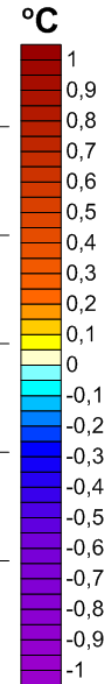
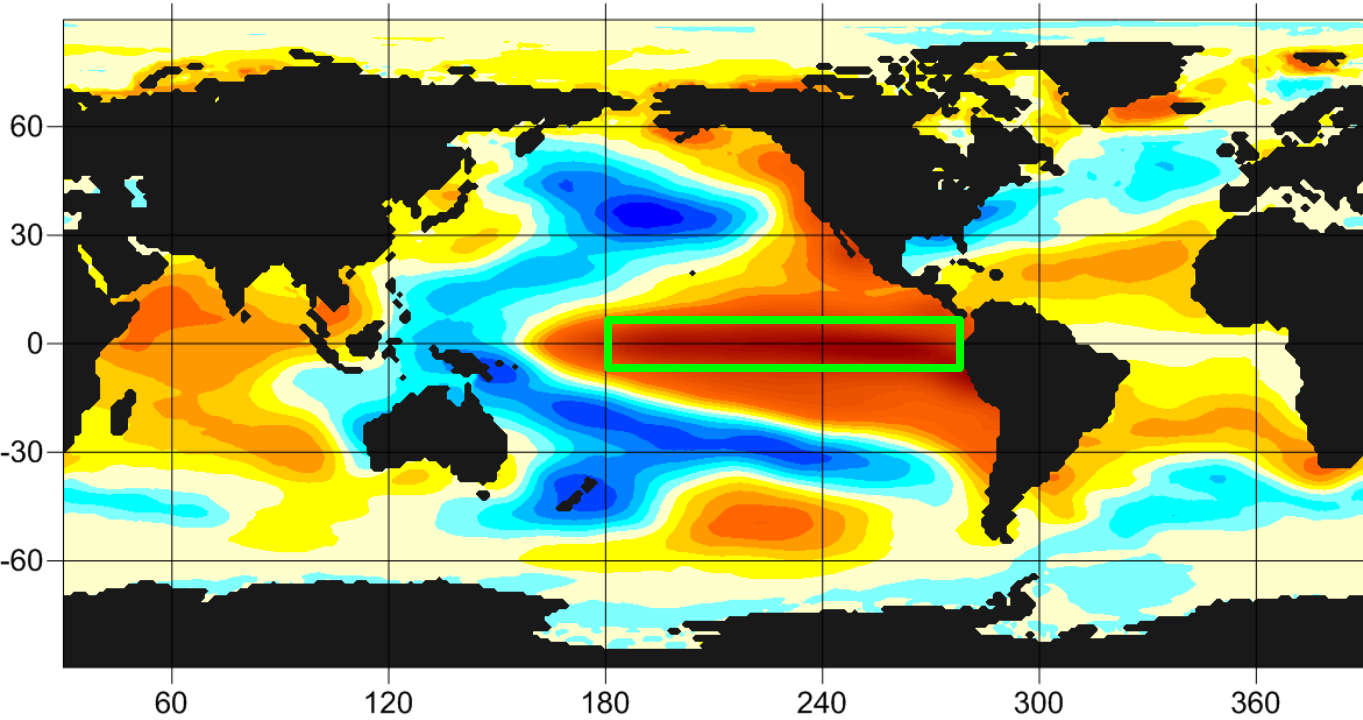


# Синхронные междугодовые колебания в глобальной климатической системе и долгосрочный прогноз Эль-Ниньо и Ла-Нинья

*Серых Илья Викторович,  
Сонечкин Дмитрий Михайлович*

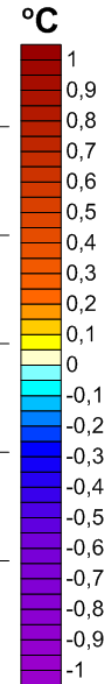
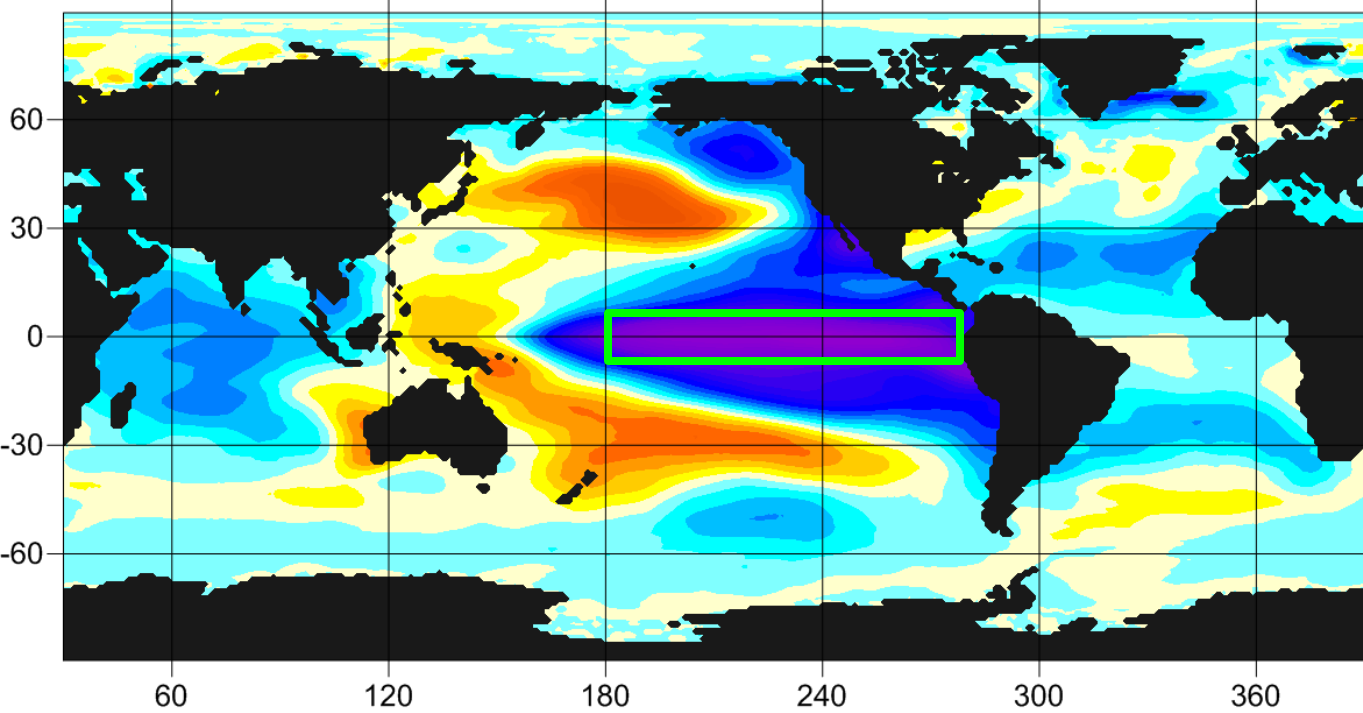


*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
iserykh@ocean.ru*



**Эль-Ниньо**  
**Средние**  
**аномалии**  
**ТПО для**  
**35 Эль-Ниньо**  
**( $\text{aТПО} > +0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ )**

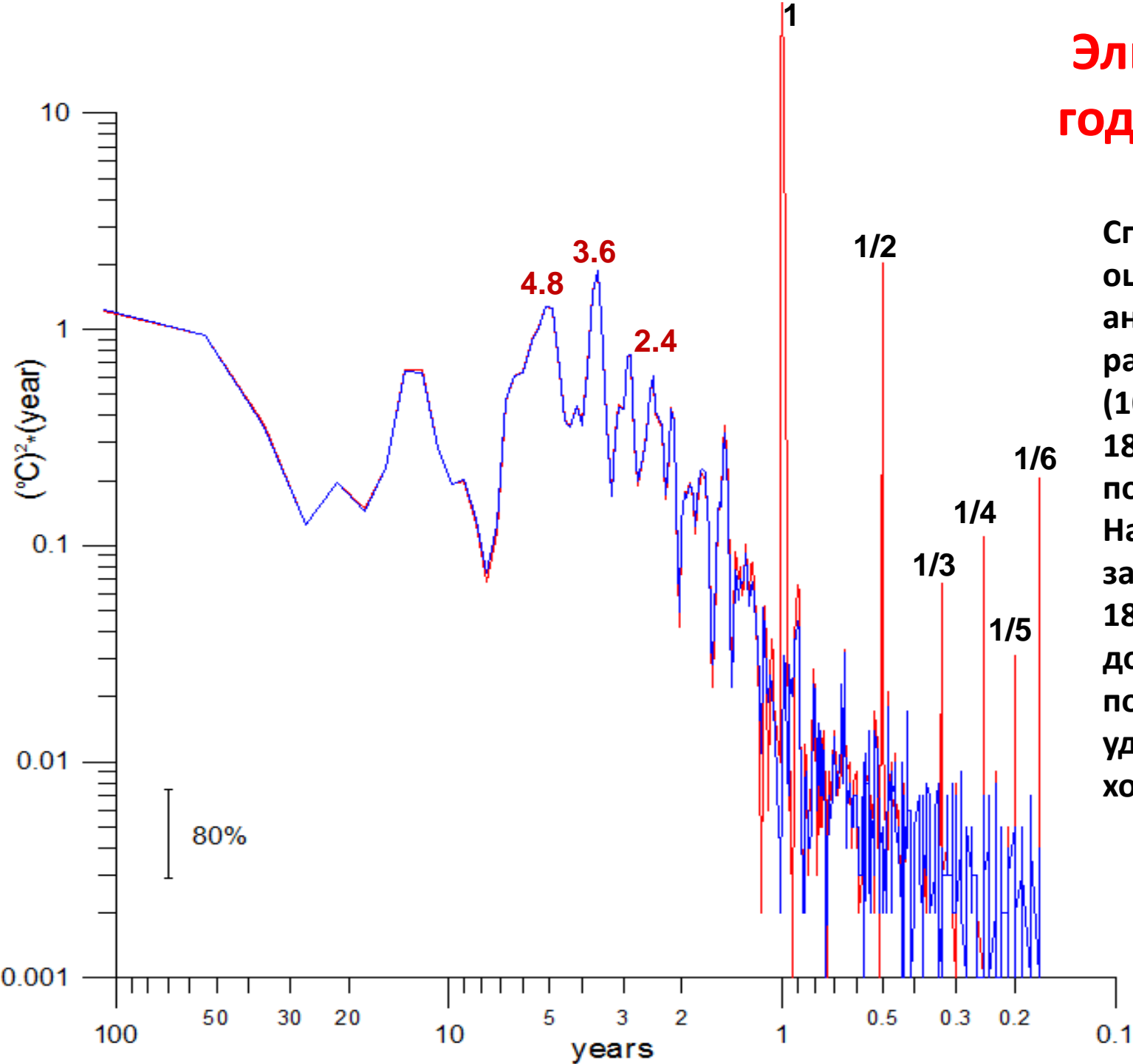
**Непрерывная**  
**продолжитель-**  
**ность аномалий**  
**температуры**  
**поверхности океана**  
**(ТПО) должна быть**  
 **$\geq 5$  месяцев.**



