

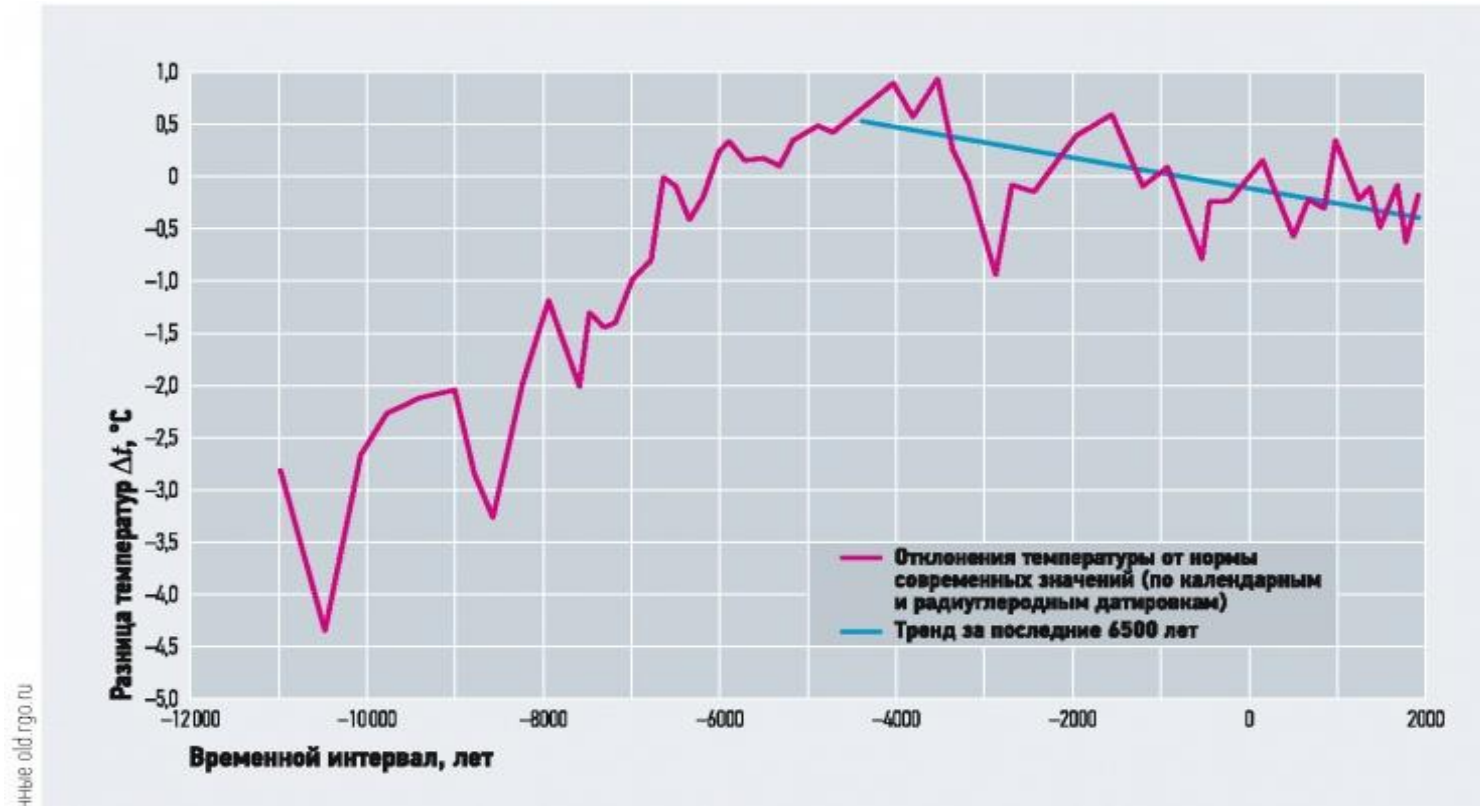
СИНХРОНИЗАЦИЯ РИТМОВ СОЛНЦА С ПАРАМЕТРАМИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ЗЕМЛИ

Дегтярев К.С.¹, Показеев К.В.², Соловьев Д.А.³

1. Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, kir1111@rambler.ru
2. Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, РФ, sea@phys.msu.ru
3. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, РФ, solovev@ocean.ru

1. Что происходит с климатом

Потепление идёт примерно с XVIII-XIX вв. Оно сменило Малый Ледниковый период (продолжавшийся примерно с XIII-XIV до XVIII-XIX вв.). В то же время, текущее потепление (последних 200 лет) идёт на фоне похолодания последних 5000-6000 лет, сменившего Оптимум голоцена.

