



Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук
**Школа юного исследователя
(ШОИ ИПФ РАН)**

Секция: **Прикладная информатика**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДА АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ В ЭВОЛЮЦИЮ КЛИМАТА.

Работу выполнил:
Журавлёв Кирилл Сергеевич,
ученик 11 класса
Лицея №40

Научный руководитель:
Мухин
Дмитрий Николаевич
зав. лаб. ИПФ РАН
к.ф.-м.н.

Нижний Новгород 2018

ЦЕЛИ

- Создание и отладка программы, осуществляющей подготовку данных, оценивающей вклад указанных факторов в имеющиеся временные ряды климатической изменчивости.
- Реализация графического отображения результатов.
- Анализ пространственной структуры откликов на различные факторы, интерпретация результатов.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

$$T_{(t,i,j)} = \alpha_{(i,j)}A_{(t)} + \beta_{(i,j)}S_{(t)} + \gamma_{(i,j)}V_{(t)} + Z_{(t,i,j)}$$

$T_{(t,i,j)}$ – Данные SSTA

$A_{(t)}$ – Концентрация CO₂ в атмосфере

$S_{(t)}$ - Солнечная активность

$V_{(t)}$ - Вулканическая активность

$Z_{(t,i,j)}$ – Остаток. Сумма факторов описывающих нелинейный отклик климатической системы.

$\alpha_{(i,j)}, \beta_{(i,j)}, \gamma_{(i,j)}$ – коэффициенты для трёх основных факторов (концентрация CO₂, солнечная активность, вулканическая активность).

i – широта

j – долгота

t – время (номер месяца)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

$$k_{(i,j)} = \frac{\langle Y * X \rangle_t}{\langle Y^2 \rangle_t}$$

$k_{(i,j)}$ - определяемый нами коэффициент

$Y_{(t)}$ - фактор, для которого мы определяем коэффициент

$X_{(t,i,j)}$ - разность SSTA и уже исследованных факторов

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\frac{1}{tij} \sum_0^{tij} (Z_{(t,i,j)})^2 \cos i}{\frac{1}{tij} \sum_0^{tij} X_{(t,i,j)}^2 \cos i} \right) * 100\%$$

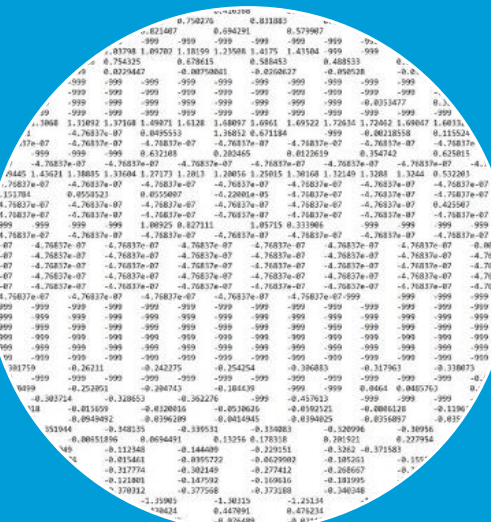
ε - вклад исследуемого фактора в изменение глобального климата, выраженный в процентах

$Z_{(t)}$ - сумма неисследованных факторов или остаток

$\cos i$ - поправка на неоднородность вклада разных широт

КОДИРОВАНИЕ

Схема построения
программы



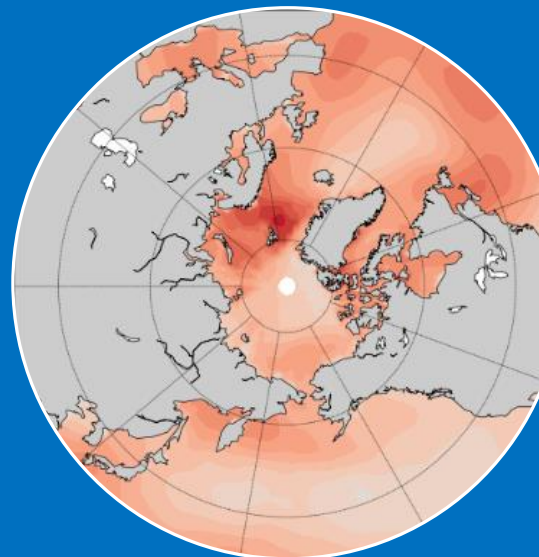
Ввод и кодирование

- Считывание SSTA, CO2 и QSS
- Центрирование рядов
- Оформление формул математической статистики в функции



Обработка

- Вычисление альфа и бета для каждой широты
- Высчитывание вклада солнечной активности и эмиссии CO2 в изменение температуры
- Вывод эпсилон для альфа, для бета