**Ла-Нинья**  
**Средние**  
**аномалии**  
**ТПО для**  
**32 Ла-Нинья**  
**( $\text{aТПО} < -0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ )**

**По данным COBE SST**  
**за 1891-2014 гг.**

# Эль-Ниньо и годовой цикл

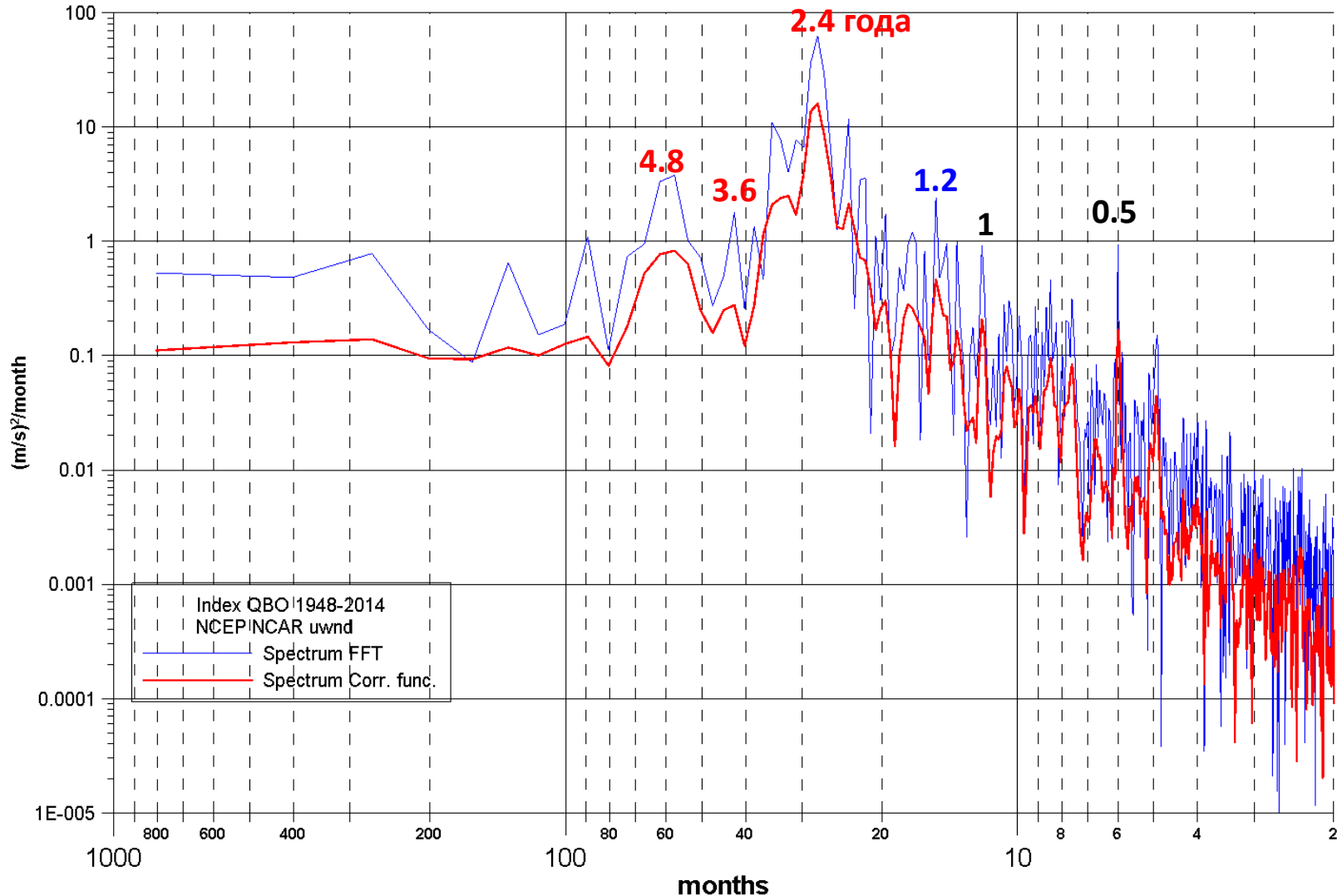


Спектральные  
оценки колебаний  
аномалий ТПО в  
районе Эль-Ниньо  
( $10^{\circ}$  с.ш. -  $10^{\circ}$  ю.ш.,  
 $180^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  з.д.)  
по данным  
HadCRUT  
за период  
1850-2011 гг.  
до (**красный**) и  
после (**синий**)  
удаления годового  
хода.

# Квазидухлетнее колебание

Является ли годовой цикл единственным драйвером динамики климата? **НЕТ!!!**

Пример: квазидвухлетнее колебание (QBO) экваториального зонального ветра в нижней стратосфере (уровень 20 гПа), вызванное чандлеровским колебанием в движении полюсов Земли.



Спектры  
индекса  
QBO по  
данным  
NCEP/NCAR  
за 1950-  
2017 гг.

Главный пик 2.4 года = 2 \* период чандлеровского колебания (1.2 года)

