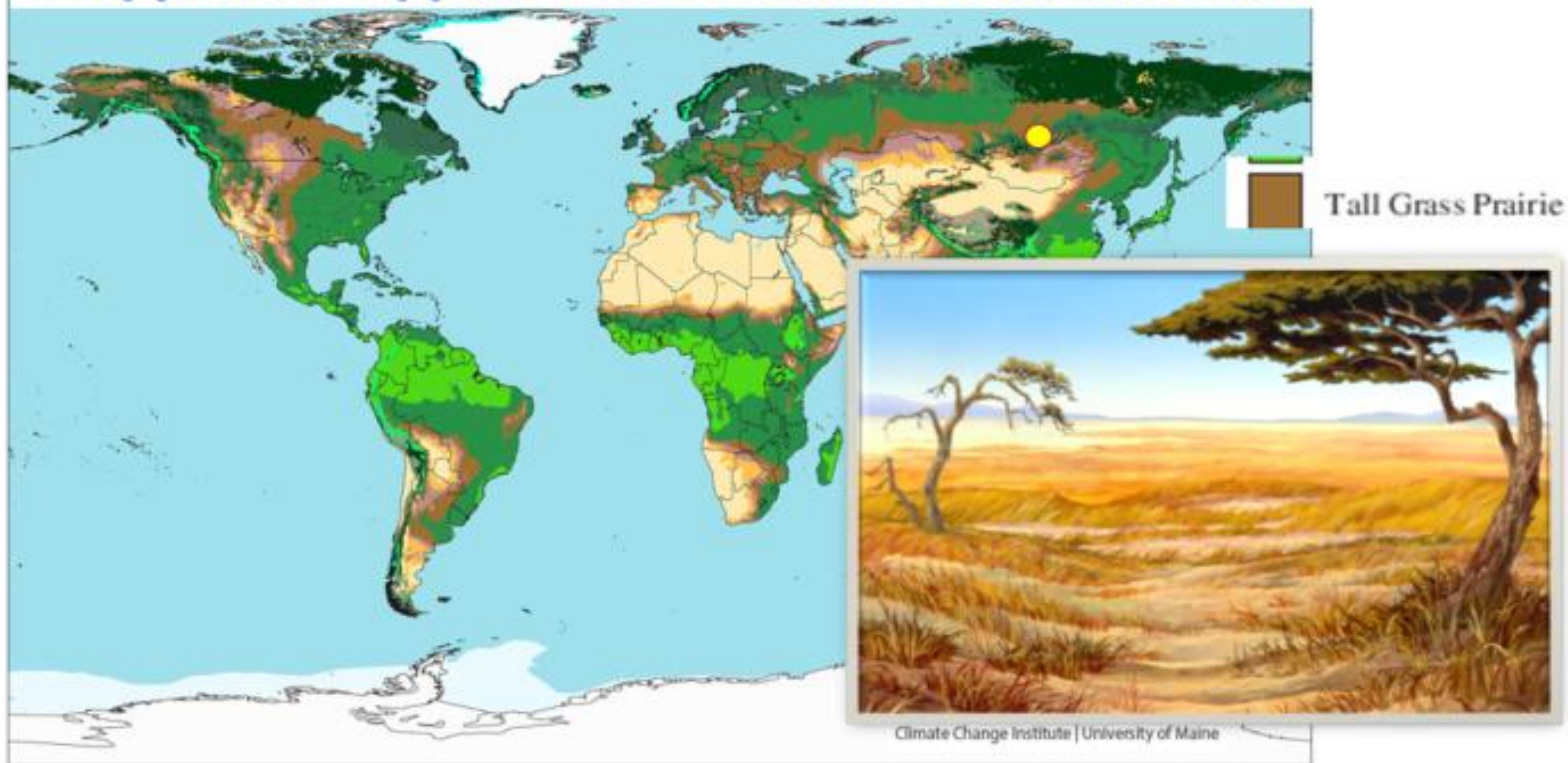


ClimateReanalyzer.org

Climate Change Institute | University of Maine

Environmental Change Model, Version 2015A

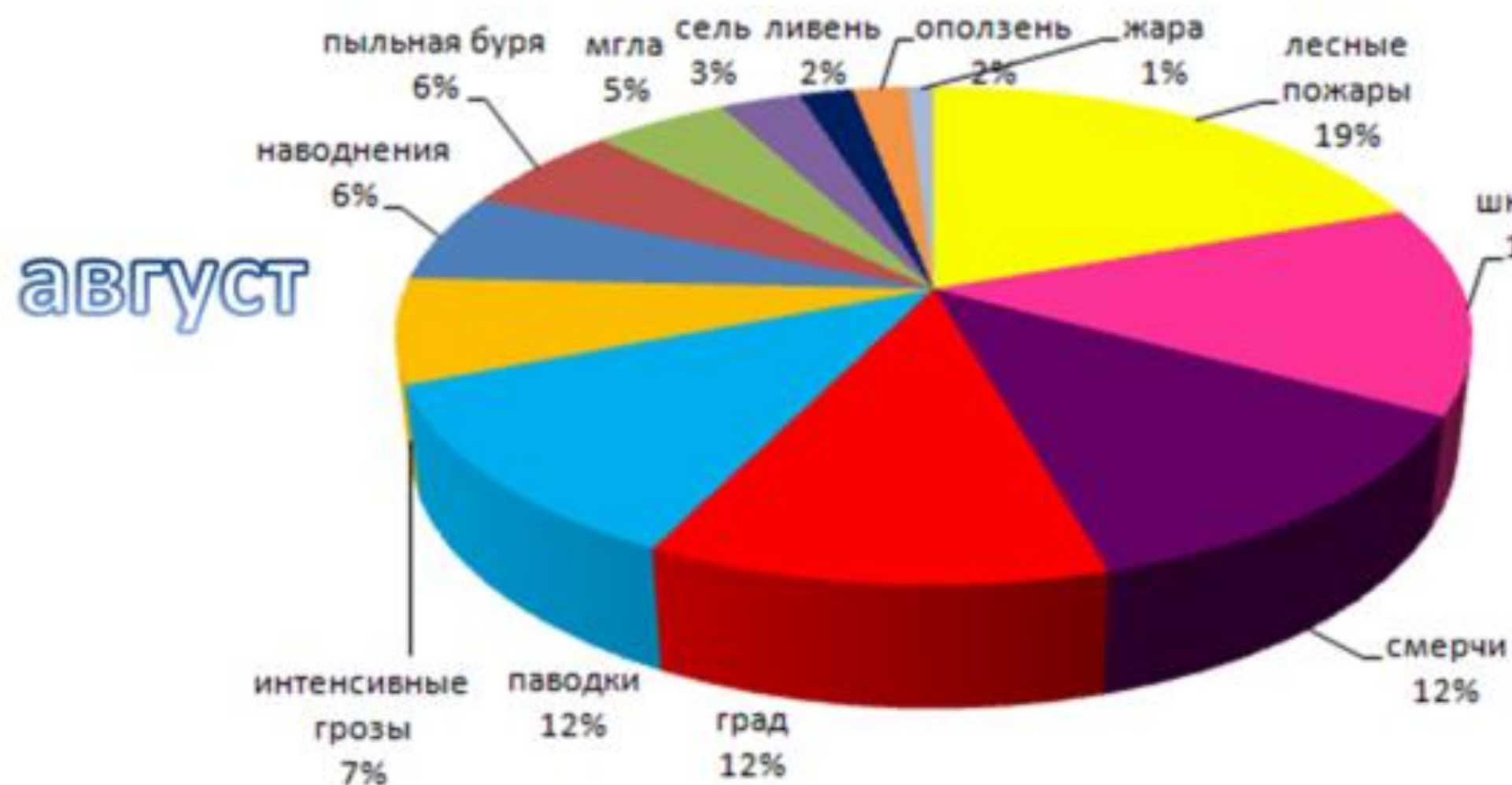
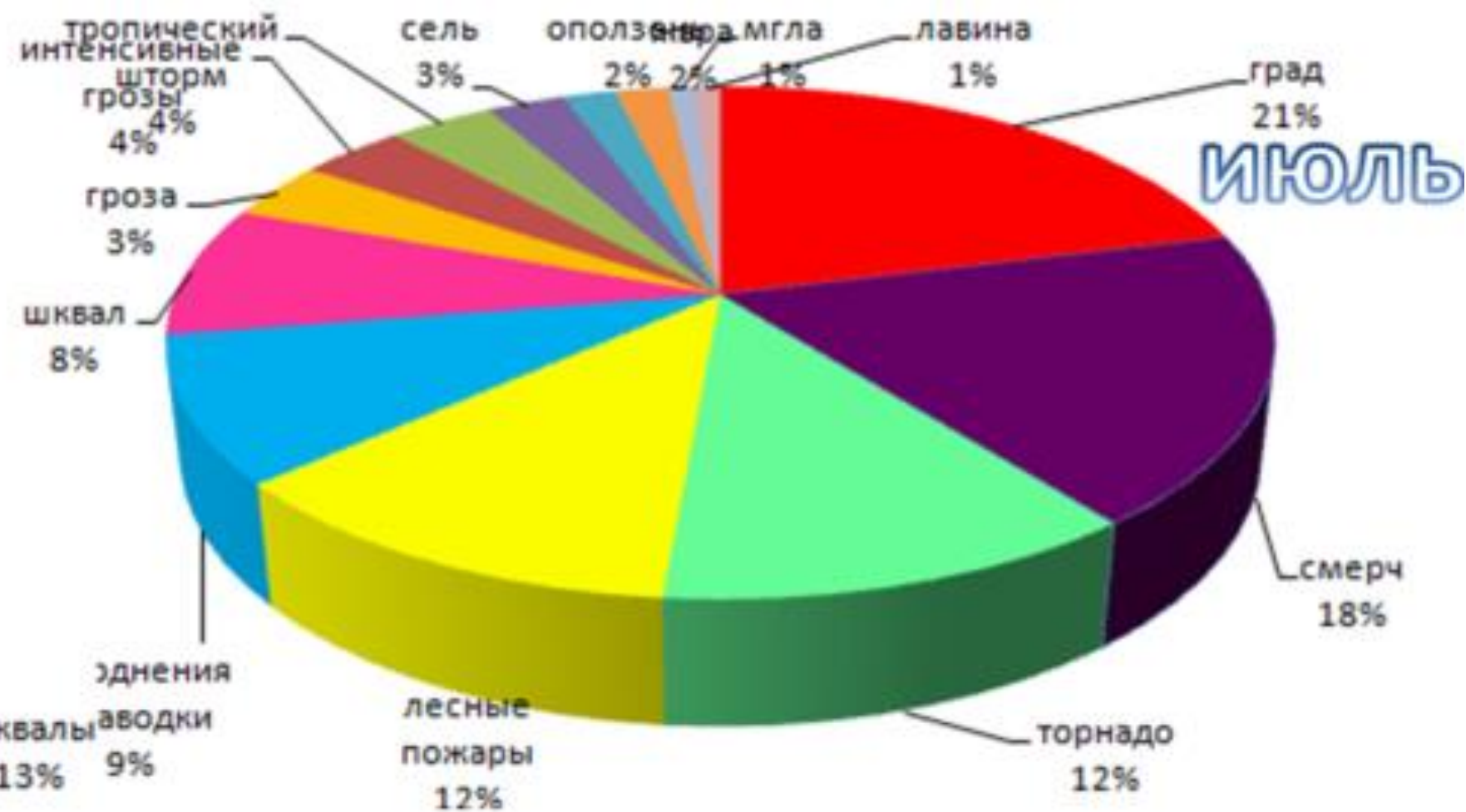
КОГДА МЫ БУДЕМ ЖИТЬ В УСЛОВИЯХ ПРЕРИИ?