Вывод полученных результатов

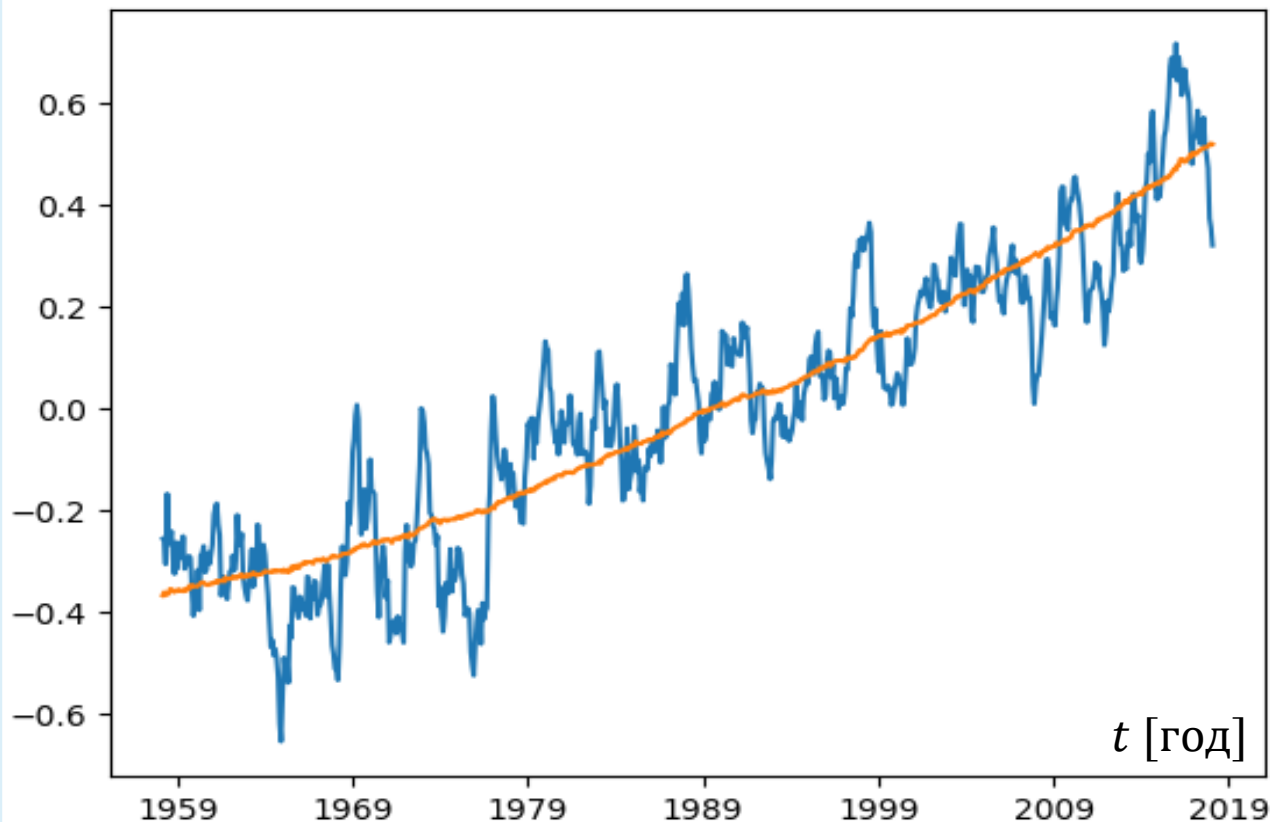
- Графическое отображение градиента температуры на поверхности планеты в зависимости от каждого фактора