# Полюсный прилив вызванный чандлеровским колебанием

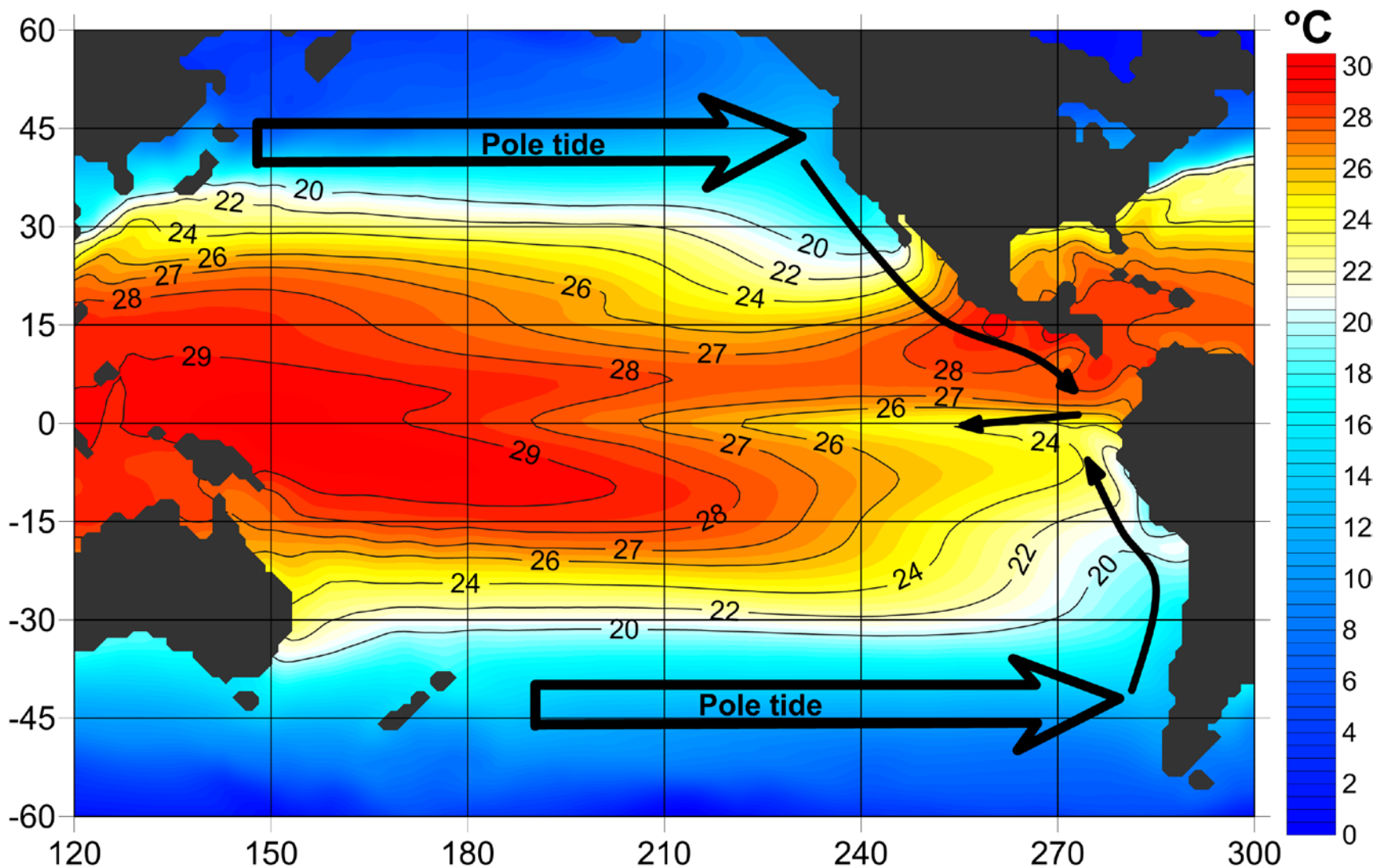
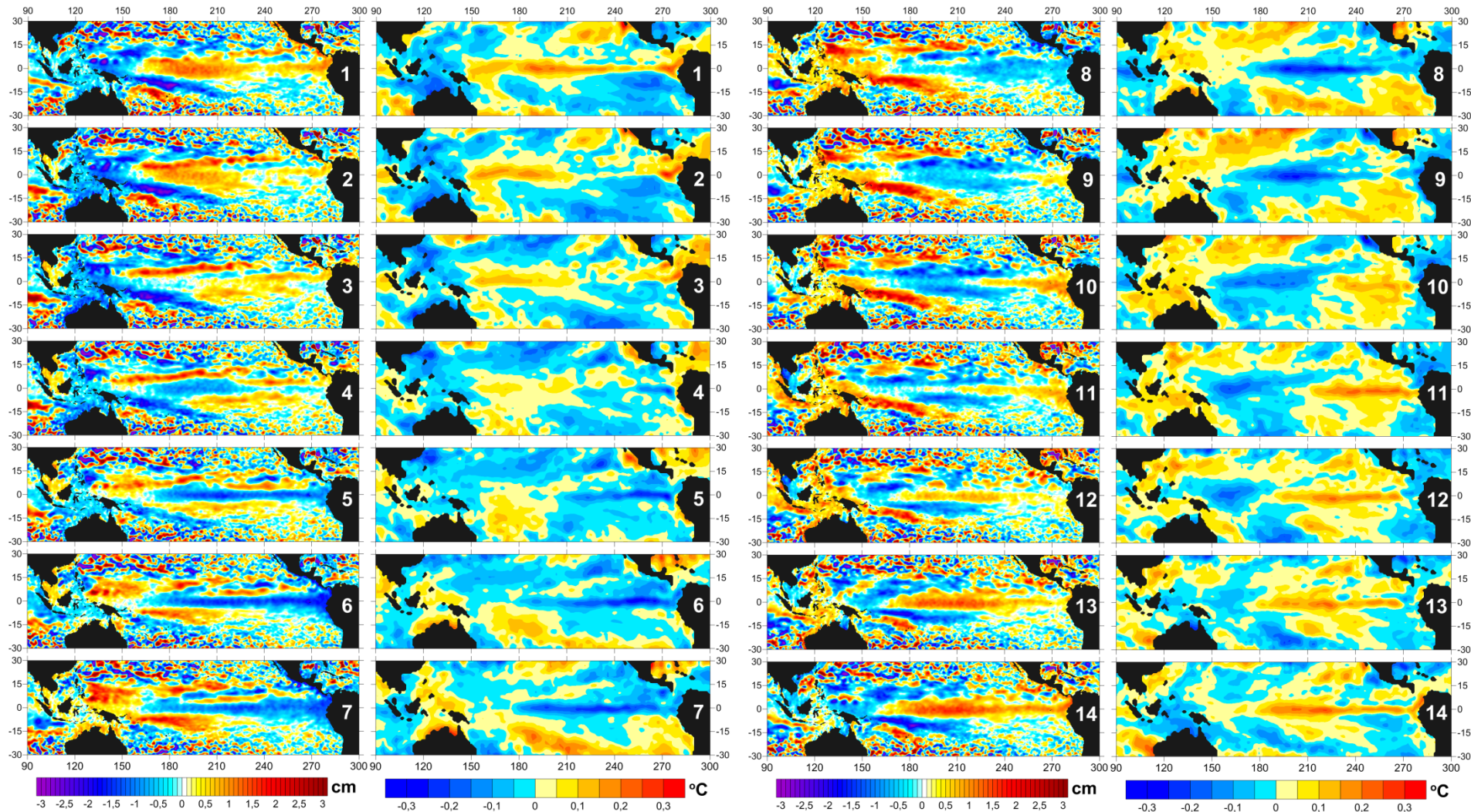


Схема того, как океанический полюсный прилив в Тихом океане может возбуждать Эль-Ниньо. В качестве фона показано поле среднегодовой температуры поверхности океана по данным NOAA OI SST за 1982-2017 гг.

# Полюсный прилив в тропиках

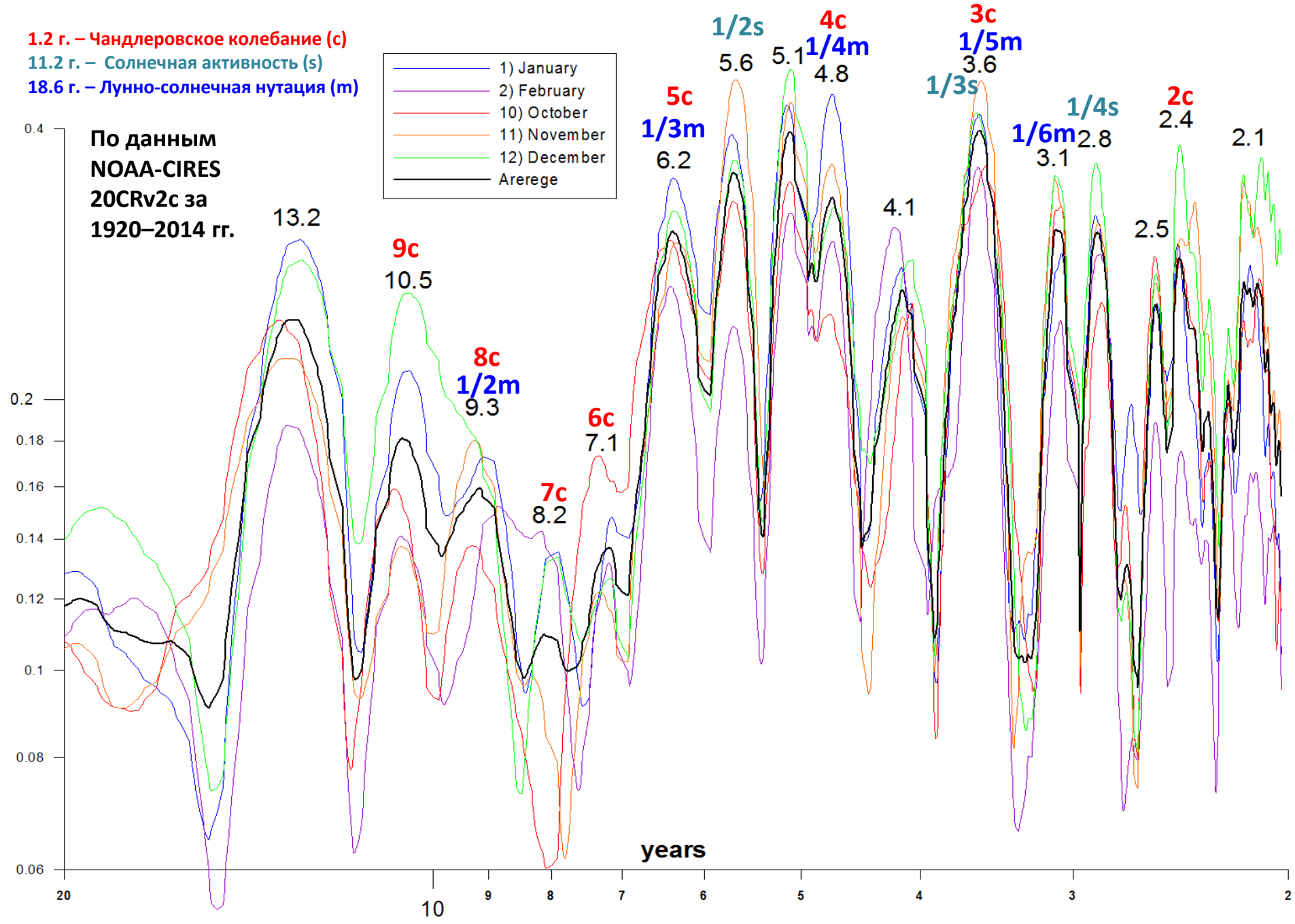
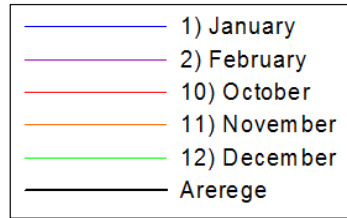