Climate Change Institute | University of Maine

Environmental Change Model, Version 2015A

ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ ЛЕТОМ 2022 ГОДА



Заснеженные грядки в Томской области, 3 июня 2022.



Лесной пожар в Мирнинском районе Якутии, 29 июля 2022.



Градовый шторм в Черемховском районе Иркутской области, 21 июня 2022.



Катастрофическое наводнение в провинциях: Хунань, Гуандун и Гуйчжоу (Китай, июнь 2022).



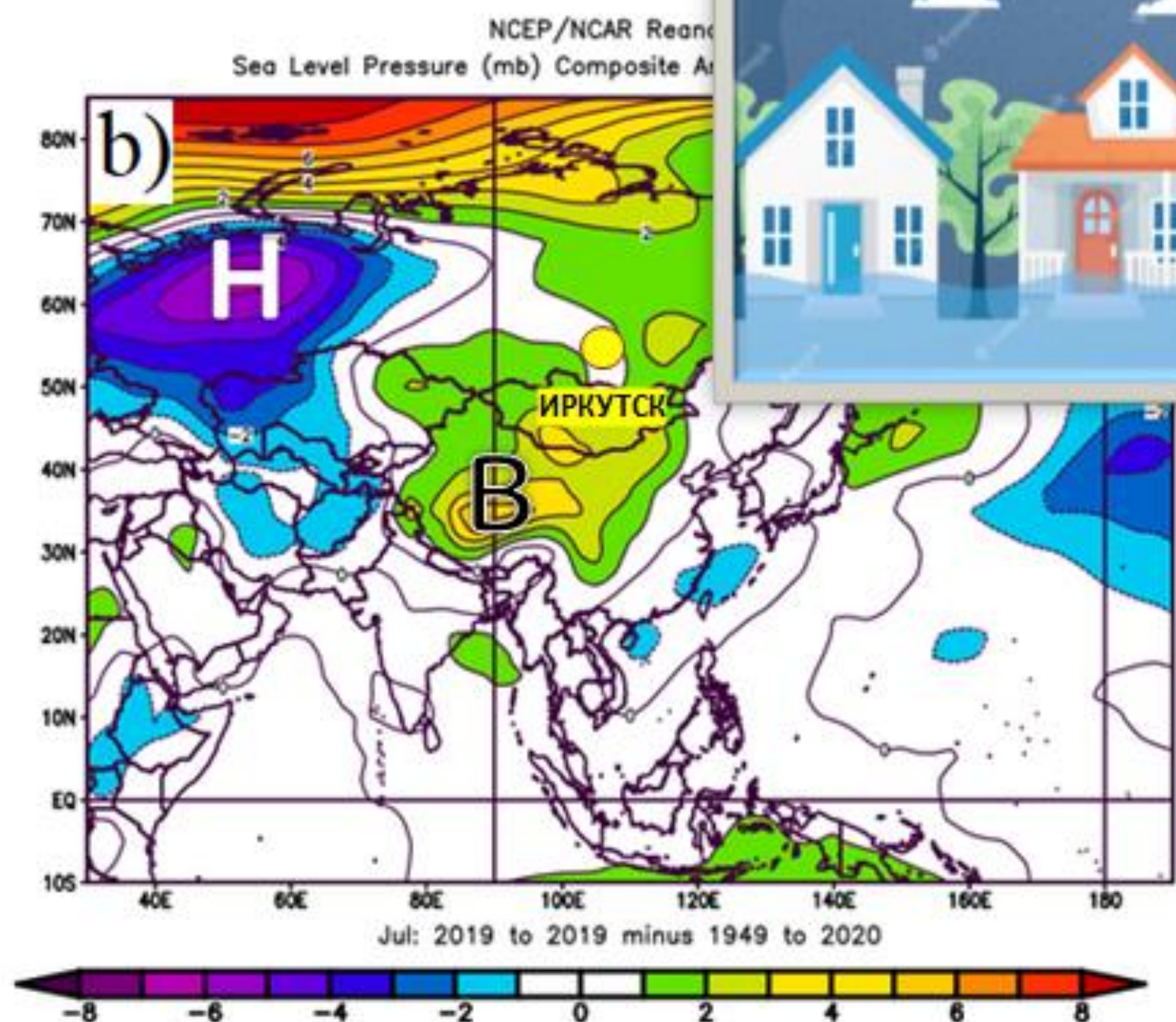
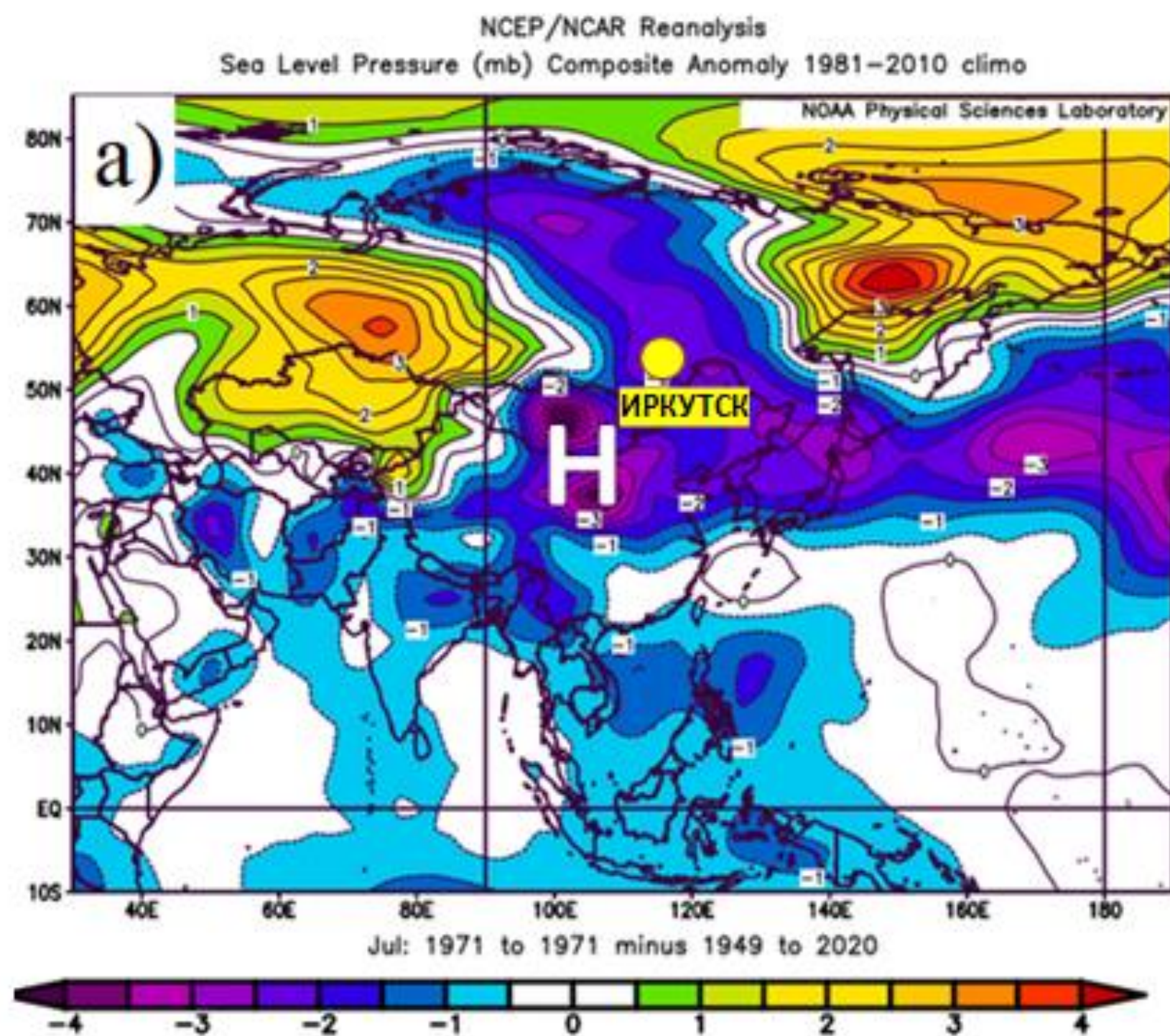
Два водяных смерча в Бетте (Геленджик, Краснодарский край, 24.07.2022)