АНАЛИЗ ДАННЫХ

Исследование
полученных в ходе
работы программы
результатов

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

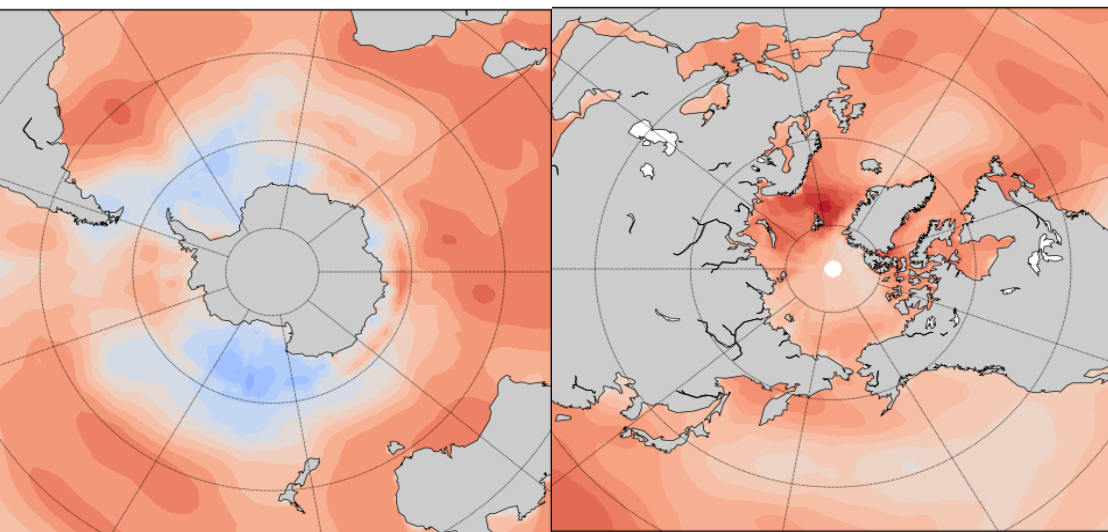
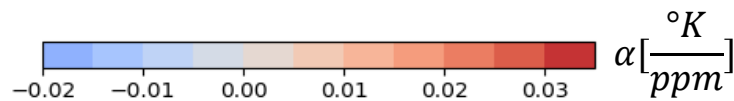
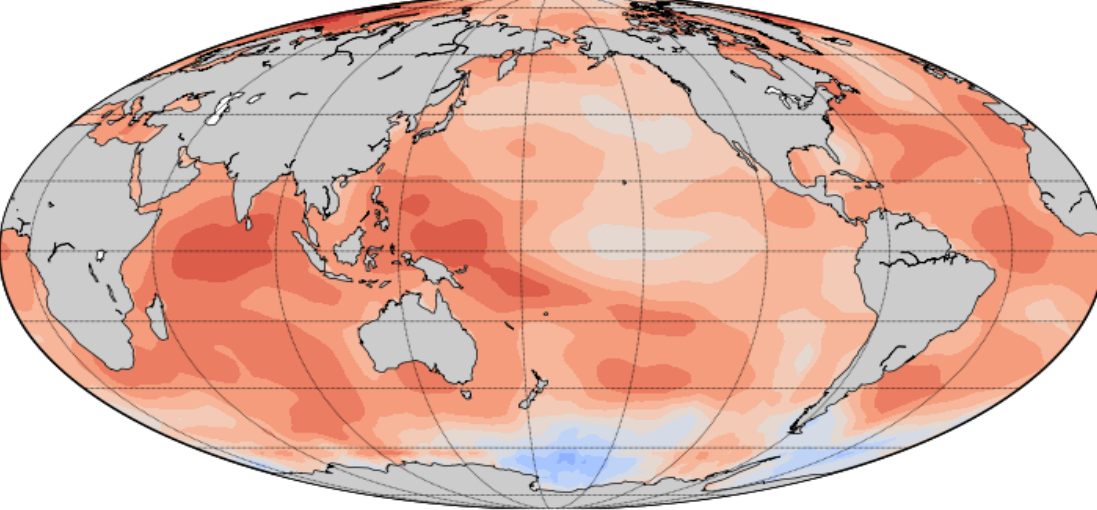
ΔT [°K]



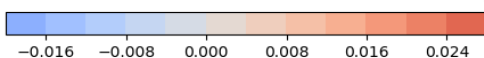
➤ График вклада
CO₂ в изменение
SSTA за
последние 60 лет.

- Синим показан график колебаний средней температуры
- Оранжевым график, характеризующий регрессию средней температуры на CO₂

Пространственное распределение полученных данных.