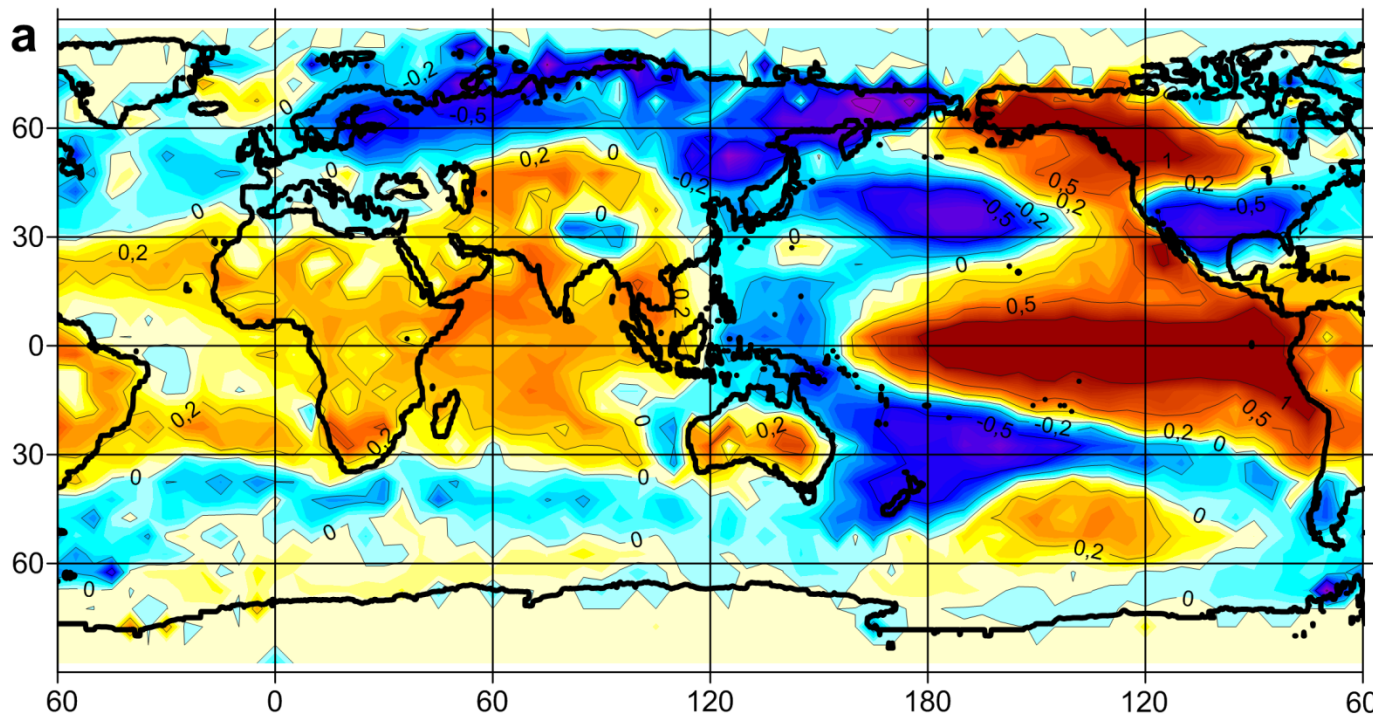
Поля среднемесячных аномалий уровня моря и аномалий температуры поверхности океана усредненной 14-месячной последовательности по данным AVISO и NOAA OI SST за 1997-2017 гг.

# Детальный вид спектральных оценок индекса Эль-Ниньо

- 1.2 г. – Чандлеровское колебание (c)
- 11.2 г. – Солнечная активность (s)
- 18.6 г. – Лунно-солнечная нутация (m)

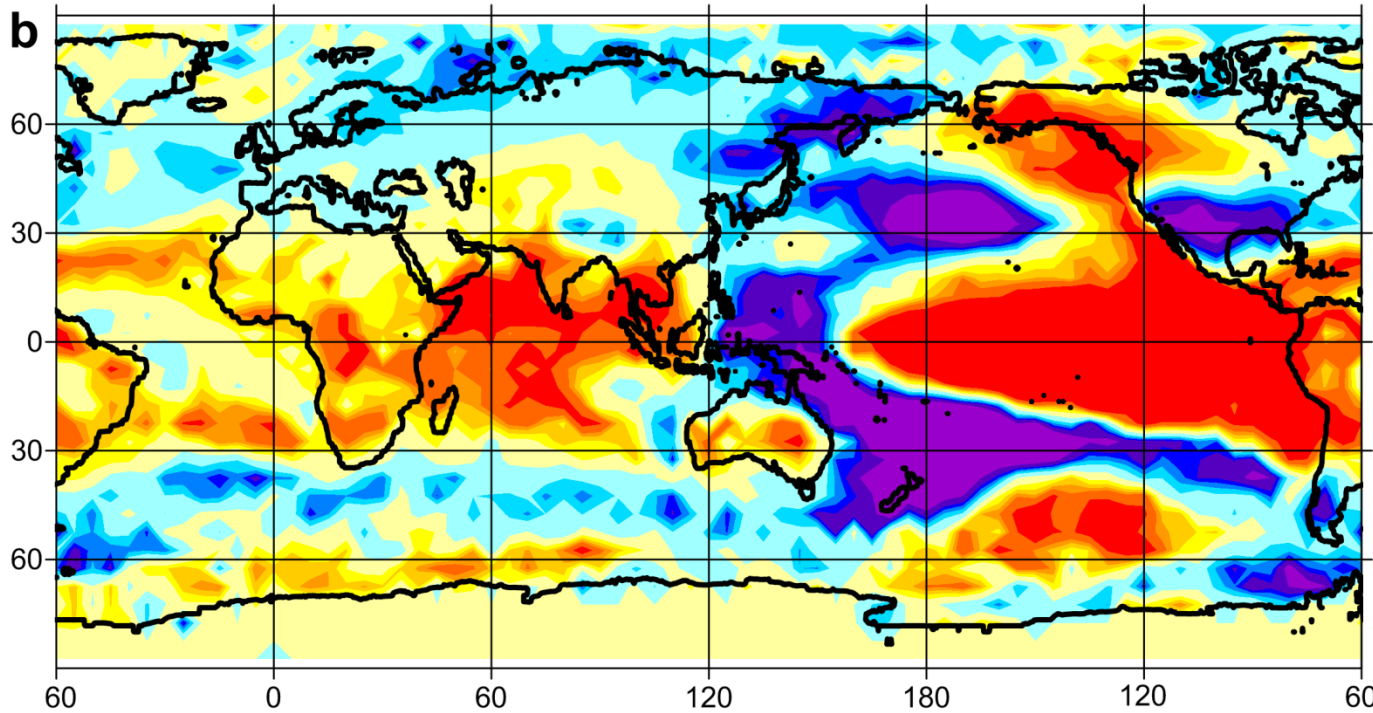
По данным  
NOAA-CIRES  
20CRv2c за  
1920–2014 гг.





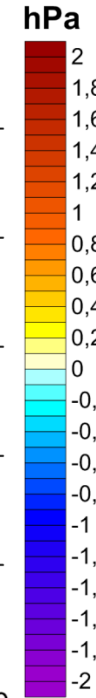
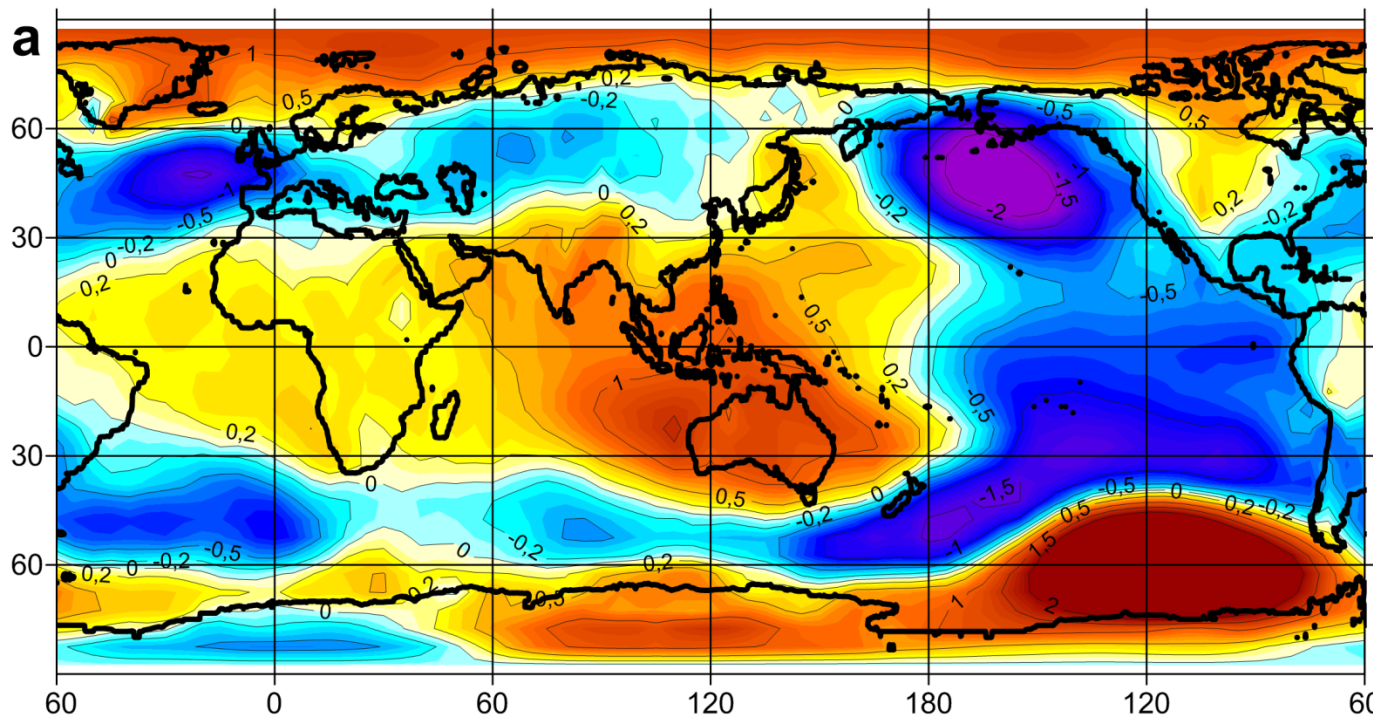
**Амплитуда колебаний температуры у поверхности**