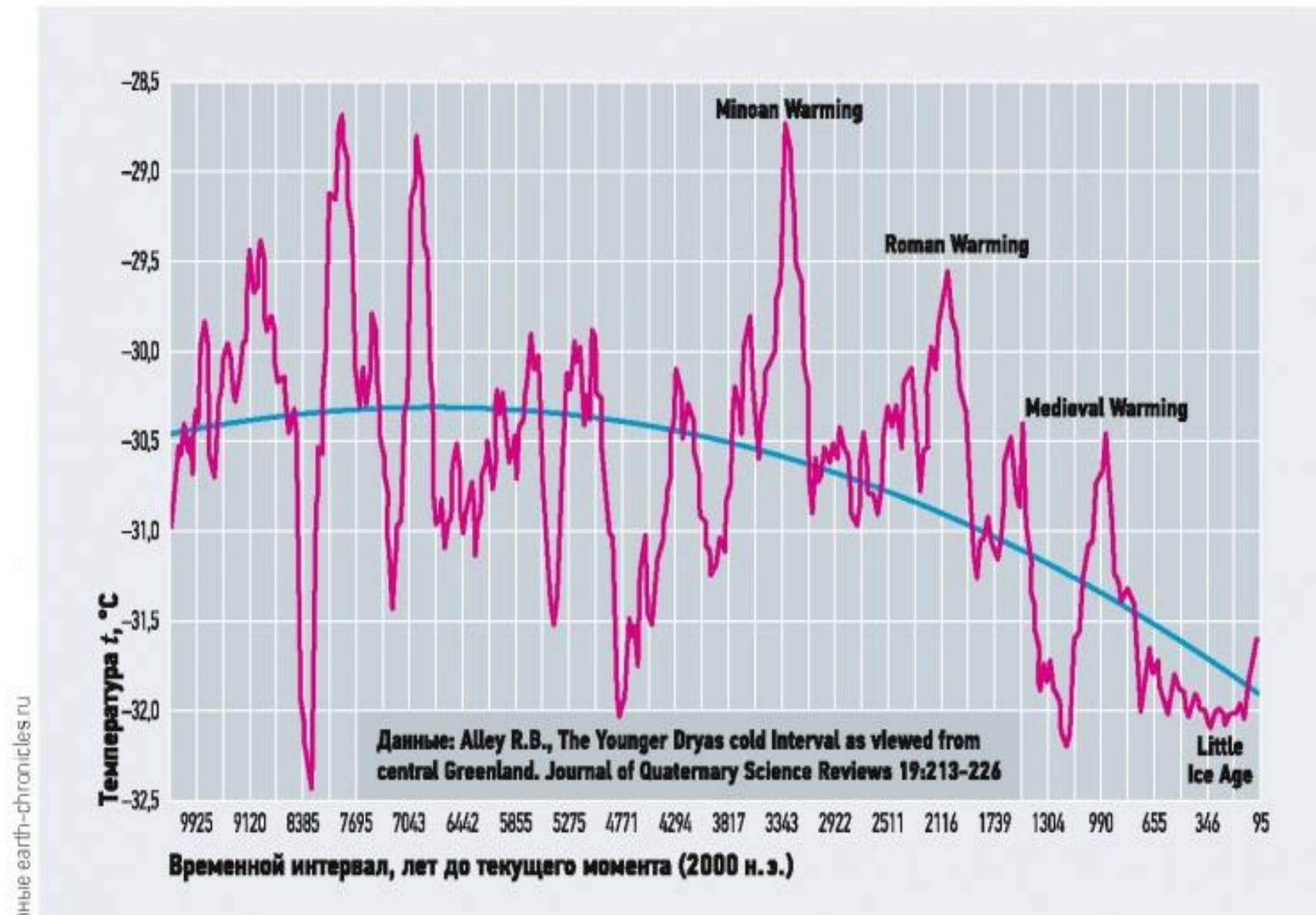


Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. 1973. / Отв. Ред. И.П.Герасимов. М. Наука. 256 с.

Монин А.С. Шишков Ю.А. История климата. Гидрометеиздат, Л., 1979.

Котляков В.М. Глобальные изменения за четыре климатических цикла по гляциологическим данным. Материалы гляциологических исследований, вып. 89, 2000, с.106-111.

и др.



Колебания глобальной температуры на Земле за последние 10 000 лет – по данным анализа керна гренландского льда

[Richard B. Alley. The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland. January 2000 Quaternary Science Reviews 19\(1\):213-226. DOI:10.1016/S0277-3791\(99\)00062-1](#)

Основные вехи изменений климата в историческом прошлом и совпадающие с ними крупные исторические события

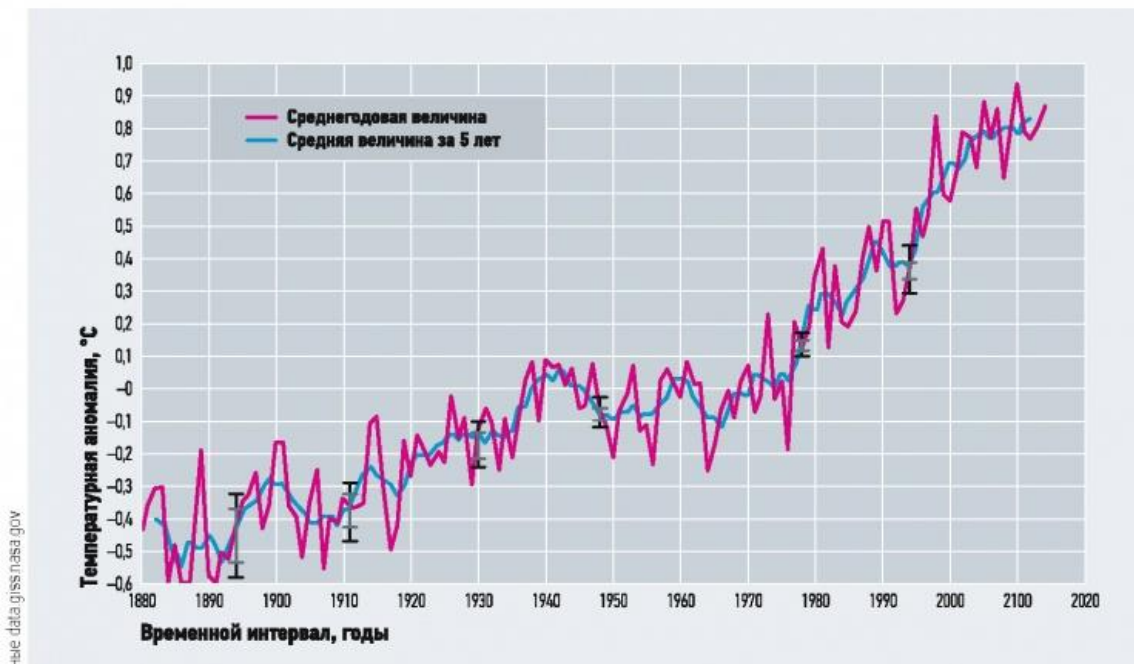
Время	Природные условия	Исторические события
~20 000 л.н.	Пик Валдайского (Вислинского, Вюрмского, Висконсинского) оледенения. Средние глобальные температуры на 5-6 ⁰ С ниже современных. Ледниковый покров на северо-западе Русской Равнины, севере Европы и Северной Америки. Уровень мирового океана на 100-120 метров ниже современного. После – эпоха сокращения ледниковых покровов, ряд стадий потепления (с крупными флюктуациями) и повышения уровня Мирового океана	
6000-4000 л.н.	Климатический Оптимум голоцена. Средние глобальные температуры на 1-2 ⁰ С выше современных. Уровень мирового океана на 2-4 метра выше современного	Возникновение и развитие первых цивилизаций (в бассейнах Нила, Тигра и Евфрата, Инда)
4000 л.н. – начало н.э.	Колебания температур с общей тенденцией к снижению. Существует ряд расхождений между данными естественнонаучных исследований и письменными источниками, описывающими погодно-климатические явления*	
~1 000 л.н.	Средневековый климатический оптимум - пик около 1000 года (температура примерно равна температурам конца XX – начала XXI века)	Освоение на Руси междуречья Оки и Волги и викингами – Исландии
XIII – XVIII вв. н.э.	Малый ледниковый период – 13-18 вв.; пик похолодания около 1550 года (температура на 2 ⁰ ниже современной)	период Великих географических открытий; с другой стороны – больших социальных потрясений, революций и религиозных войн; Великая Смута на Руси;
С XVIII-XIX вв.	Начало текущего потепления	