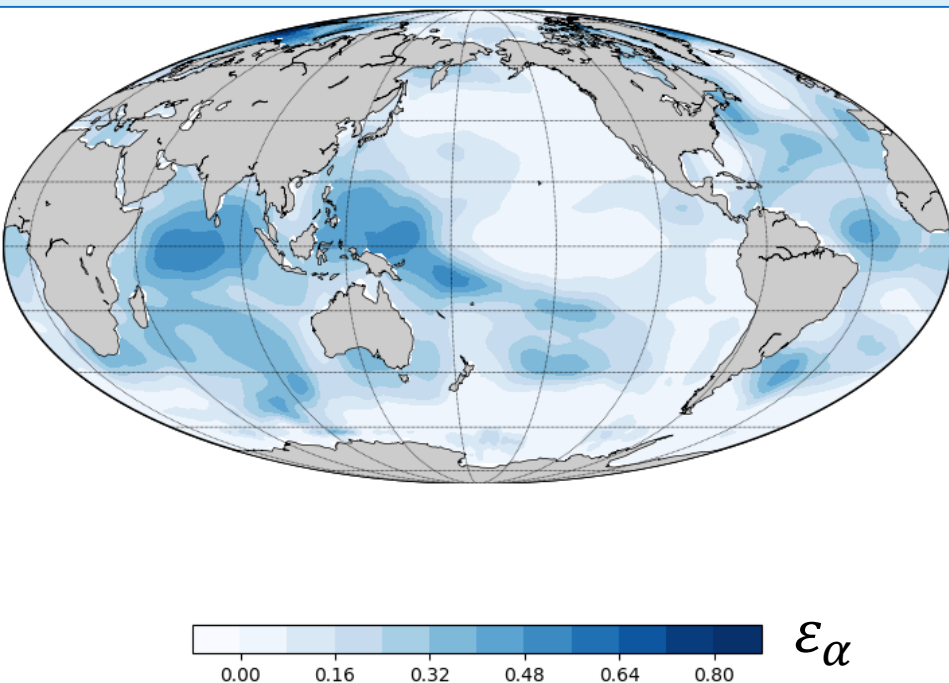


$\alpha \left[\frac{^{\circ}K}{ppm} \right]$



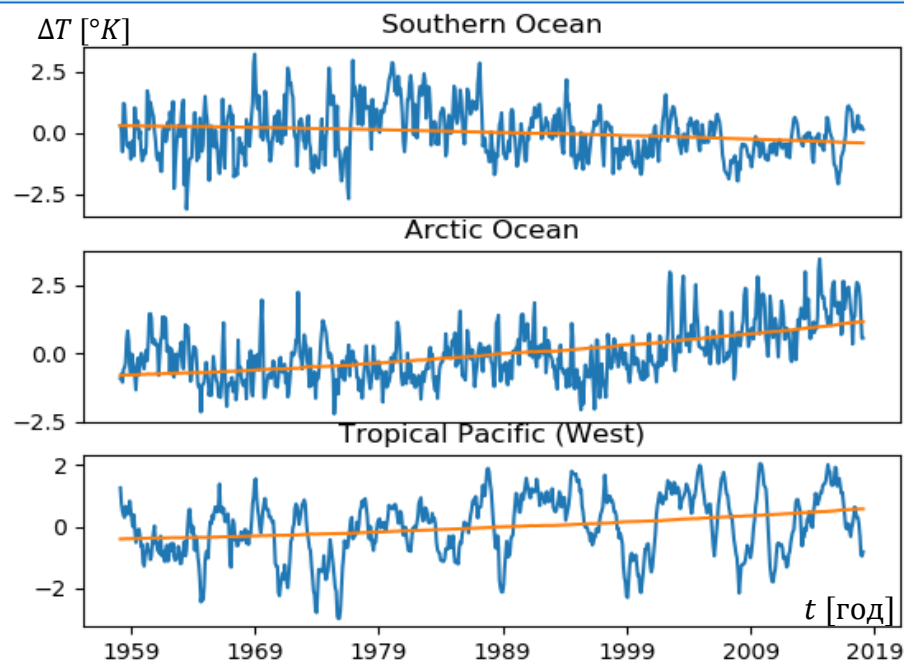
- На изображениях представлено графическое изображение коэффициентов связи наблюдаемых рядов температуры с изменением CO2 в атмосфере.
- Здесь области, закрашенные оранжевым – места, в которых вклада CO2 положительный.
- Голубым – отрицательный.
- Чем насыщеннее цвет, тем значительнее данный вклад
- Материки закрашены серым, т.к. исследование проводится по данным температуры поверхности океана.

ВКЛАД АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В РАЗНЫХ ТОЧКАХ ЗЕМНОГО ШАРА



Слева представлено пространственное
Распределение вклада эмиссии CO2 за
последние 60 лет.

Справа представлено распределение
вклада эмиссии CO2 по времени за
последние 60 лет.



СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

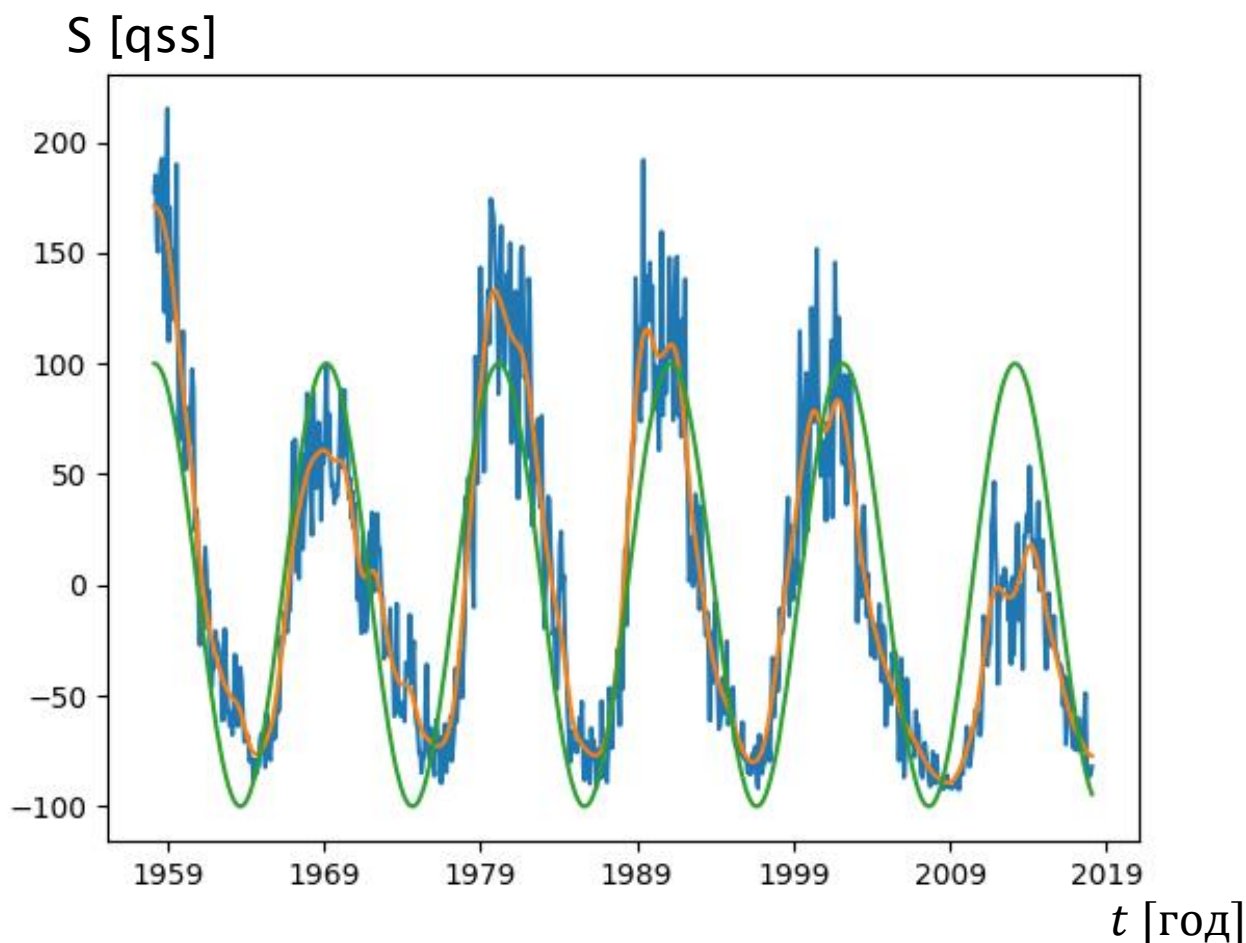
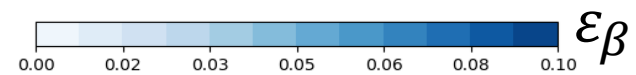
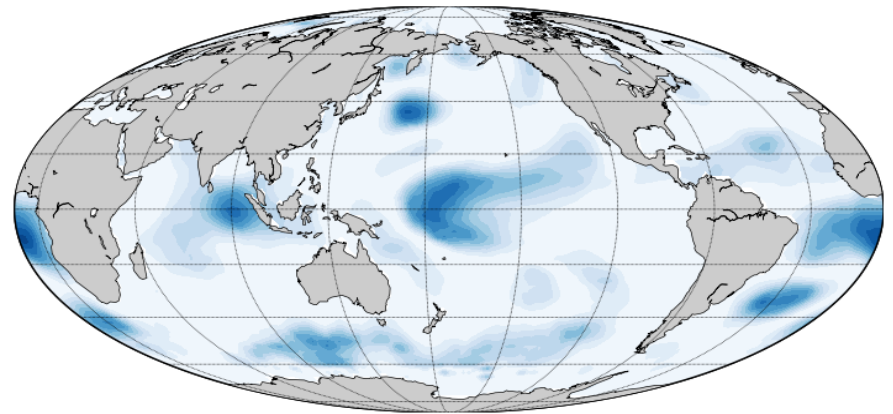
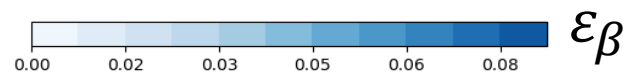
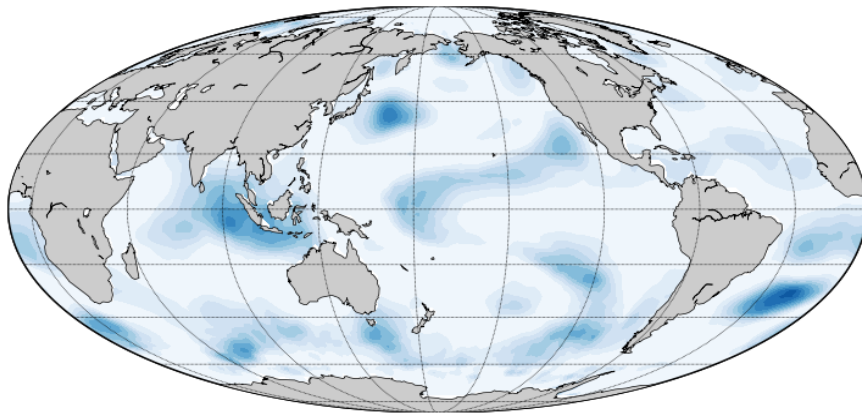