**а) Поле разности аномалий приповерхностной температуры между средним Эль-Нинья и средним Ла-Нинья по данным HadCRUT за 1920-2017 гг.**



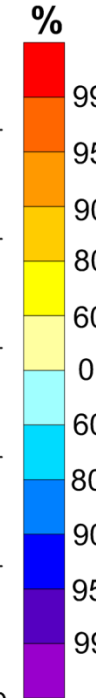
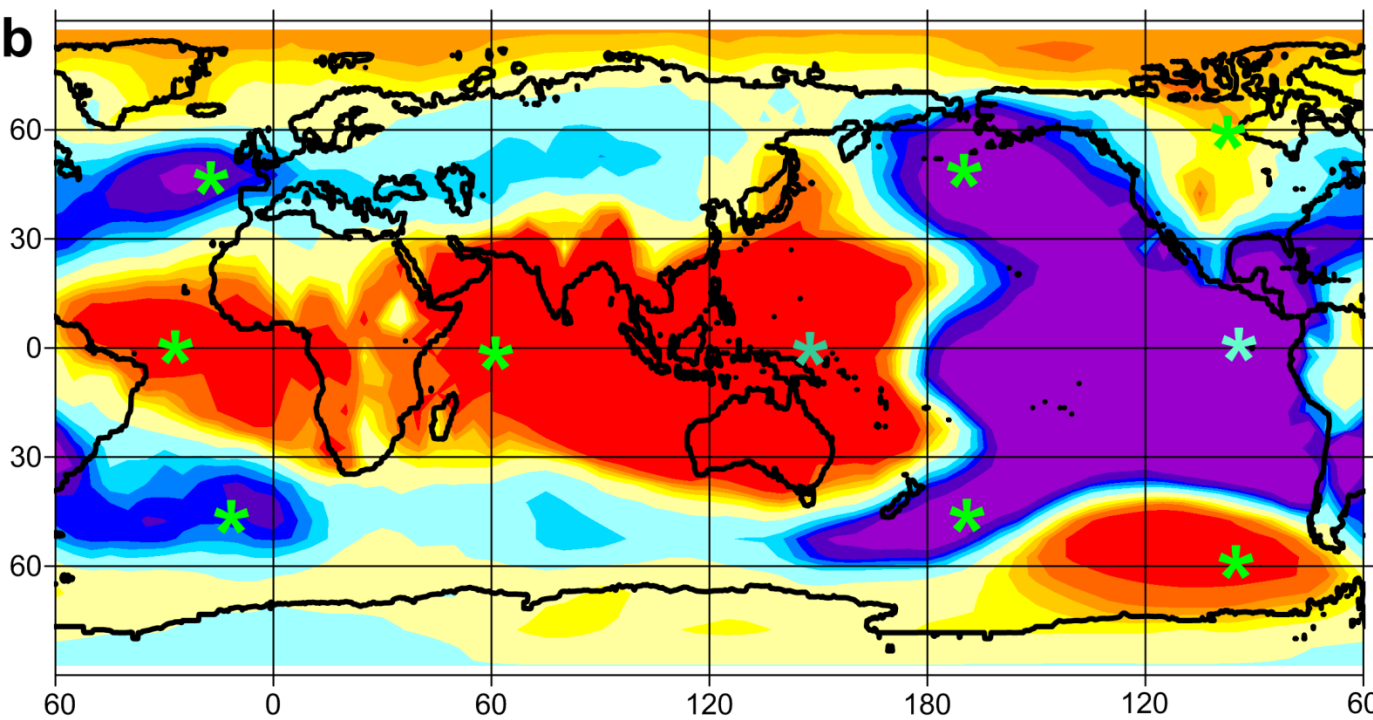
**б) Поле значений t-критерия Стьюдента для (а).**



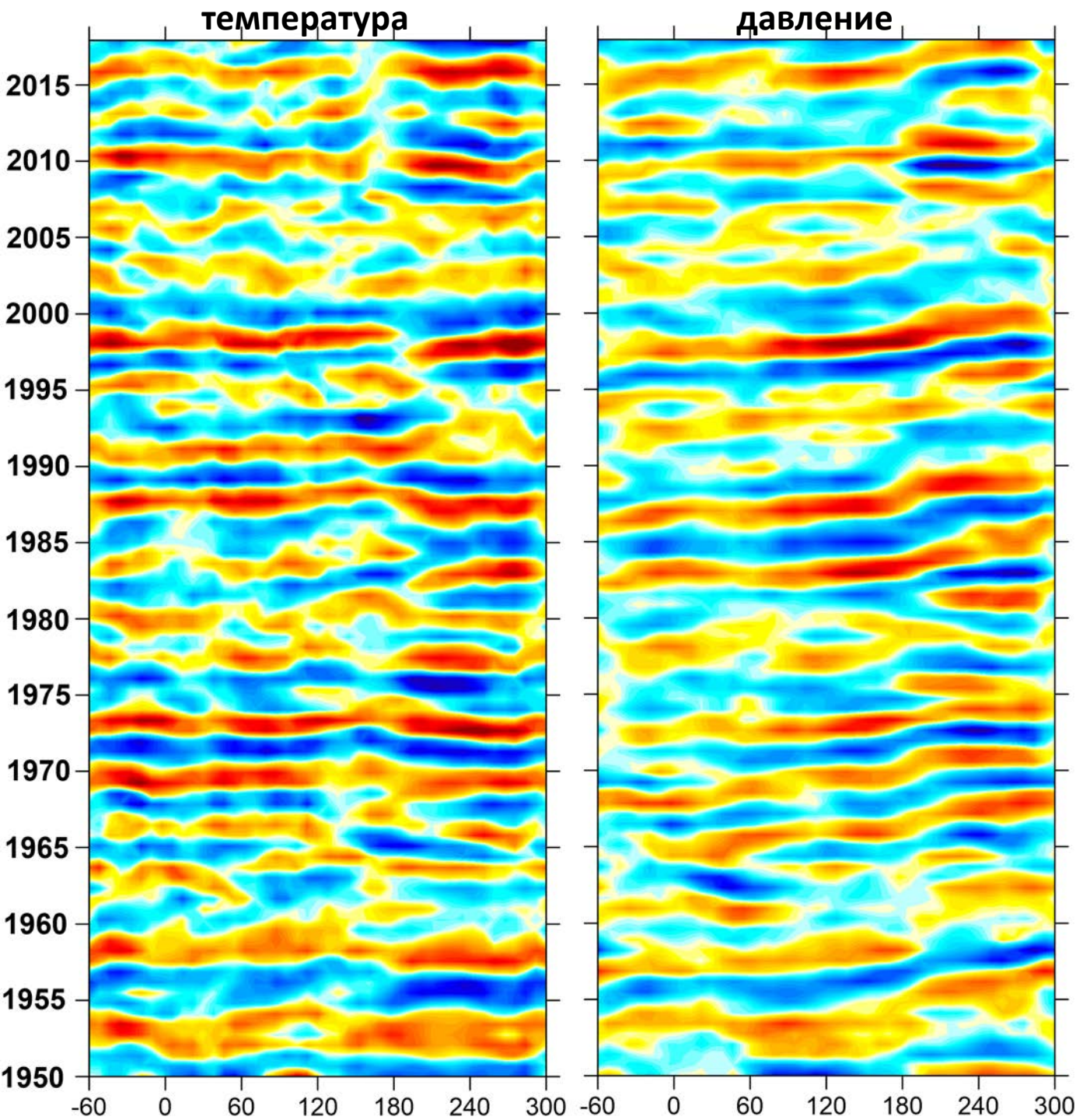


**Амплитуда колебаний атмосферного давления**

**а) Поле разности аномалий атмосферного давления на уровне моря между средним Эль-Ниньо и средним Ла-Нинья по данным HadSLP2 за 1920-2017 гг.**

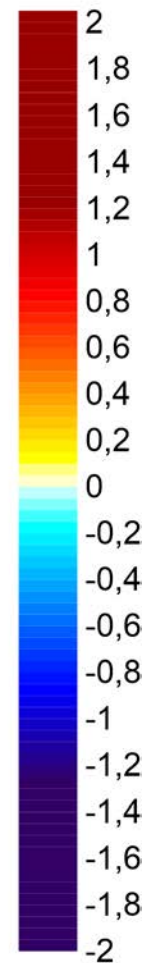


**б) Поле значений t-критерия Стьюдента для (а). Звездочками отмечены регионы для расчета индекса Глобальной атмосферной осцилляции (ГАО).**