* <https://newparadigma.ru/prcv/Publ/CLIMATE.htm>

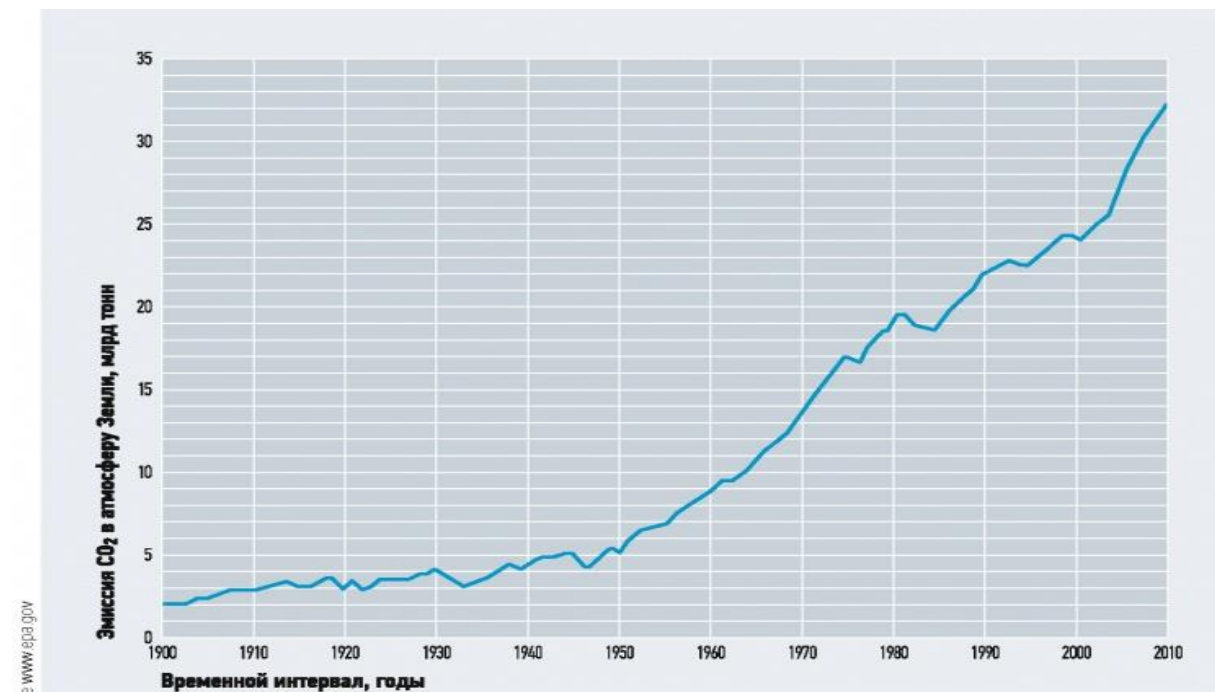
Современное потепление

Аргументы сторонников антропогенной природы потепления:

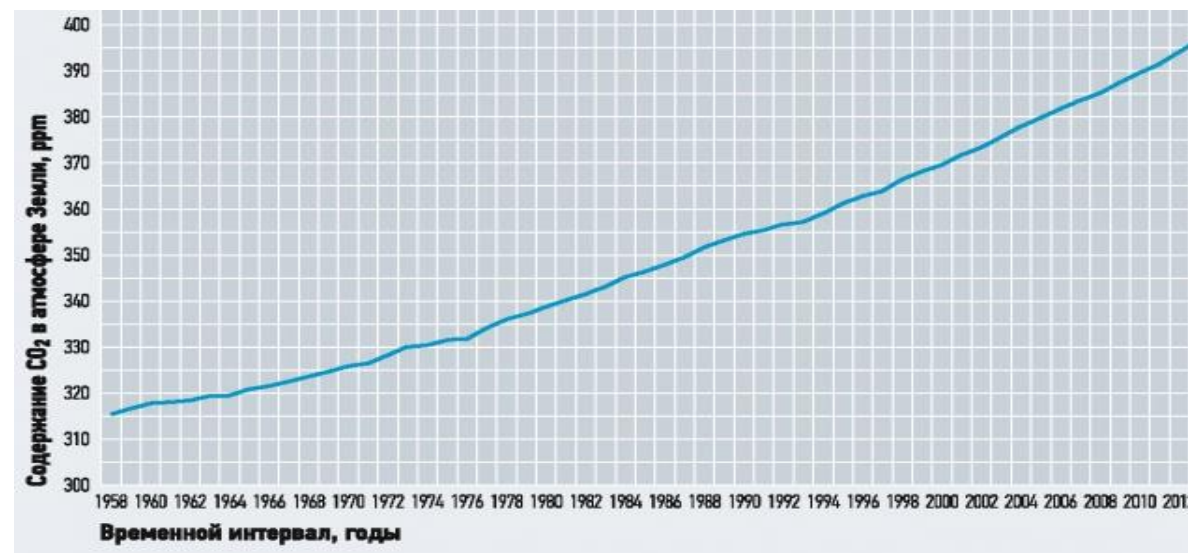
- Положительная корреляция между потеплением и ростом содержания парниковых газов (прежде всего, CO_2) в атмосфере;
- Рост антропогенных выбросов CO_2 ;
- Ускорение потепления во второй половине XX в.