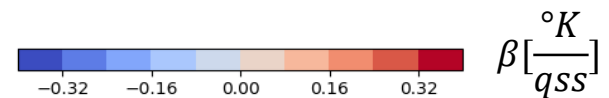
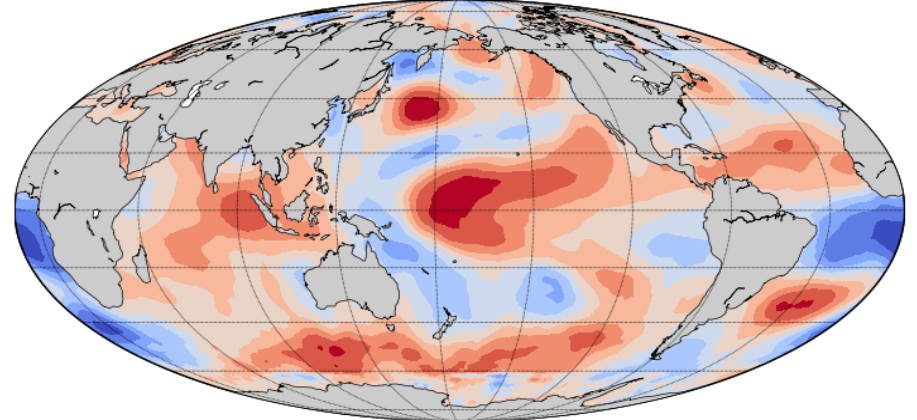
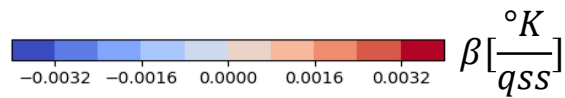
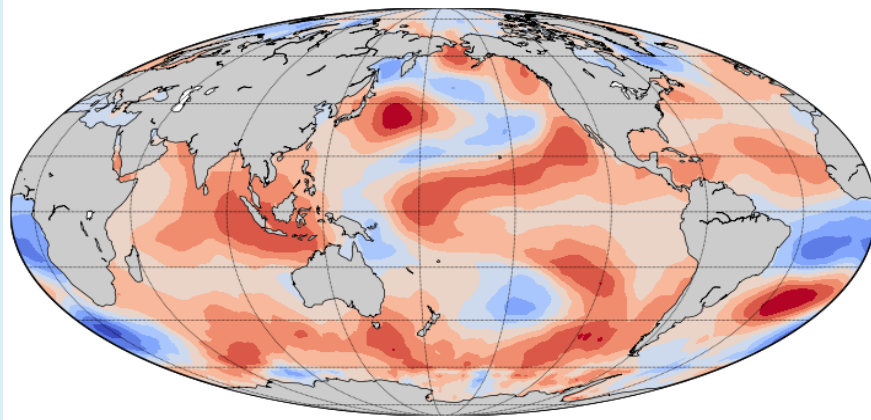
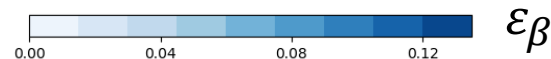
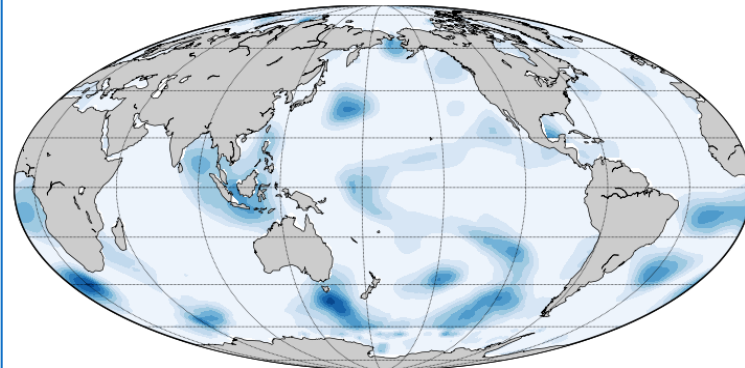