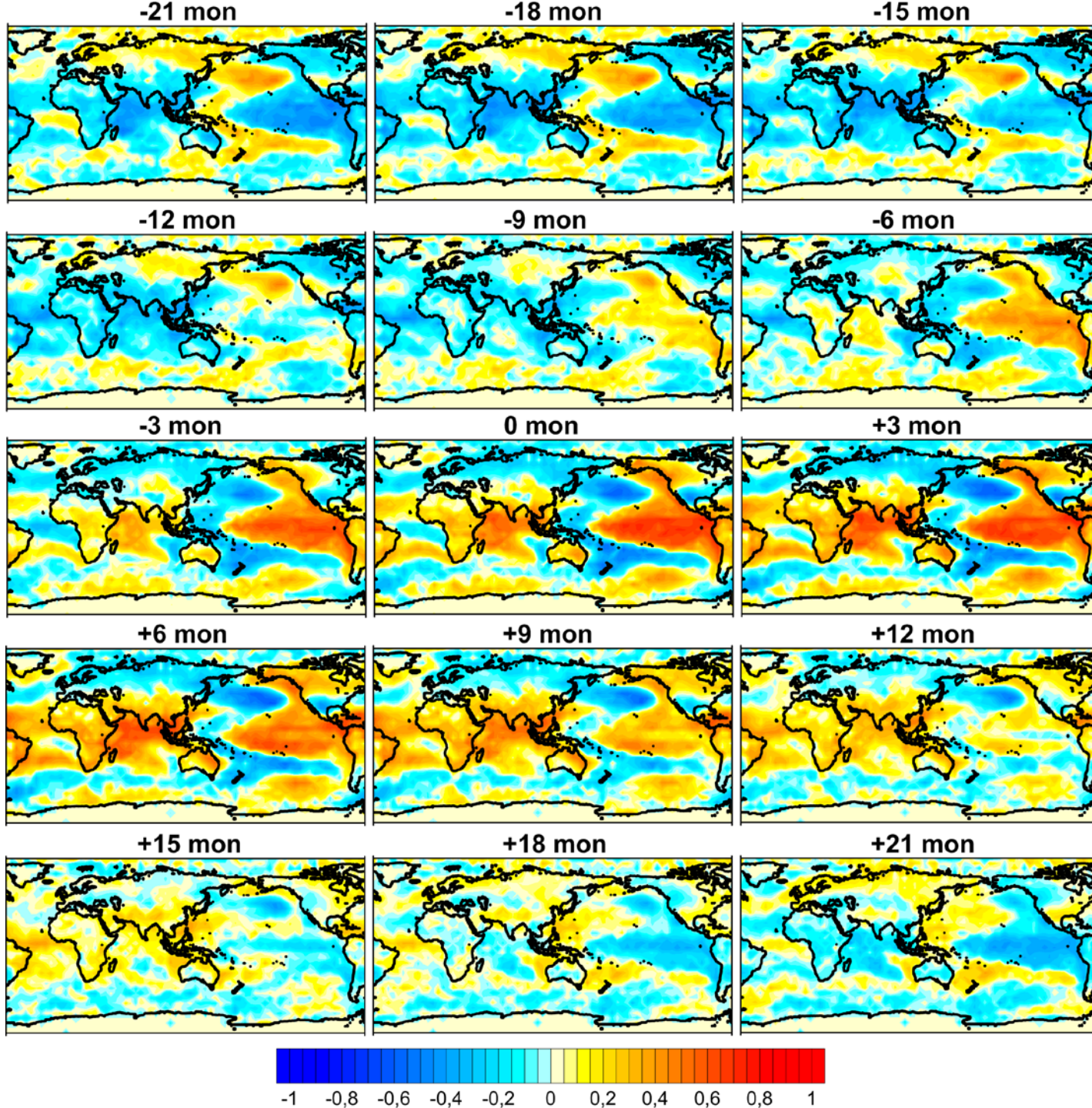
## Динамика

Пространственно-временные диаграммы, показывающие распространение в планетарном тропическом поясе ( $30^{\circ}\text{N}$ – $30^{\circ}\text{S}$ ) межгодовых аномалий температуры воздуха у поверхности (слева) и атмосферного давления на уровне моря (справа) по данным NCER/NCAR за 1950-2017 гг. Диаграммы были централизованы, нормализованы и отфильтрованы с помощью полосового фильтра 2-7 лет.



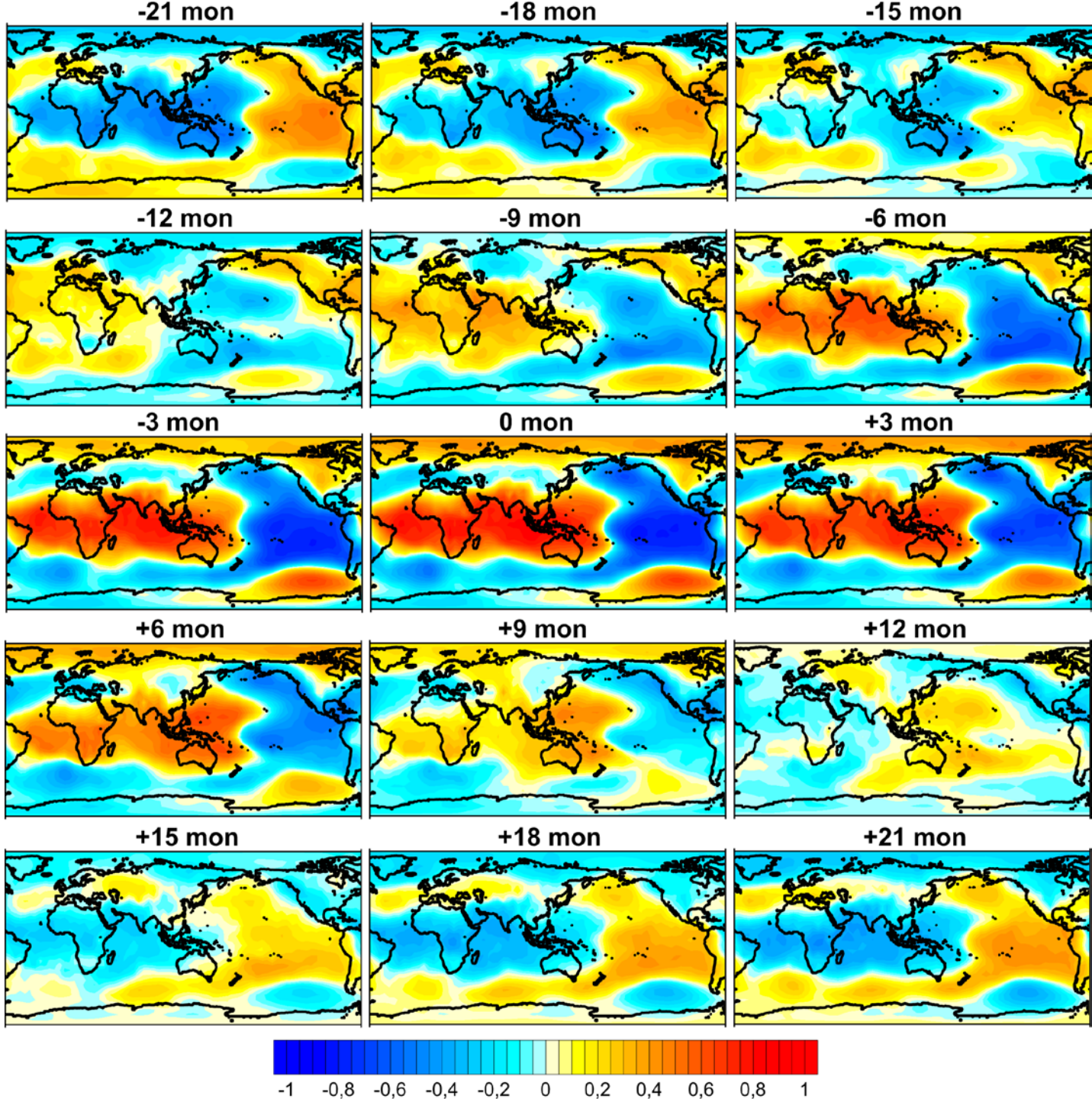
## Динамика температуры

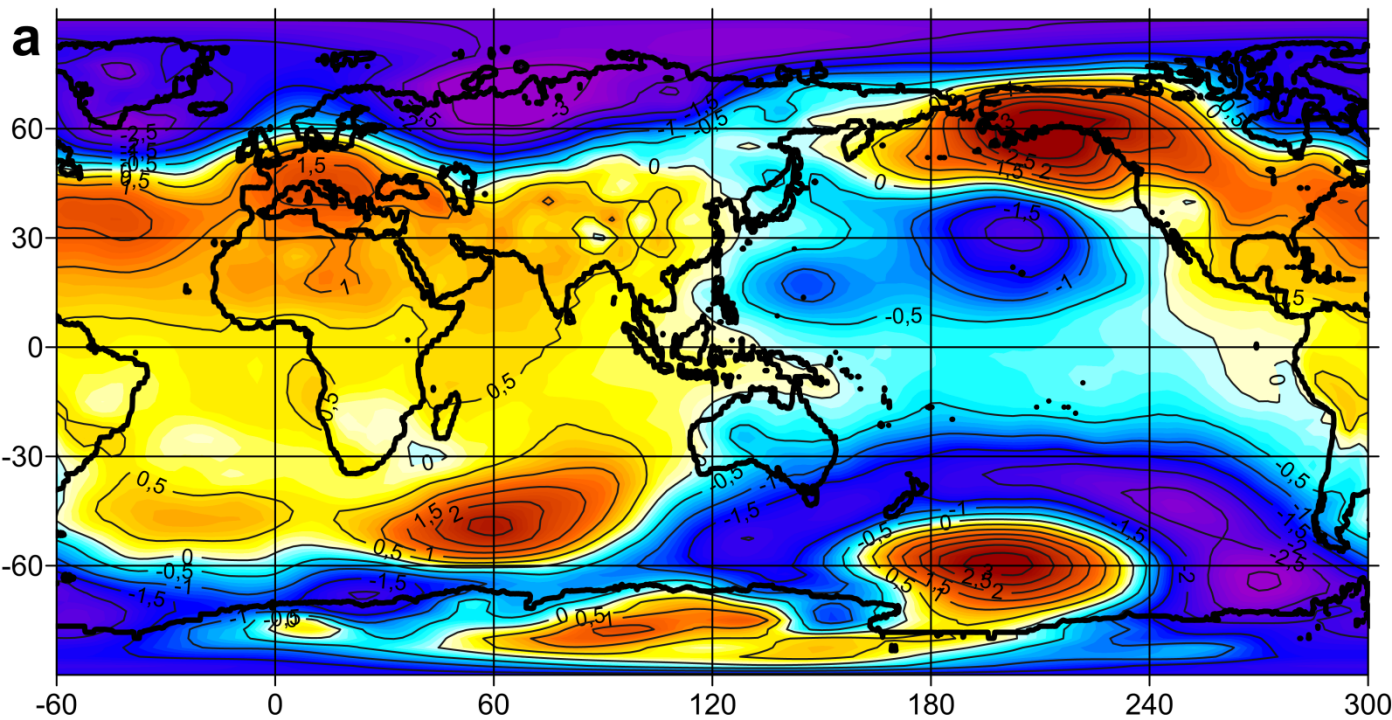
Последовательность полей кросс-корреляций между аномалиями приповерхностной температуры и внетропическим индексом Глобальной атмосферной осцилляции со сдвигами от -21 до +21 месяца по данным HadCRUT за период 1880-2017 гг.