Изменение глобальной температуры воздуха с конца XIX века



Рост эмиссии CO_2 в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива с 1900 года



Рост концентрации CO_2 в атмосфере в 1958-2015 гг. по данным обсерватории Мауна-Лоа

История вопроса. Идея антропогенного потепления развивается давно и пережила ряд стадий:

- Парниковый эффект обнаружил Жан-Батист Фурье ещё в начале XIX века.
- В конце XIX века Сванте Аррениус предположил, что парниковый эффект может быть связан с двуокисью углерода.
- В 1938 Гай Стюарт Каллендер (Guy Stewart Callendar) на основе имевшихся тогда данных о росте содержания CO_2 в атмосфере и его выбросах при сжигании топлива, предположил, что парниковый эффект и потепление климата может иметь антропогенное происхождение (идея Каллендера не нашла поддержки, тем более, что в 1940-е потепление сменилось похолоданием (1940-е – 1960-е), несмотря на продолжавшийся рост эмиссии CO_2).
- В 1970-е гг. эту идею развивал, в т.ч. М.И. Будыко. На этот раз идея нашла отклик в связи с возобновлением потепления и рядом других факторов – в т.ч. потому, что она вошла в резонанс с общей обеспокоенностью экологическими проблемами и угрозой дефицита ресурсов («Пределы роста»).

Контраргументы сторонников естественной природы потепления

- На Земле были периоды теплее или не холоднее нынешнего, в том числе в историческом прошлом (голоценовый оптимум, оптимум средневековья), при этом углекислого газа в атмосфере было в 1,5 раза меньше, чем сейчас и, в целом, антропогенное воздействие было несопоставимо ниже нынешнего.
- Также был период похолодания 1940-х – 1960-х, несмотря на продолжение роста эмиссии парниковых газов.
- Основным парниковым газом является не углекислый газ, а водяной пар, которого в атмосфере в 5 раз больше (по массе), чем CO₂.
- При этом, доля антропогенной эмиссии CO₂ - около 30 млрд. тонн в год в настоящее время, составляет менее 1,5% всего содержания CO₂ в атмосфере.
- Кроме того, основным резервуаром CO₂ является океан, где его содержится в десятки раз больше, чем в атмосфере. При нагревании океана его способность к растворению CO₂ снижается, соответственно, его содержание в атмосфере растёт. И, если связывать нагревание океана с естественными причинами, то причинно-следственная связь «эмиссия – потепление климата» обратна – именно первичное потепление вызывает рост содержания CO₂.