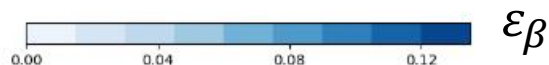
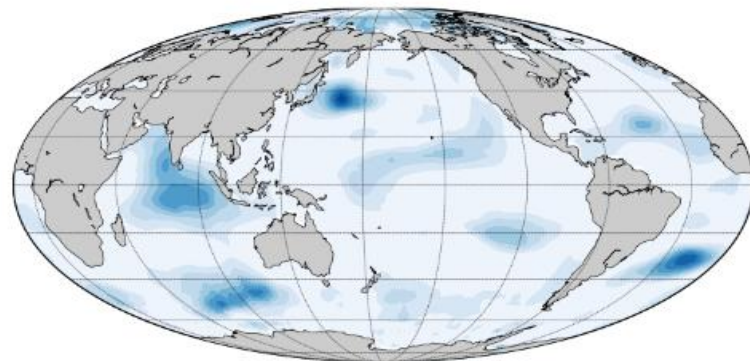
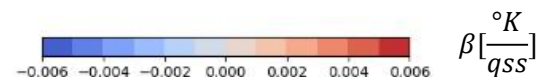
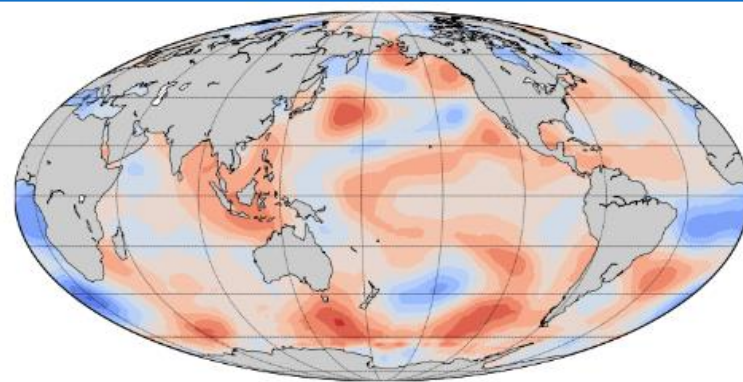
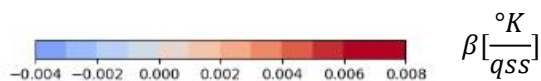
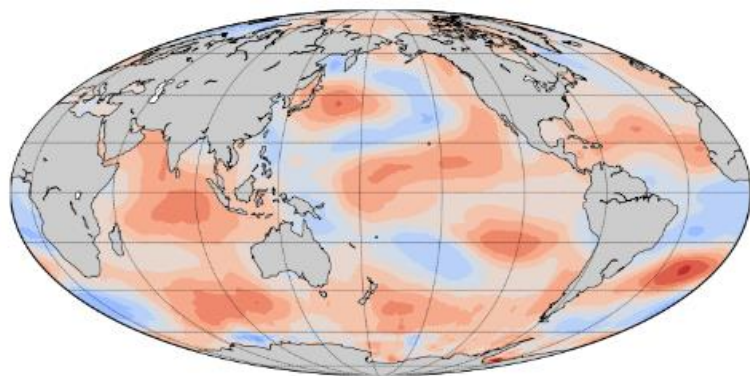