# Динамика давления

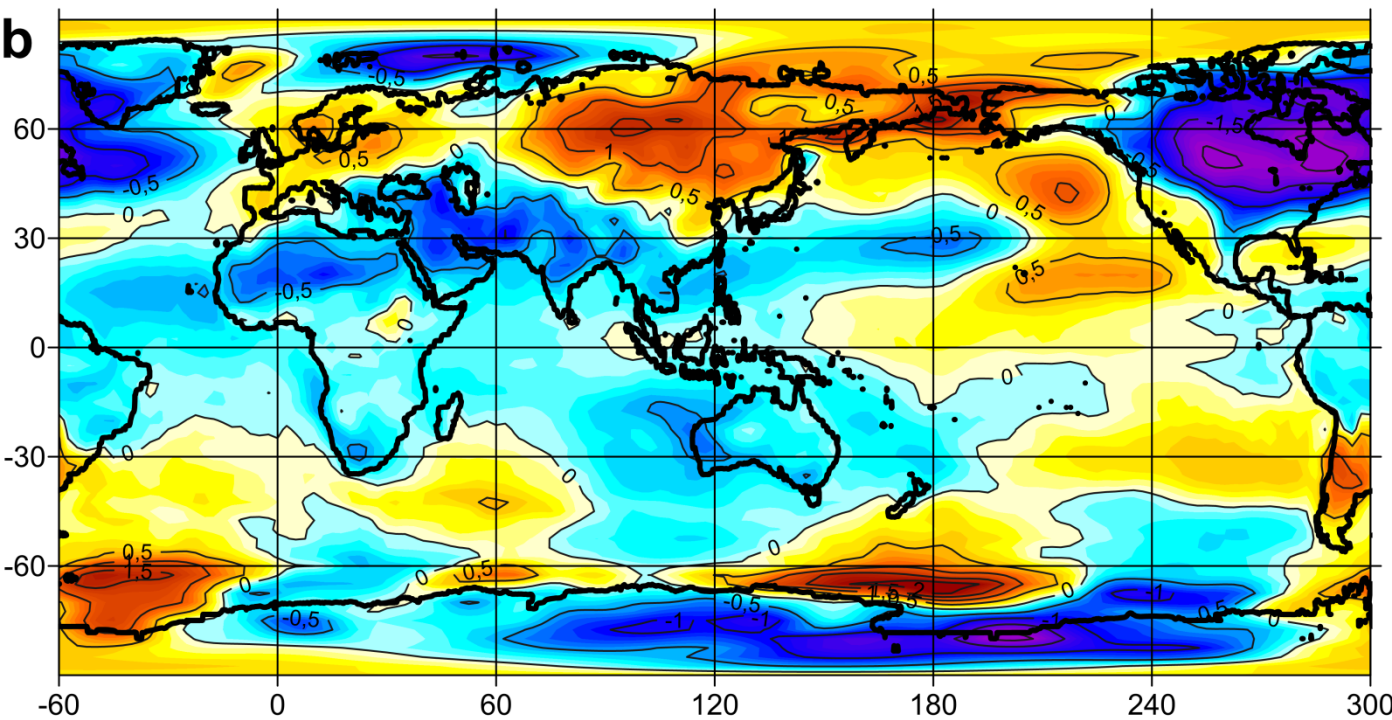
Последовательность  
полей кросс-  
корреляций между  
аномалиями  
атмосферного  
давления на уровне  
моря и  
внетропическим  
индексом Глобальной  
атмосферной  
осцилляции со  
сдвигами от -21 до  
+21 месяца по  
данным HadSLP2 за  
период 1880-2017 гг.



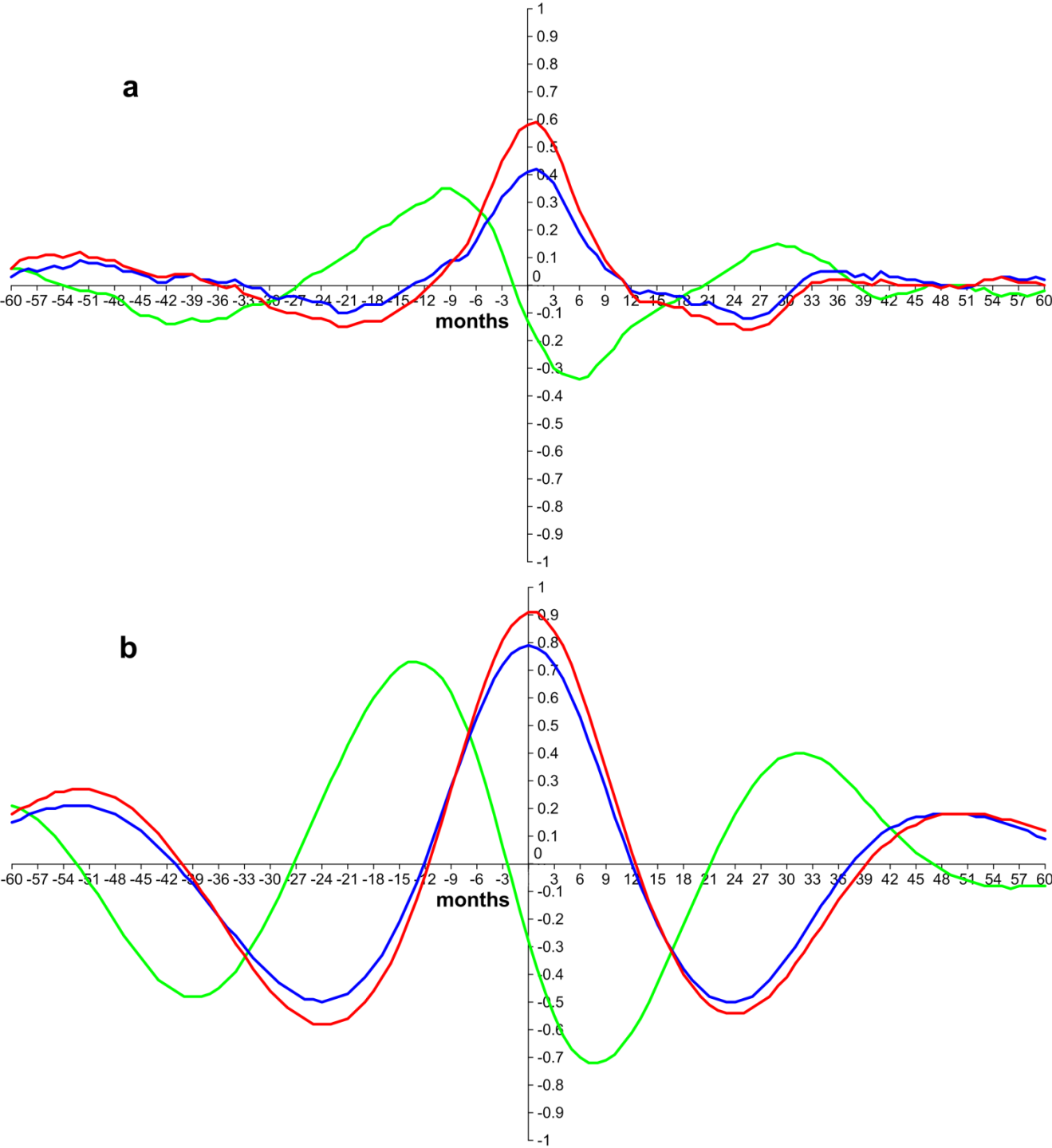


**Предиктор**

Средние поля аномалий давления на уровне моря (a) и приповерхностной температуры (b) за 12 месяцев до кульминации событий Эль-Ниньо. Когда пространственная структура Глобальной атмосферной осцилляции начинает переходить в противоположную фазу, то есть X-образная структура становится более похожей на эллиптическую, а эллиптическая структура становится похожей на X-образную.