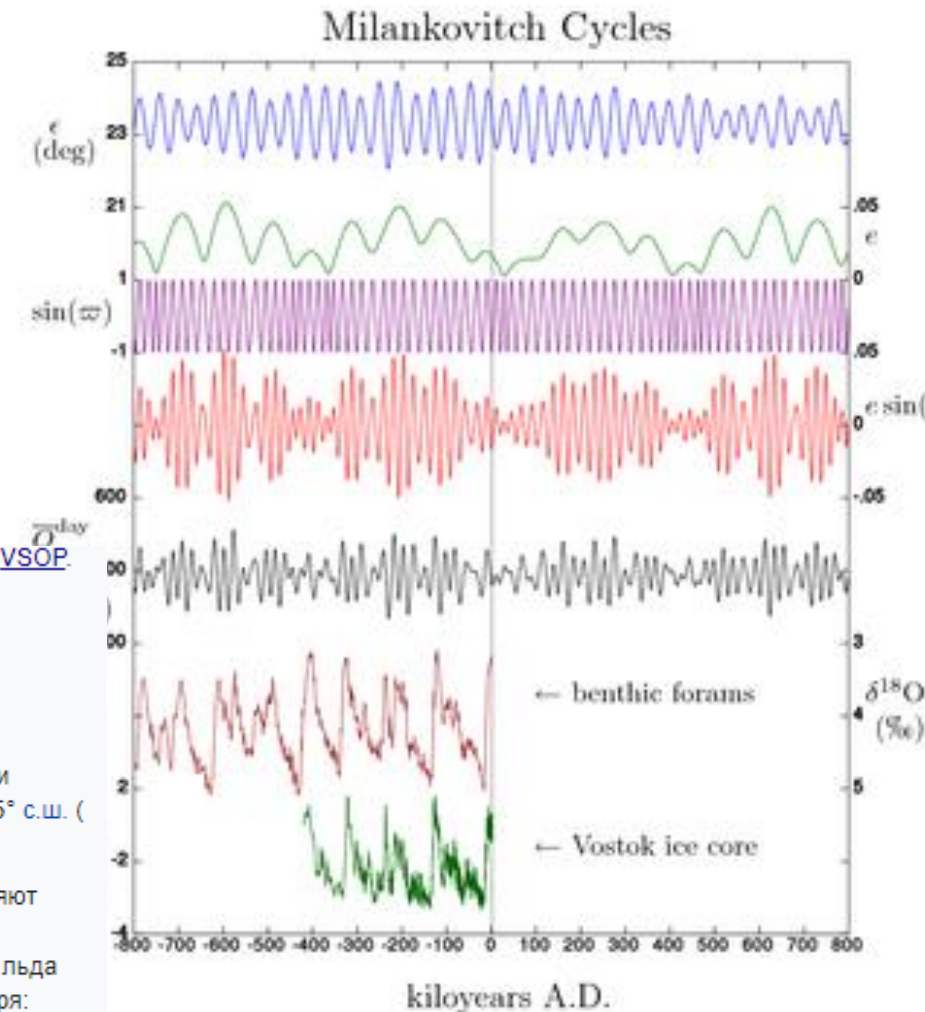
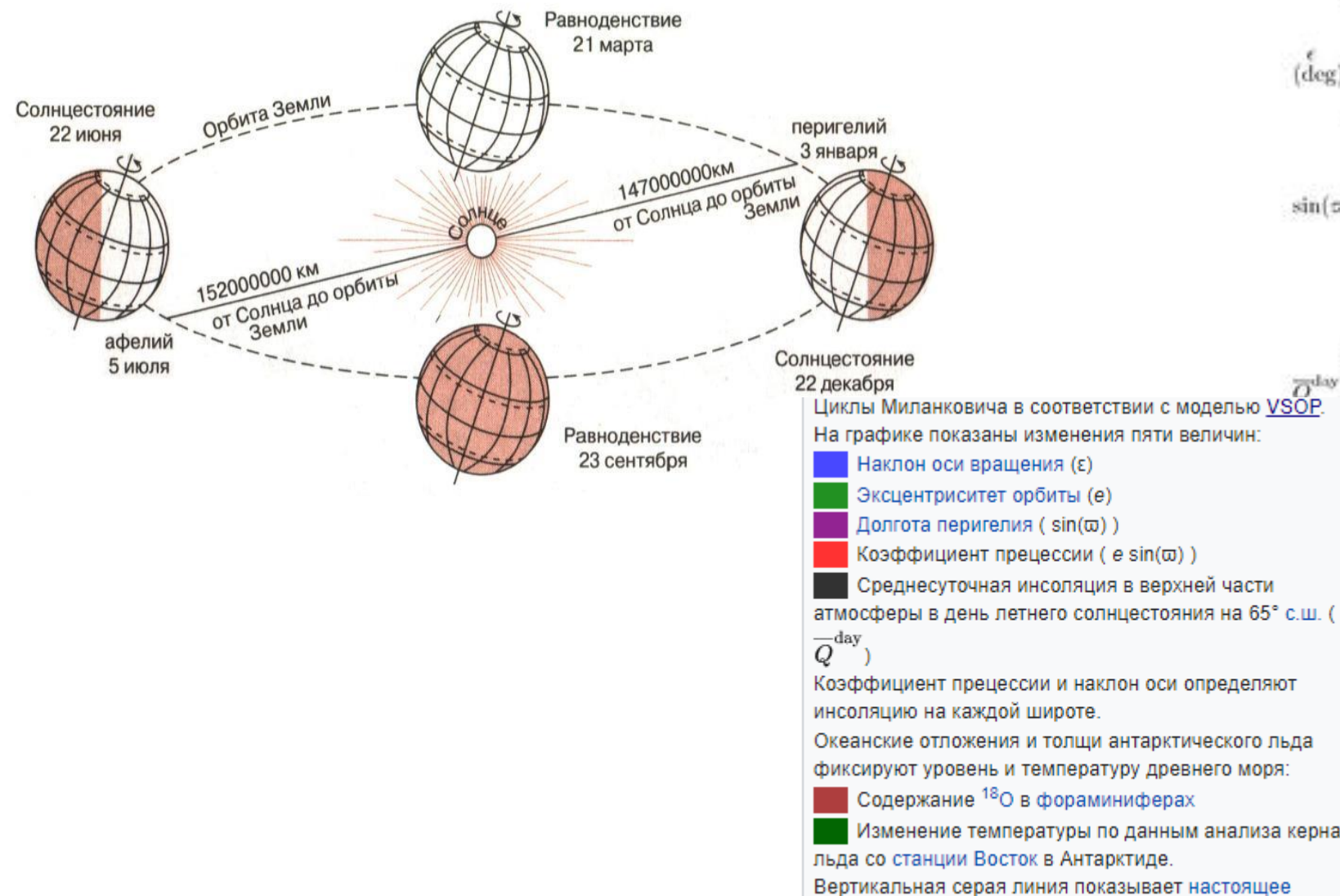
Кроме того, высказывается скепсис в отношении корректности наблюдений:

В частности, указывается на изменение условий непосредственно на пунктах метеонаблюдений – нередко, будучи основанными в пригородах или загородной местности, в настоящее время они оказались в черте городов и, как следствие, под влиянием тепловых куполов, возникающих над городскими агломерациями;

В целом, информация, которой мы обладаем по прошлым периодам, существенно менее полна, чем в настоящее время – в связи с этим, нужно осторожно подходить к сопоставлению нынешних данных и данных, полученных 100-200 или даже 50 лет назад.