После прохождения грозы со шквалом до 34 метров в секунду в гиренске (Иркутская область, 23 июля 2022).



ПРИЧИНЫ НАВОДНЕНИЙ В 1971 и 2019 гг.



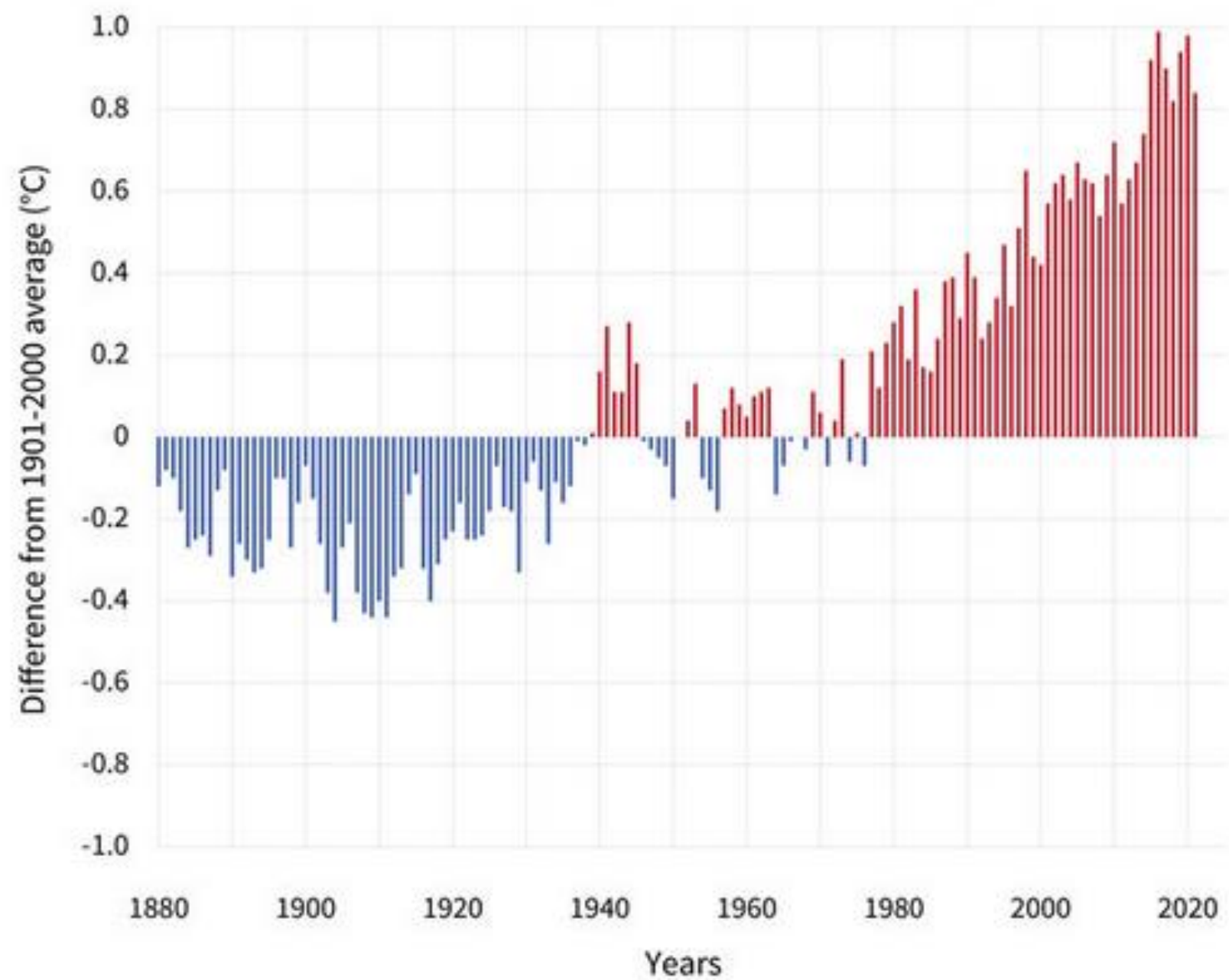
ЭПИЛОГ

ДО СИХ ПОР УЧЁНЫЕ СО 100% УВЕРЕННОСТЬЮ НЕ МОГУТ СКАЗАТЬ, ЧТО ВЫЗЫВАЕТ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ. ВЕДЬ КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ НАЛАГАЮТСЯ ОДИН НА ДРУГОЙ, УСИЛИВАЯСЬ ПРИ СОВПАДЕНИИ ФАЗ И ОСЛАБЕВАЯ ПРИ ИХ РАЗЛИЧИИ. РОЛЬ ТРИГГЕРНОГО (СПУСКОВОГО) ЭЛЕМЕНТА ВОЗМОЖНО ПРИНАДЛЕЖИТ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ, СТРАТОСФЕРЕ И ОКЕАНУ.

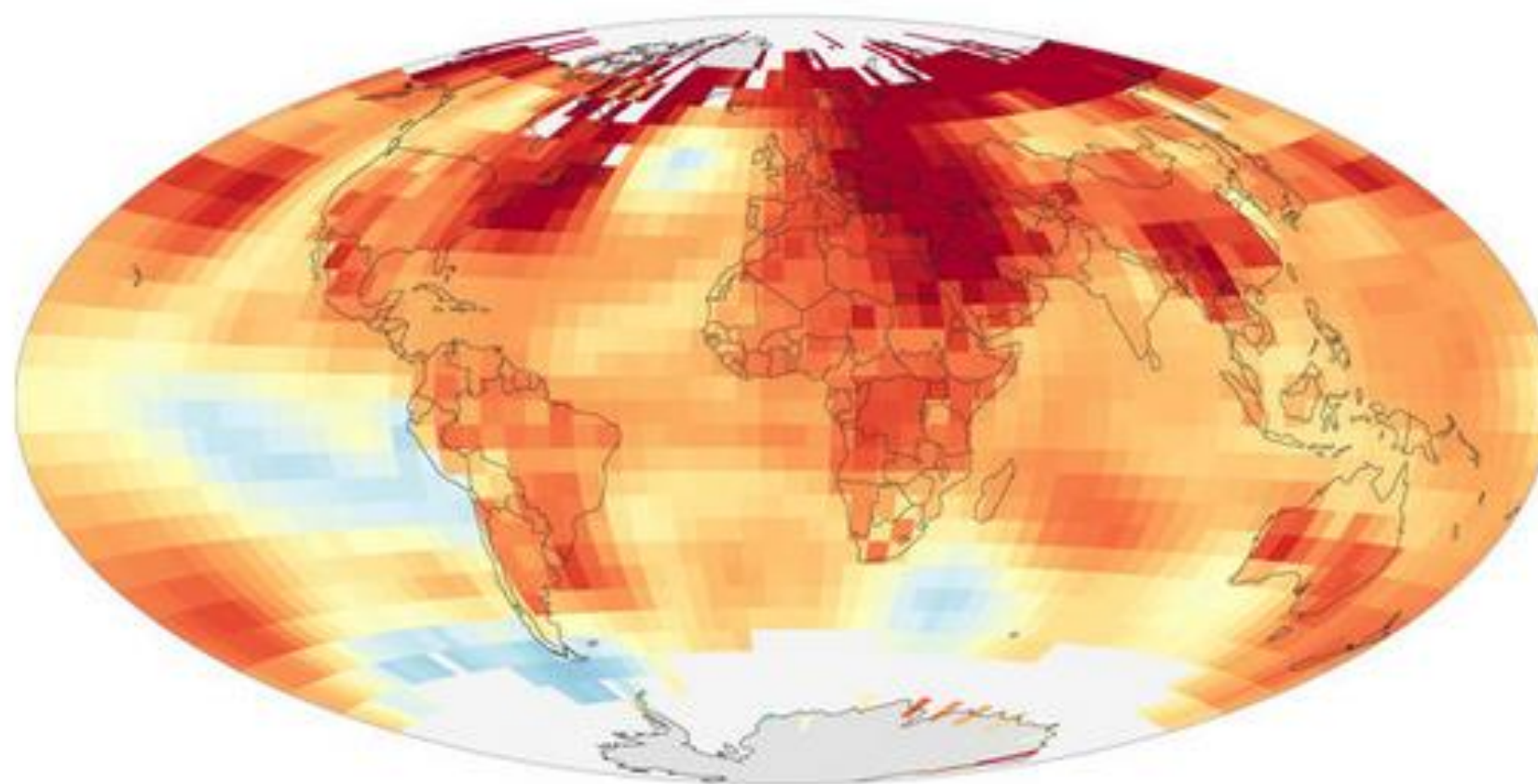
СРАВНИТЕЛЬНО НИЗКАЯ НАДЁЖНОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ ОБУСЛОВЛЕНА СЛОЖНОСТЬЮ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА СОЛНЕЧНОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В АТМОСФЕРЕ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМЕ «АТМОСФЕРА-СУША-ОКЕАН». ТРУДНОСТИ ВЫЗЫВАЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЕ ИЗ-ЗА ВЕСЬМА НЕОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРЫ ОБЛАКОВ.