График вклада Солнца в изменение SSTA за вычетом вклада CO₂ за последние 60 лет.

- Синим показан график солнечной активности, выраженной через количество пятен
- Оранжевым сглаженный ряд солнечной активности
- Зелёным периодическая составляющая сглаженного ряда



Сравним отклик системы на колебания периодической и амплитудной составляющей солнечной активности



Проанализируем отклик климата в зависимости времени года.

Сопоставив изображения, отметим, что на правом рисунке цвета, гораздо более насыщенные. Следовательно, отклик на колебания летом больше.

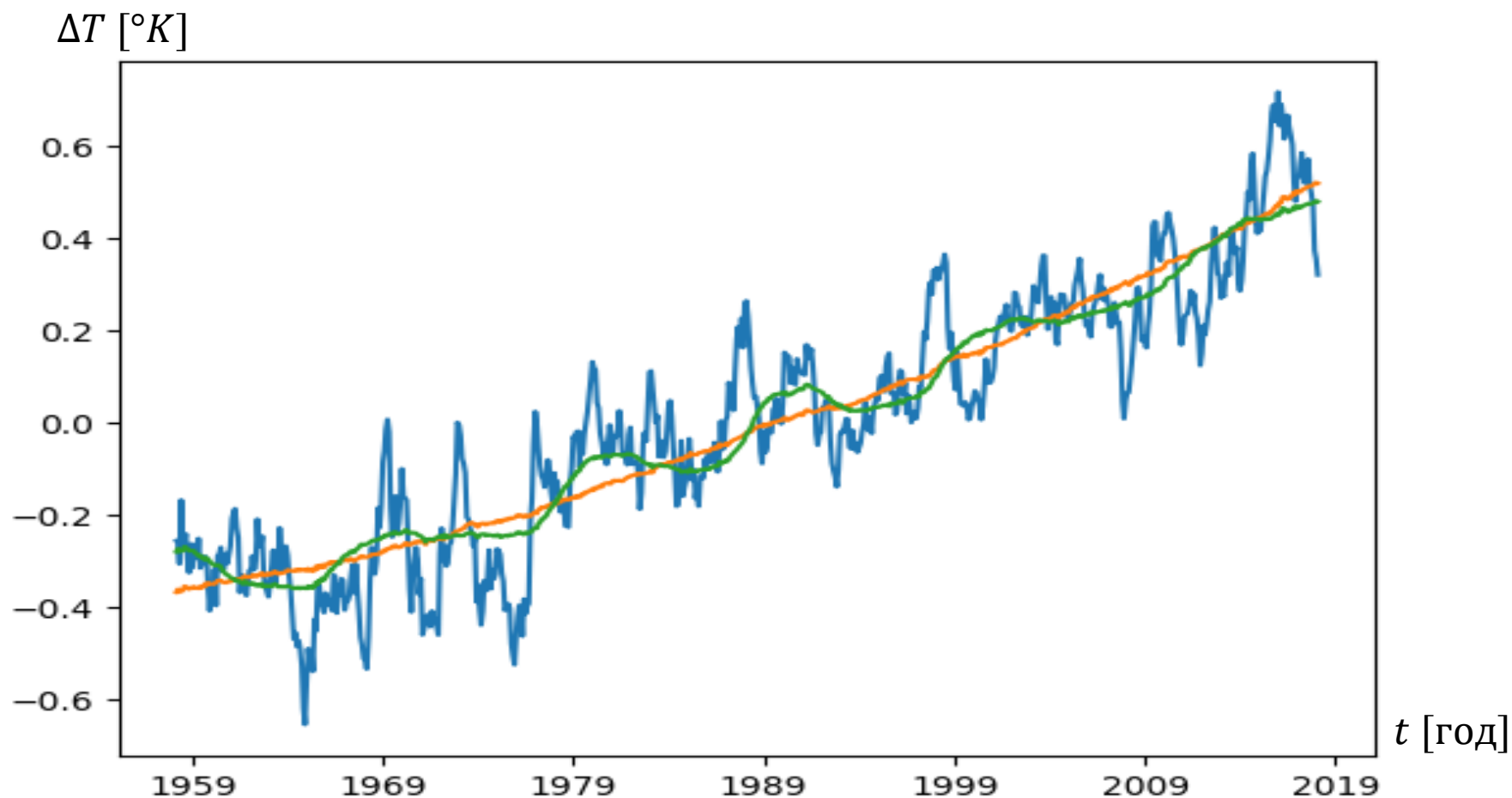
В числах:

Зимой он составляет **1.332%** ~ 1%. Летом же **1.658%** ~ 2%.

УСРЕДНЁННАЯ ПО ЗЕМНОМУ ШАРУ ТЕМПЕРАТУРА(СИНИЙ)

РЕГРЕССИЯ CO2(ОРАНЖЕВЫЙ)

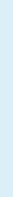
СУММАРНЫЙ ВКЛАД СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ЭМИССИИ CO2(ЗЕЛЁНЫЙ),
ЗА 60 ЛЕТ.



ВЫВОДЫ

- На данный момент антропогенный вклад в изменение температуры климата 17.959% в разы меньше вклада естественных факторов
- Линейный отклик климата на активность Солнца зависит от времени года. Зимой он составляет 1.332% ~ 1%. Летом же 1.658% ~ 2%. Наибольший отклик дают периодические колебания солнечной активности.
- На естественные колебания климатической системы приходится 80% вклада в SSTA.

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**



ЛИТЕРАТУРА

1. <https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCDC/.ERSST/.version4/.anom/>
2. ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt
3. <http://www.sidc.be/silso/datafiles#total>
4. <http://www.volcanolive.com/pinatubo.html>
5. М. И. Бudyco, The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth.- Leningrad, M. Spasskaja 7, 1963/-611p.
6. <http://news.mit.edu/2016/solving-the-mystery-antarctic-missing-heat-0617>
7. Будыко М.И. Изменения климата. – Л.: Гидрометеоиздат, 1994. – 280 с.