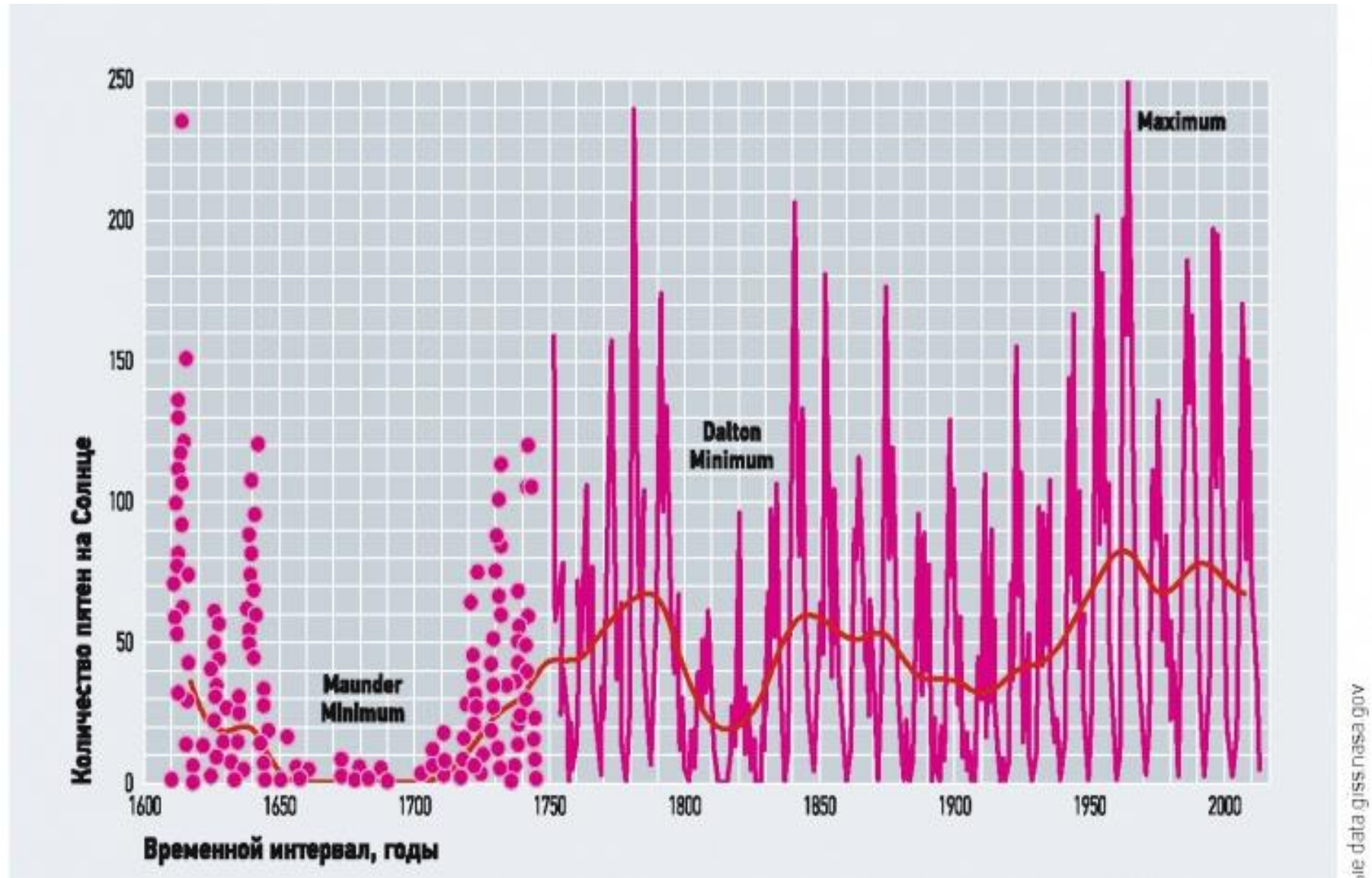
Концепции сторонников естественной природы потепления:

Изменения климата определяются изменениями параметров орбиты Земли, определяющими изменение инсоляции, которая, в свою очередь, определяет параметры теплообмена между полушариями (развитие идей М. Миланковича рядом исследователей – В.М. Фёдоров и др.)



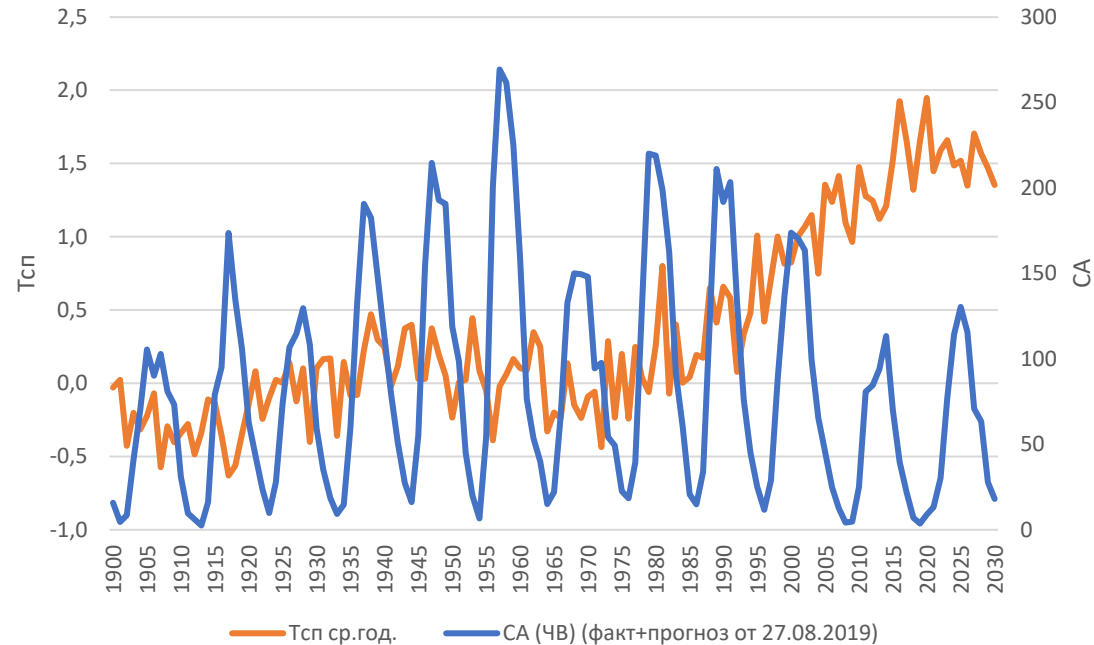
VSOP - Variations Séculaires des Orbites Planétaires