ПОКА НЕВОЗМОЖНО ВЫЧЛЕНИТЬ РОЛЬ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ. ВЕДЬ В МИРЕ ПОСТОЯННО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ ЧЕТЫРЕ ОГРОМНЫЕ ПРИРОДНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ – СУША, ОКЕАН, АТМОСФЕРА И ОЛЕДЕНЕНИЕ , НА КОТОРЫЕ НАКЛАДЫВАЕТСЯ ВЛИЯНИЕ СОЛНЦА И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА!

GLOBAL AVERAGE SURFACE TEMPERATURE

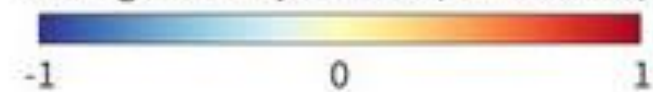


RECENT TEMPERATURE TRENDS (1990-2021)



1990-2021

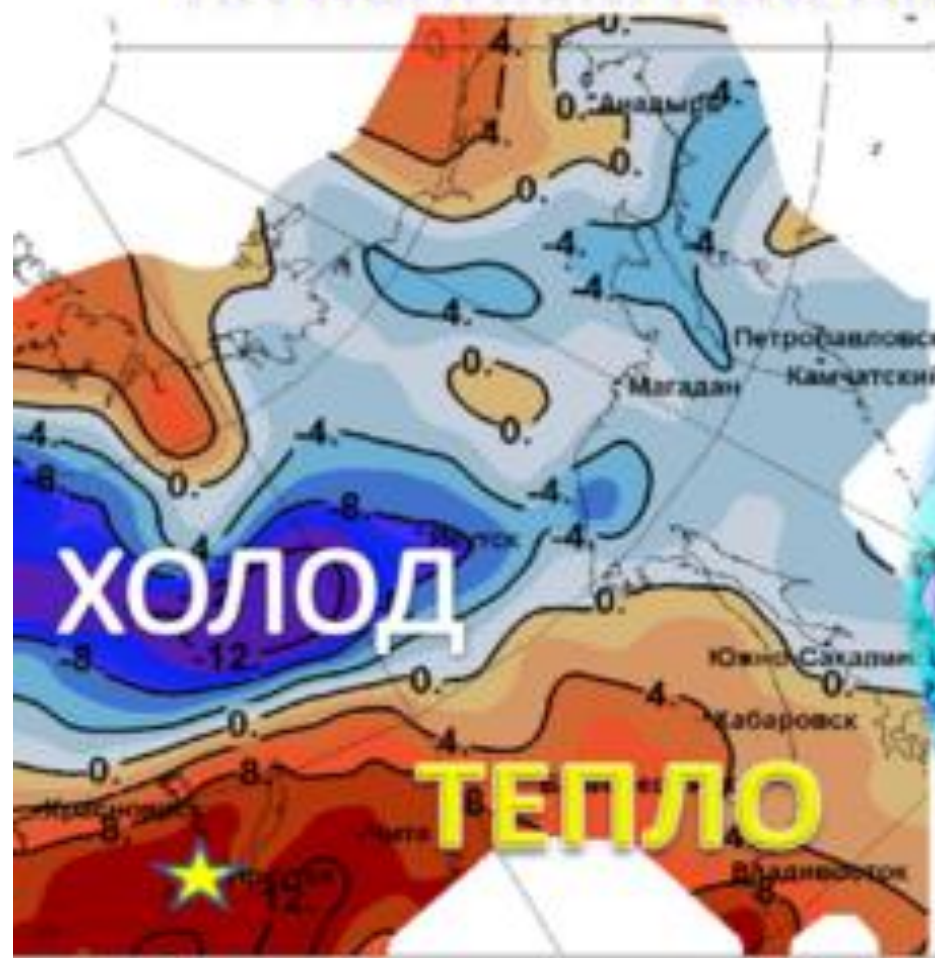
Change in temperature (°F/decade)



NOAA Climate.gov
Data: NCEI

ЯНВАРЬ 2021 Г.

ПО ДАННЫМ ГИДРОМЕТЦЕНТРА РОССИИ



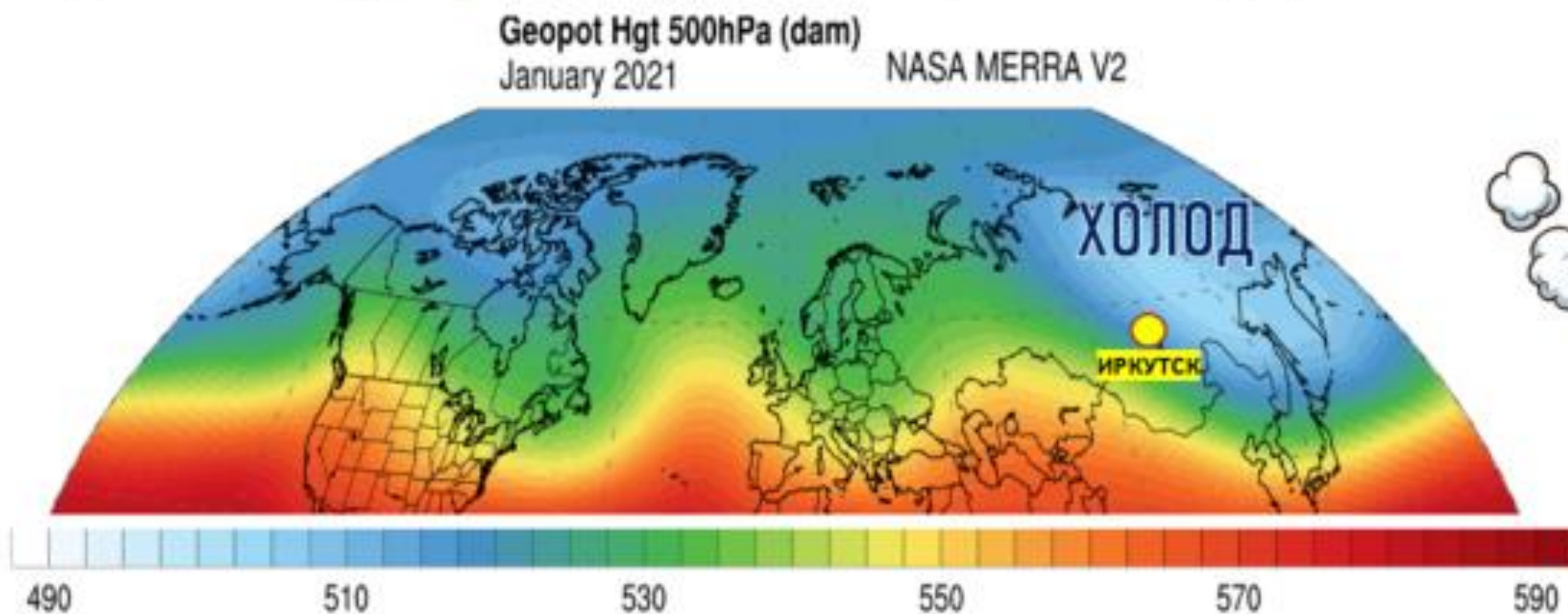
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
Гидрометцентр России

Прогноз аномалии средней температуры
воздуха на 23. 1.2021



ЯНВАРЬ 2021

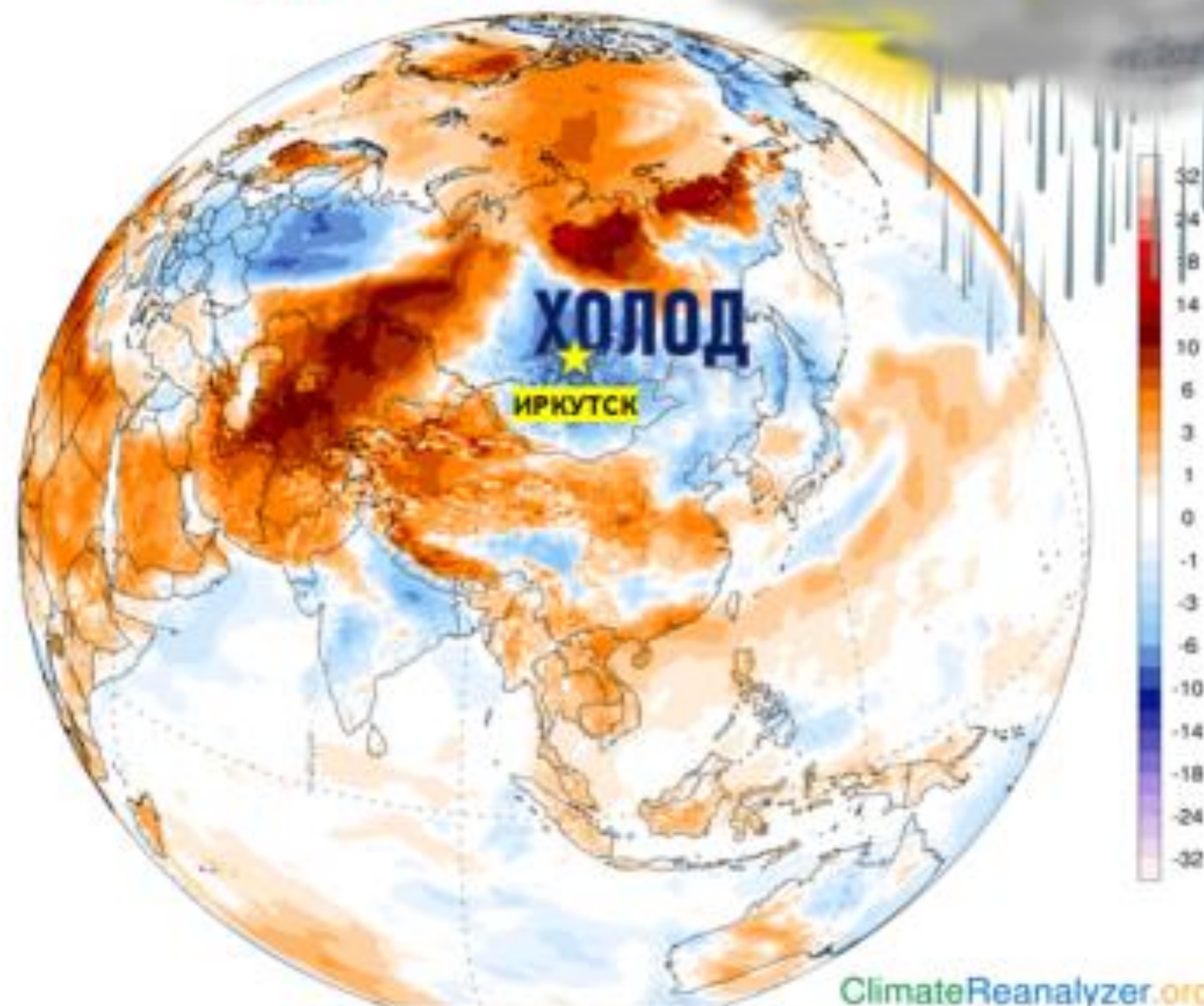
- на севере Иркутской области минимальные температуры опускались до $-55...-57^{\circ}\text{C}$, практически приблизившись к абсолютному минимуму 15 января 1966 года ($-61,7^{\circ}\text{C}$) на станции Хамакар (Катанский район)



Среднее поле АТ-500 гПа в январе 2021 г. по данным Реанализов

Дата	Температура воздуха, °С				Осадки, мм
	Минимум	Средняя	Максимум	Отклонение от нормы	
1	0.7	4.6	10.0	-2.2	5.0
2	3.5	5.9	10.5	-1.1	2.0
3	4.0	6.6	9.4	-0.7	0.9
4	2.7	8.3	16.1	+0.8	0.0
5	0.4	5.3	12.9	-2.5	1.5
6	-2.1	4.6	10.9	-3.4	1.0
7	3.5	6.4	9.4	-1.9	5.0
8	0.2	6.6	14.8	-1.9	0.0
9	4.5	10.2	16.8	+1.4	0.5
10	4.9	6.8	10.5	-2.2	4.0
11	4.2	10.0	17.0	+0.8	3.0
12	1.6	10.2	16.5	+0.7	0.0
13	4.7	8.1	12.7	-1.6	0.0
14	-1.0	8.4	16.5	-1.5	0.0
15	2.5	10.9	17.7	+0.8	0.0
16	6.5	12.2	18.1	+1.9	0.0
17	9.3	11.9	15.4	+1.4	2.6
18	7.2	10.3	13.9	-0.5	0.3
19	7.7	10.7	15.1	-0.3	0.4
20	5.7	8.0	11.6	-3.2	7.3
21	3.2	5.5	8.2	-5.9	14.0
22	3.9	8.6	13.7	-2.9	0.3
23	3.0	7.3	12.2	-4.4	0.5
24	1.0	8.6	17.4	-3.3	3.0
25	8.9	10.0	12.8	-2.1	17.0
26	6.8	9.6	14.3	-2.7	3.0
27	2.4	12.5	19.7	0.0	0.0
28	8.9	12.6	17.5	0.0	0.0
29	7.6	10.6	15.4	-2.2	12.0
30	4.5	8.0	12.6	-5.0	3.3

МАЙ 2021 Г. ИРКУТСК



ClimateReanalyzer.org

Выпало осадков: **87 мм=240%** от нормы.

Сильный ливень в Иркутске 8 июля 2021 г.

Погода в Иркутске. Температура воздуха и осадки. Июль 2021 г.

В таблице представлены основные характеристики погоды в Иркутске - температура воздуха и количество осадков, приведенные за каждые сутки июля 2021 года.

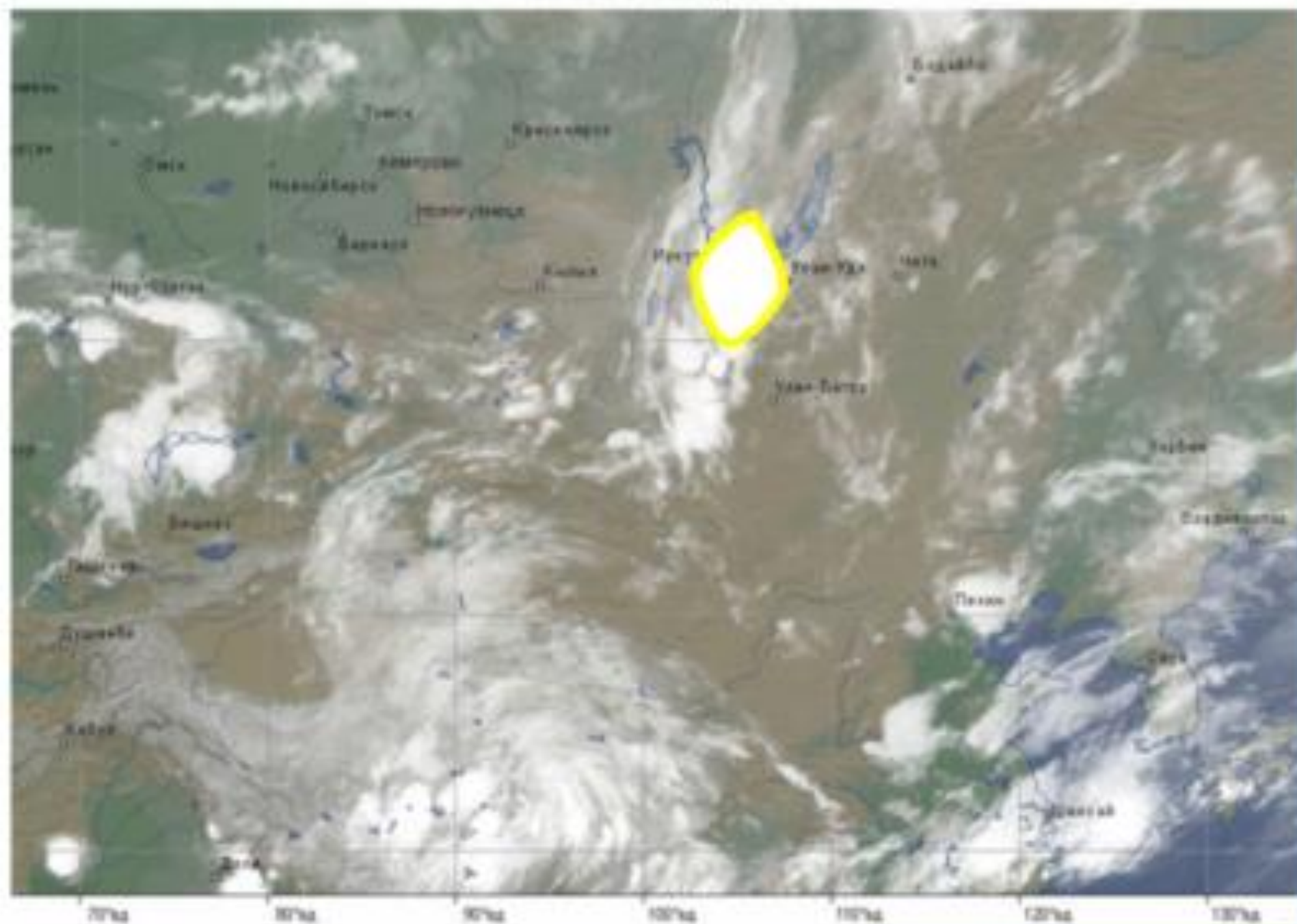
Норма среднемесячной температуры июля: **19,9°**. Фактическая температура месяца по данным наблюдений: **18,8°**. Отклонение от нормы: **-0,2°**

Норма суммы осадков в июле: **107 мм**. Выпало осадков: **131 мм**. Эта сумма составляет **123%** от нормы.