Чередование похолоданий и потеплений обнаруживает корреляцию с циклами солнечной активности

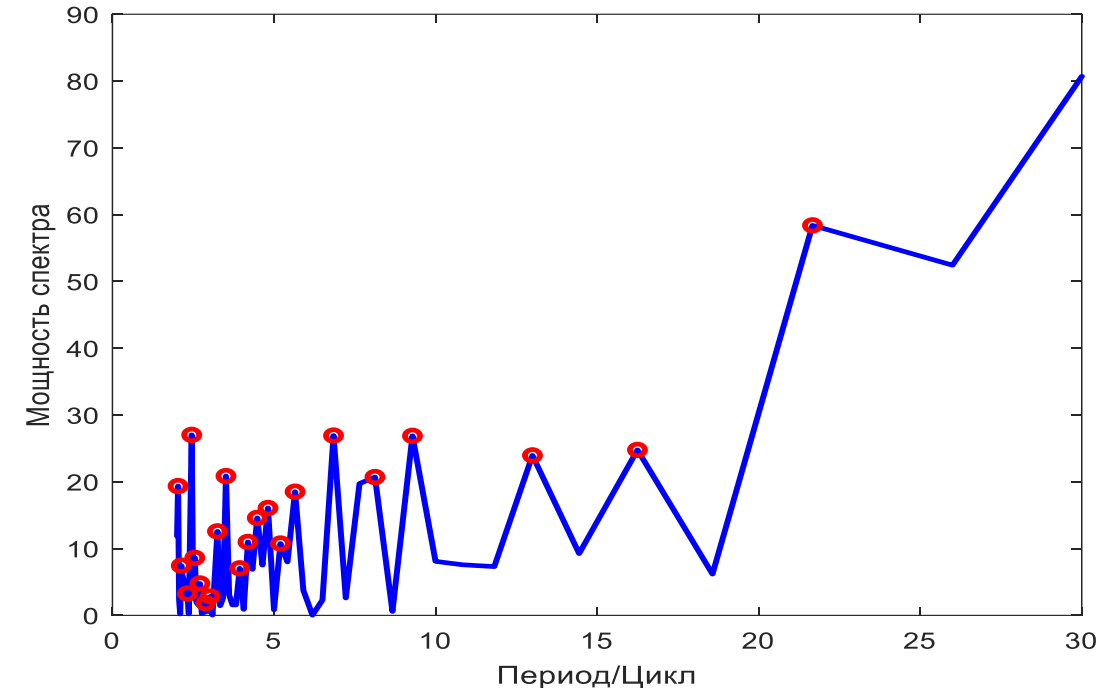


Колебания солнечной активности и изменения глобальной температуры в последние 400 лет

Для выявления цикличности глобальных климатических процессов и их связи с солнечной активностью (СА) представляется целесообразным исследовать прогнозную динамику (нейронная модель) аномалий температуры воздуха в Северном полушарии Земли (Тсп) и затем сопоставить динамику СА и Тсп, построив частотный спектр аномалий Тсп. Результаты прогнозирования СА были получены на основе нейросетевой модели, описанной в работе*



Нейронный прогноз Аномалий температуры воздуха в Северном полушарии Земли (Тсп), град. С и Солнечной активности (СА), числа Вольфа. Источник: нейронный прогноз авторов, [7] и данные Royal Observatory of Belgium Av. Circulaire, <https://www.bis.sidc.be/silso/datafiles>



Частотный спектр аномалий температуры воздуха в Северном полушарии Земли (Тсп), с выделением базовых периодов: $T = 21.6; 16.2; 13; 9.2$ лет.
Источник: расчеты авторов

*Бушуев В.В., Клепач А.Н., Соловьев Д.А., Сокотушенко Н.В. Анализ и прогноз цикличности социо - природных явлений первой половины 21-го века // Окружающая среда и энергоснабжение. 2020. № 4(8). С. 36–44. DOI:10.5281/zenodo.4428379.

Графическое сравнение хода потенциальных циклических компонент чисел Wolf 10,5 лет и аномалий (Тсп) температуры воздуха в Северном полушарии Земли ($T = 21.6; 16.2; 13; 9.2$ лет) в зависимости от времени (1900-2050 гг.) показало, что хорошая синхронизация наблюдается для гармонической составляющей Тсп с периодом равным 21, 6 лет кратным двойному циклу $CA = 10,5$ лет.

Согласно выполненному нейронному прогнозу и построенному графику сопоставление динамики аномалий (Тсп) температуры воздуха в Северном полушарии Земли и хода ее главной циклической гармонике - Тсп = 21,6 лет после 2024 года ожидается стабилизация роста глобальной температуры с возможным трендом в сторону похолодания. Этот процесс будет наблюдаться также на фоне снижения уровня СА.