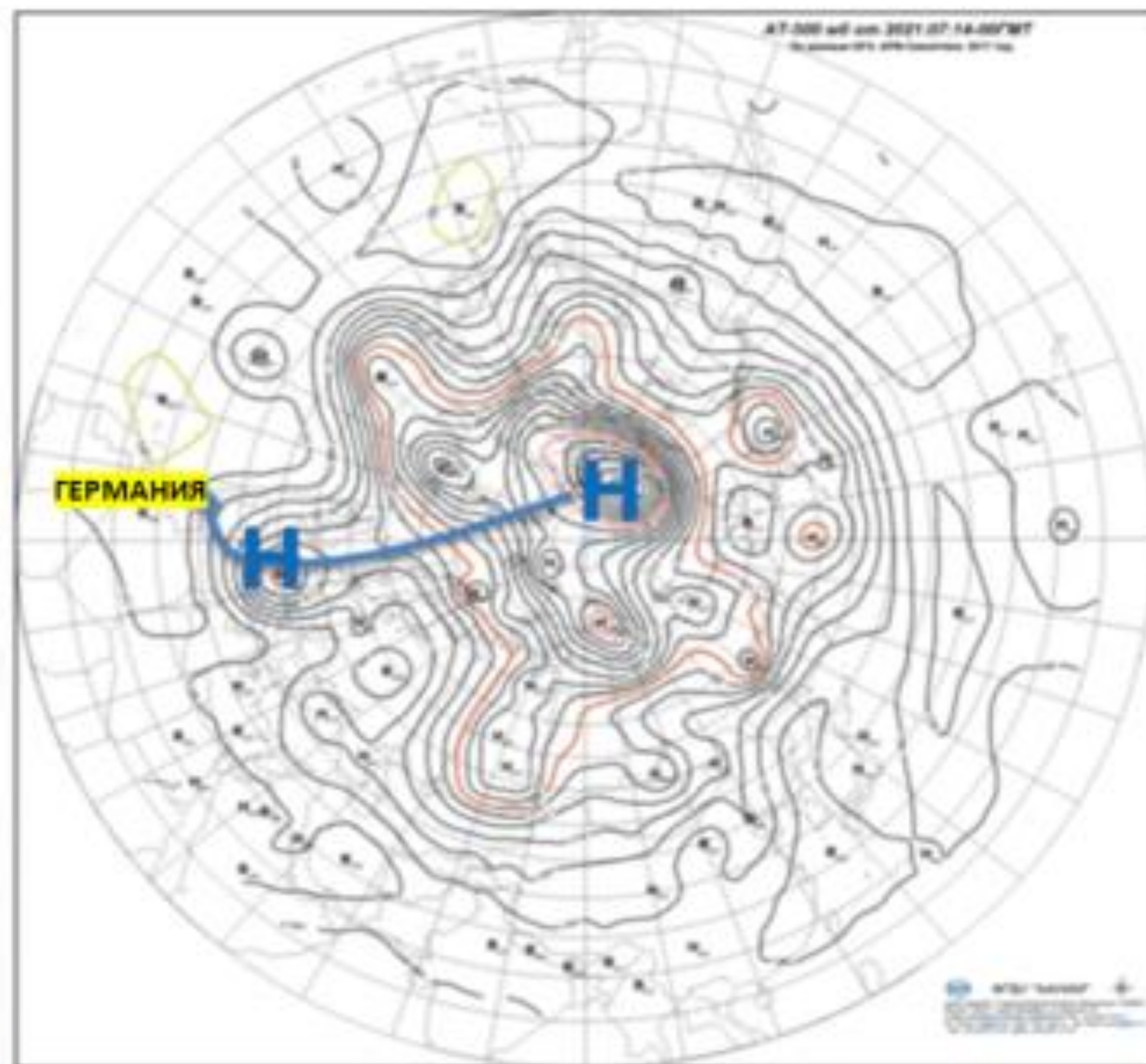
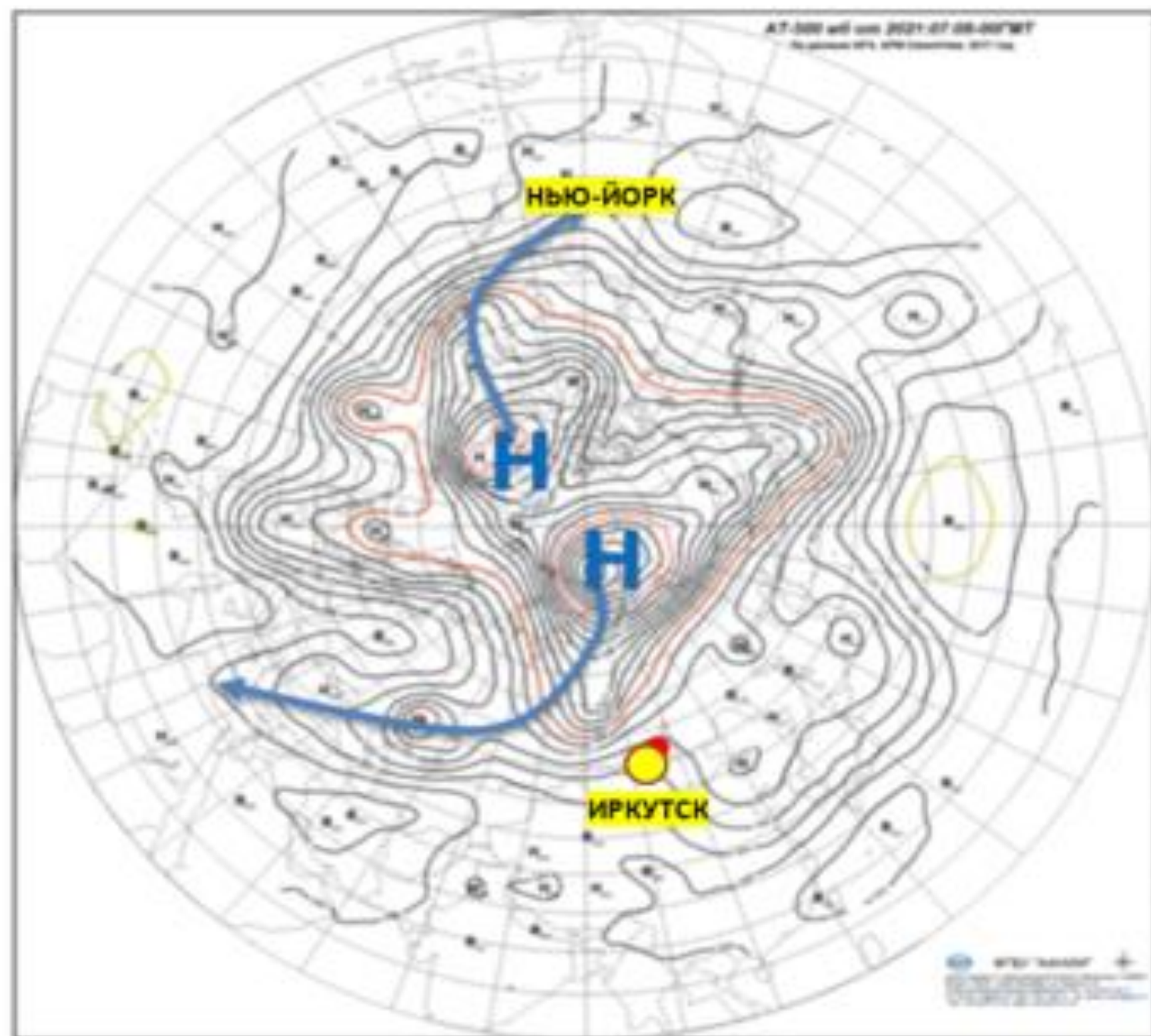
Самая низкая температура воздуха (8,7°) была 10 июля. Самая высокая температура воздуха (31,2°) была 6 июля.

Дата	Температура воздуха, °С				Осадки, мм
	Минимум	Средняя	Максимум	Отклонение от нормы	
1	13,4	17,7	21,3	-0,8	1,4
2	14,2	16,2	19,8	-2,4	0,0
3	14,4	18,8	26,0	+0,1	1,3
4	12,8	20,9	28,8	+2,2	0,0
5	13,7	21,3	28,6	+2,5	0,0
6	12,8	21,2	31,2	+2,3	0,0
7	13,6	21,1	29,8	+2,2	0,0
8	16,1	20,8	24,3	+1,8	55,8
9	10,2	14,7	21,3	-4,3	38,8
10	8,7	16,8	25,0	-2,3	0,0
11	10,3	16,9	22,5	-2,2	0,0
12	13,8	18,8	24,9	-0,4	1,0

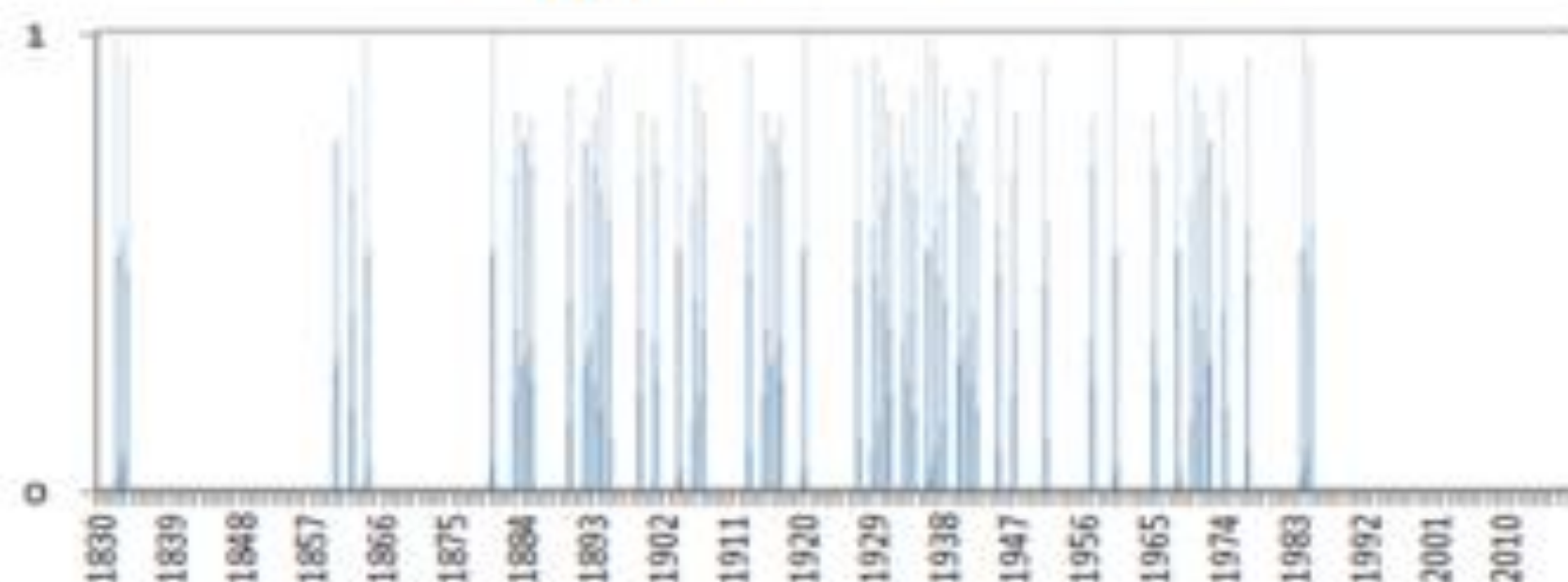
ФГБУ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ «ПЛАНЕТА» СИБИРСКИЙ ЦЕНТР



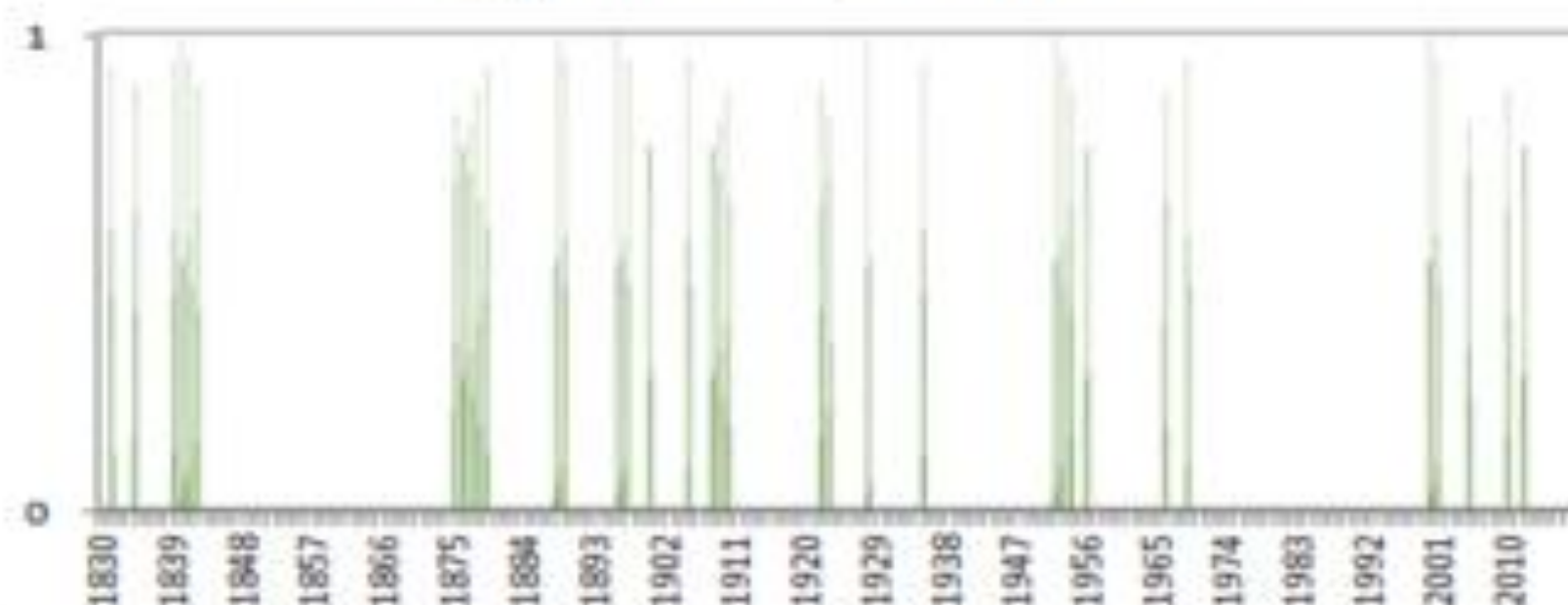
ПРИ ТАКИХ ПРОЦЕССАХ БЫЛИ СИЛЬНЫЕ ЛИВНИ В ИРКУТСКЕ, НЬЮ-ЙОРКЕ И ГЕРМАНИИ В ИЮЛЕ 2021 Г.