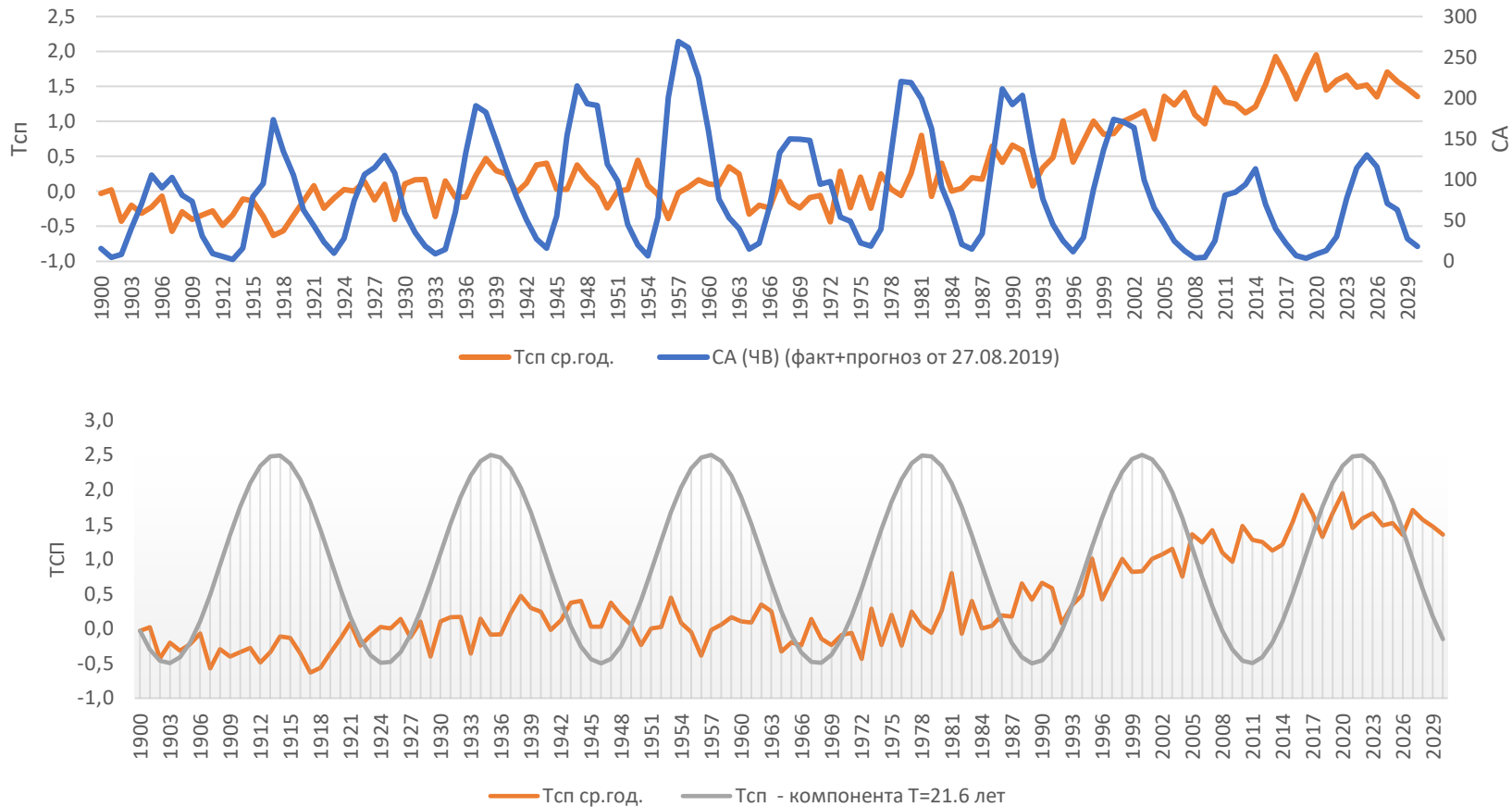


Рис. 3. Сопоставление динамики аномалий (Тсп) температуры воздуха в Северном полушарии Земли и хода ее главной циклической гармонике - Тсп = 21, 6 лет.

Особенности, положительные и отрицательные стороны изменений климата

Общие характерные особенности потепления:

- Потепление идёт неравномерно, сильнее в высоких широтах. Если в среднем в мире за последние 100-120 лет температура поднялась на 1-1,5°C, то, например, в Российской Арктике – на 4°C, в России в целом – на 2°C, в экваториальных зонах практически не меняется.
- При потеплении идёт смещение природных зон в более низкие широты, в направлении от полюсов к экватору (при похолодании, соответственно, наоборот). Как следствие, в разных регионах различны последствия. В частности, есть риск усиления засушливости климата на Юге Европейской части России и, напротив, возможно формирование более благоприятных климатических условий (в частности, для сельского хозяйства) в средней полосе России, на Севере и в Сибири. Также, целый ряд негативных эффектов может быть связан с таянием вечной мерзлоты; в то же время, доступнее становится Северный морской путь.
- Также негативным последствием может стать повышение уровня Мирового океана (в настоящее время скорость 3-4 мм в год), что к концу XXI века может привести к затоплению ряда территорий.
- Также быстрые изменения климата означают рост частоты природных бедствий (ураганы, лесные пожары, наводнения).
- С другой стороны, рост концентрации CO₂ означает также рост продуктивности растений, прирост биомассы. Существуют и подтверждающие это наблюдения.*

Вопрос, несёт глобальное потепление (независимо от его причин) больше положительных или отрицательных последствий, остаётся открытым. Равно, как и вопрос, какая стратегия лучше – борьба с потеплением или приспособление к нему.

Любопытно, что Каллендер, первый, выдвинувший концепцию антропогенного потепления, рассматривал его как благо – улучшение условий сельского хозяйства в высоких широтах и предотвращение очередного Ледникового периода. Той же точки зрения придерживался М.И. Будыко.

Известно также, что планетарные изменения климата и солнечной активности могут становиться катализаторами и социальных конфликтов, в том числе войн. Мы, в частности, можем видеть это на примерах социальных потрясений в Европе и России во время пика Малого ледникового периода.

Также существуют статистические результаты, связывающие, например, исторические вспышки гражданских конфликтов в Африке с годовыми колебаниями местной температуры**.

* <https://nauka.tass.ru/nauka/6815359>

**Solow A.R. *Climate for conflict* // *Nature*. 2011. № 7361(476). С. 406–407. DOI:10.1038/476406a
Climate as a risk factor for armed conflict <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1300-6>

Marshall B Burke et al.

Warming Increases the Risk of Civil War in Africa. https://www.researchgate.net/publication/40027398_Warming_Increases_the_Risk_of_Civil_War_in_Africa