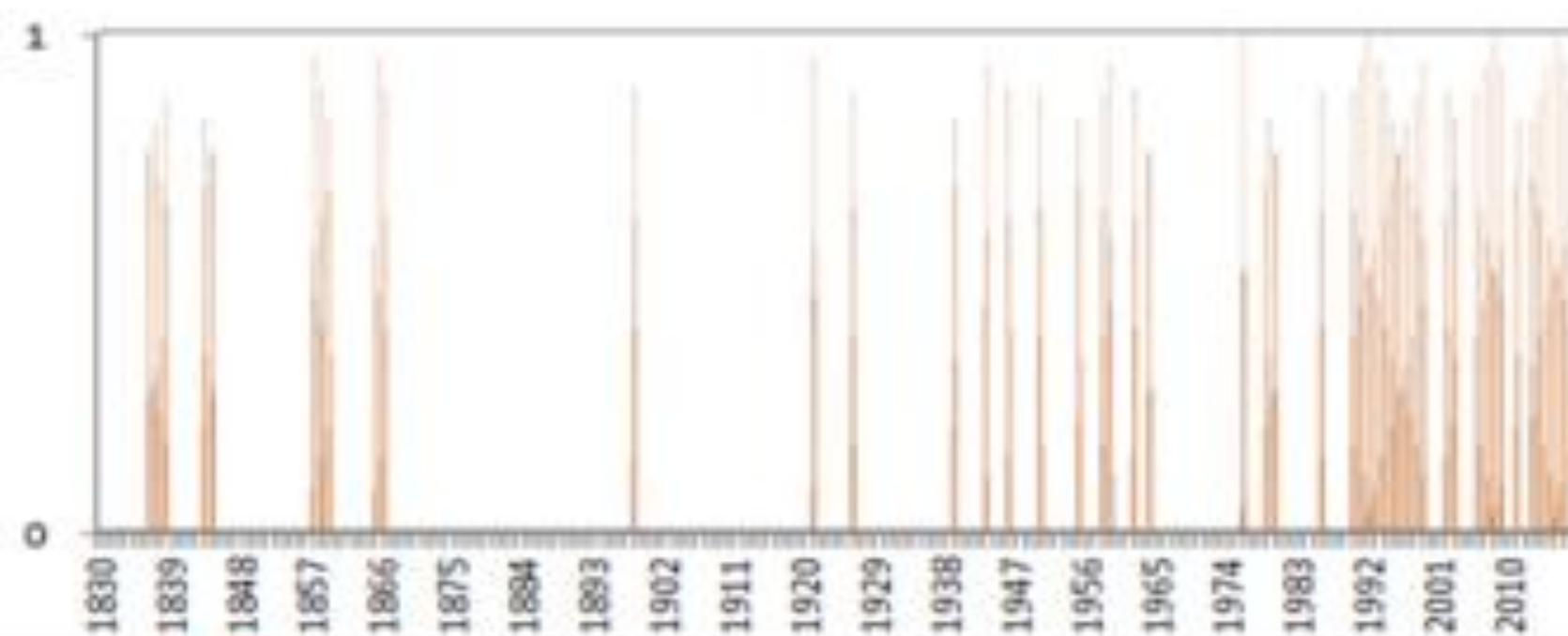
холодные зима и лето



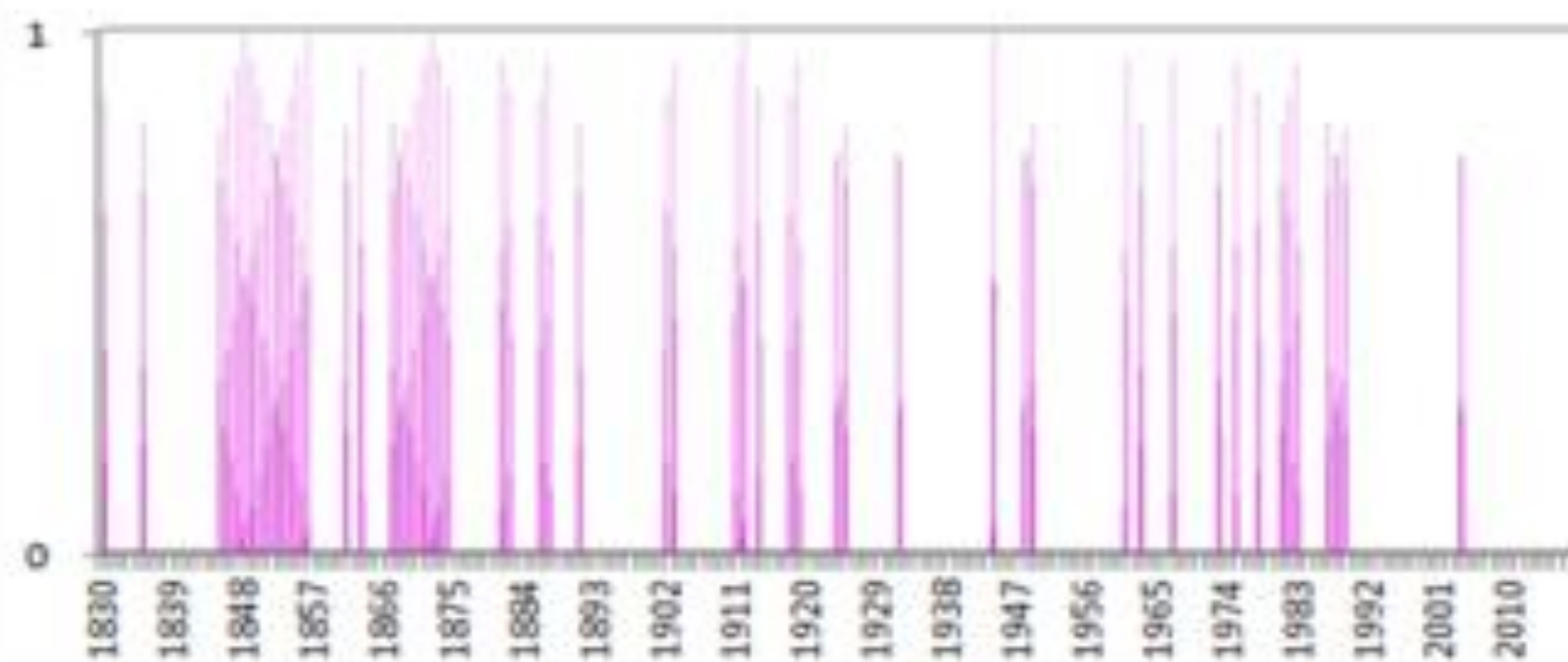
холодная зима, теплое лето



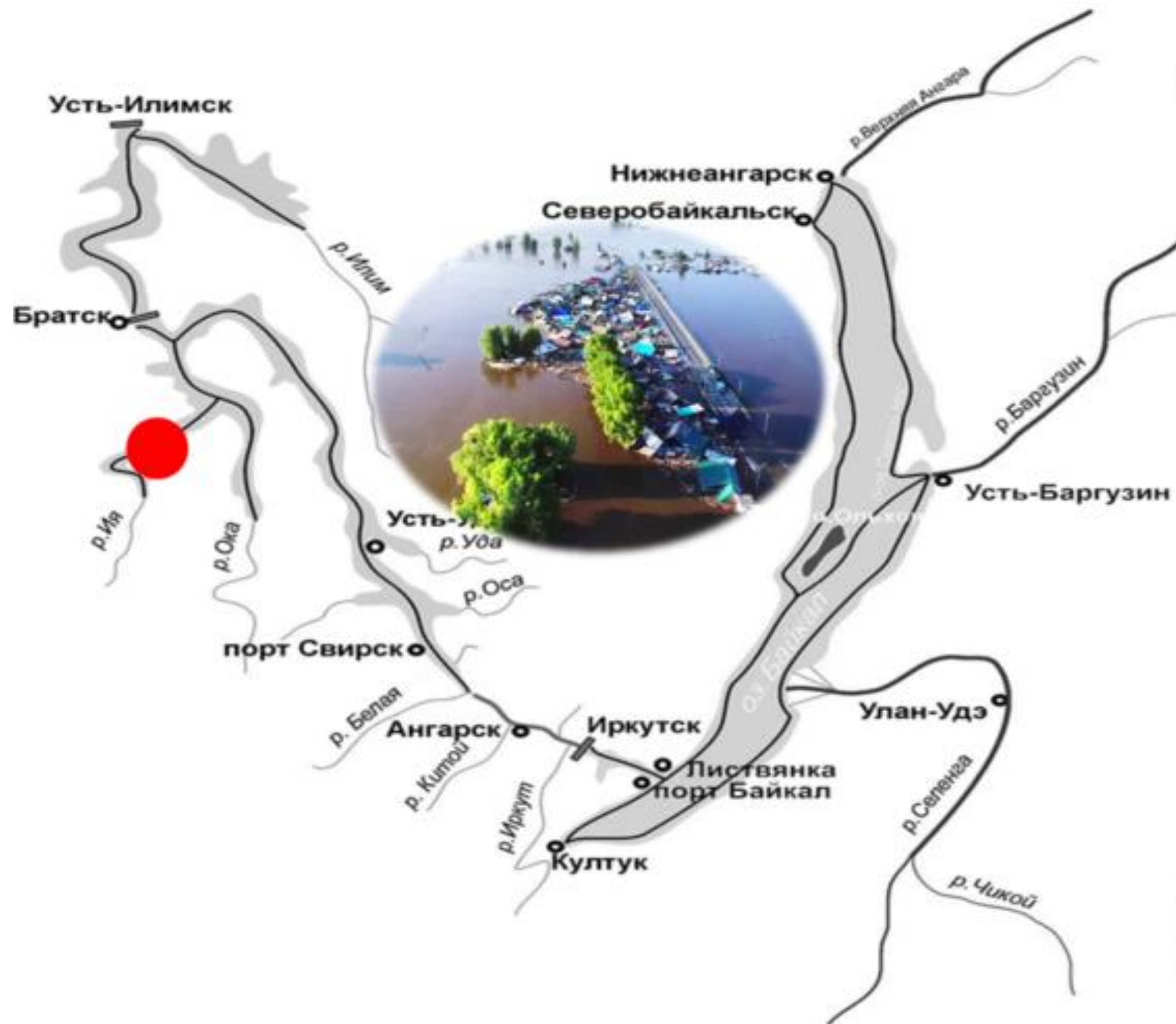
теплые зима и лето



теплая зима холодное лето



Распределение различных сочетаний типов температурных аномалий в Иркутске



НАИБОЛЬШИЙ УЩЕРБ НАНОСЯТ ПАВОДОЧНЫЕ НАВОДНЕНИЯ

27 июля 1877 г.

5 июля 1912 г.

июль 1971 г.

июль 1984 г.

июль 1996 г.

8 – 12 июля 2001 г.

25-27 июня, 27-29 июля 2019 г.

„Погода в этом году
похожа на сказку - "12
Месяцев". За один день
можно повстречаться с
весной, летом, осенью и
зимой...“

Марина Гуржий