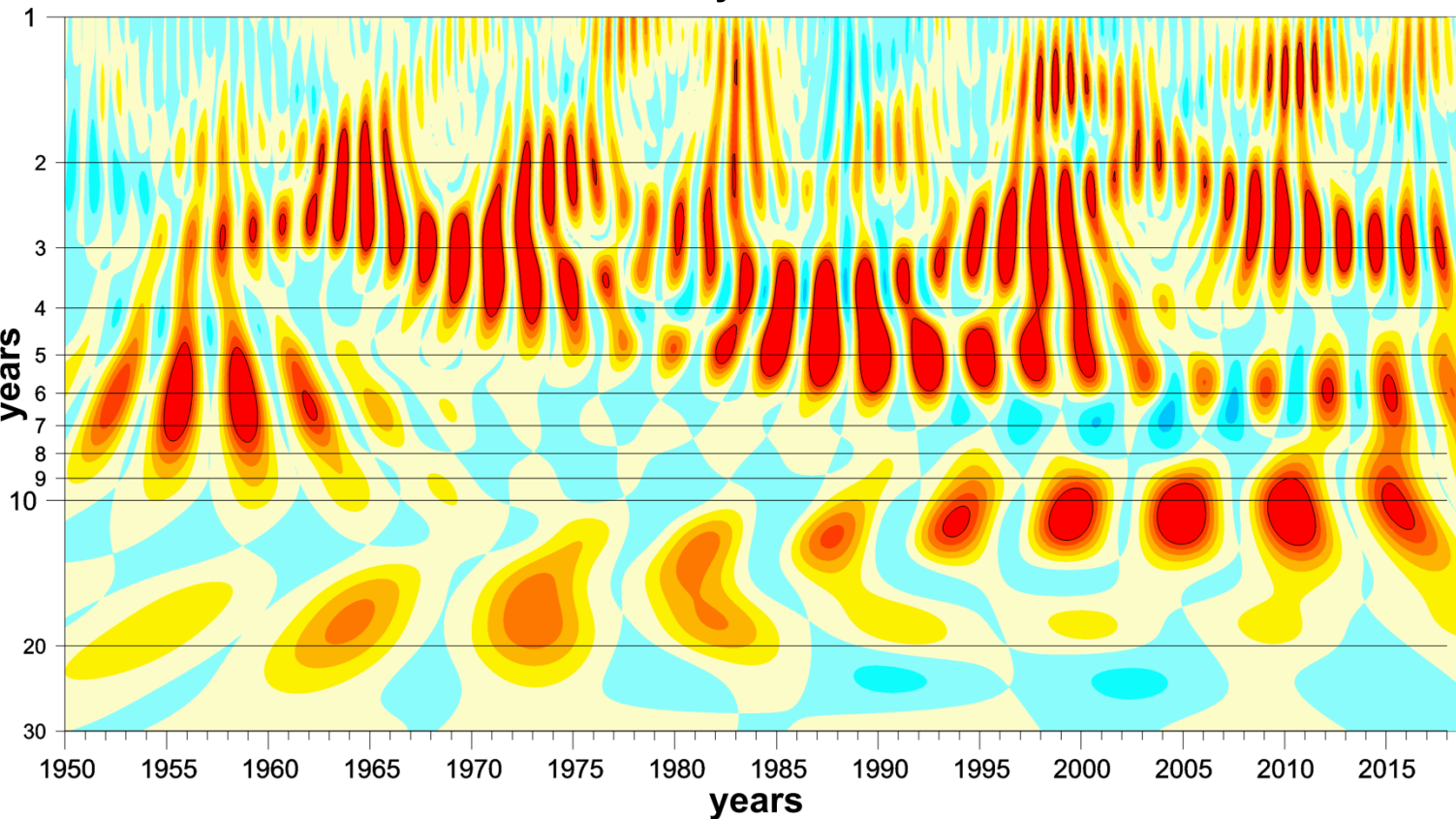
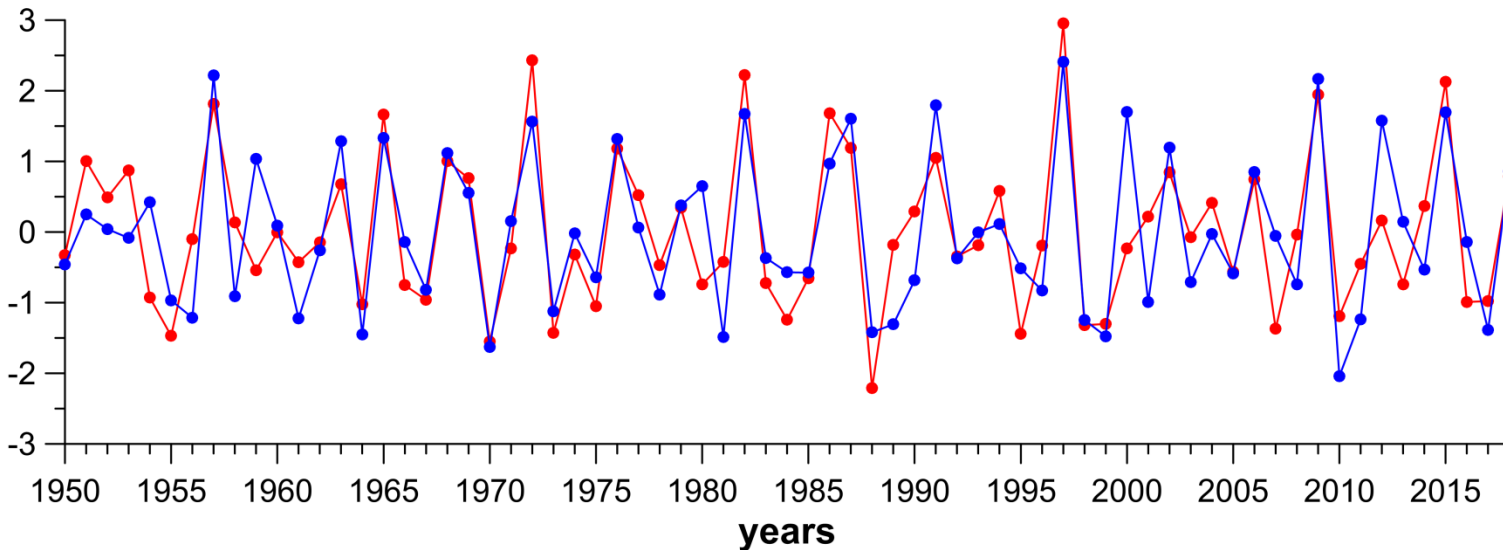
## Кросс-корреляции



Кросс-корреляции со сдвигом от -60 до +60 месяцев океанического индекса Эль-Ниньо и трех индексов Глобальной атмосферной осцилляции (ГАО):  
красный – индекс ГАО по всем регионам,  
синий – внетропический индекс ГАО,  
зеленый – индекс-предиктор ГАО по данным HadCRUT и HadSLP2 за 1920–2017 годы (а - временные ряды без фильтрации, б - после полосового фильтра 2–7 лет).

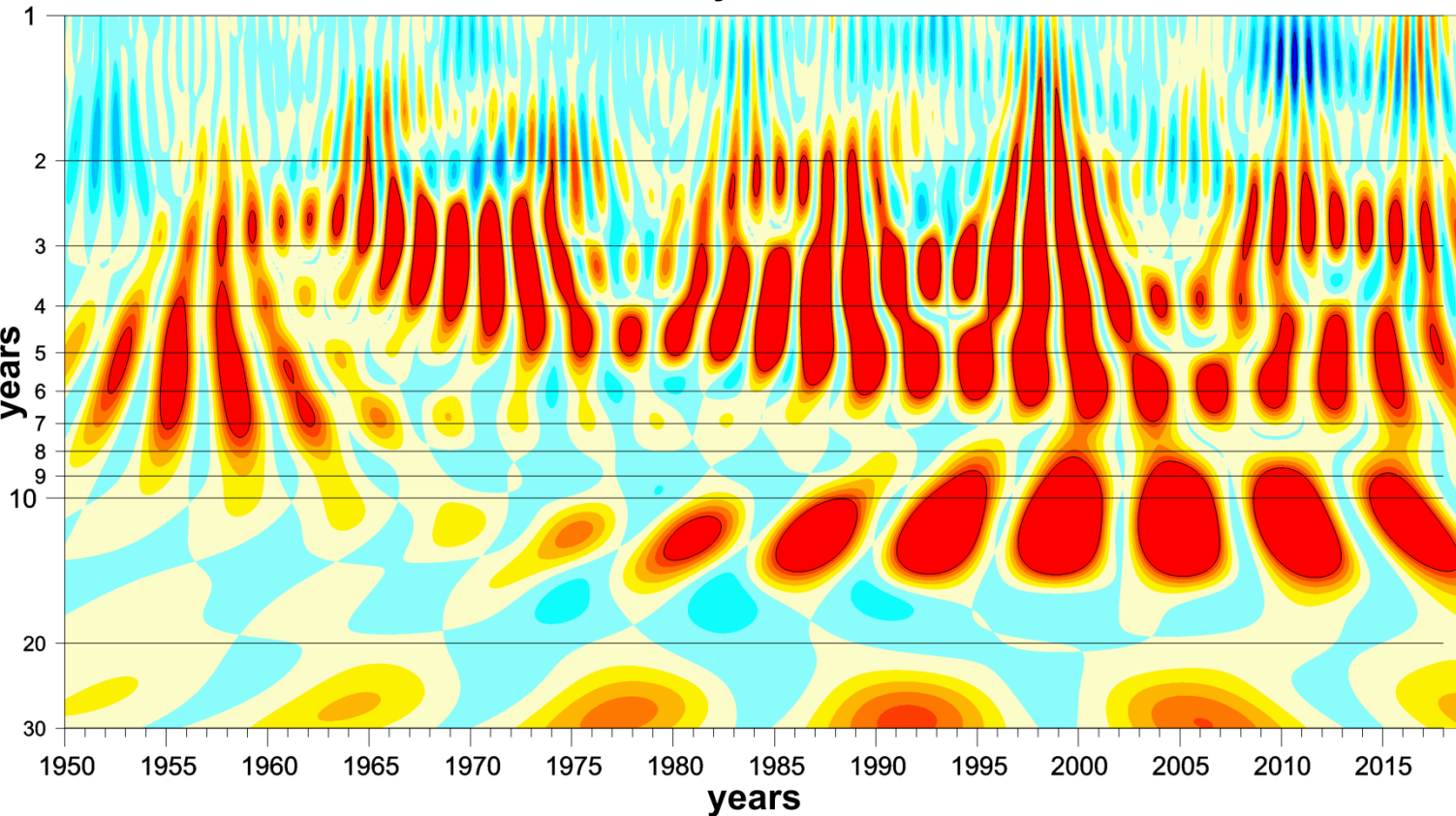
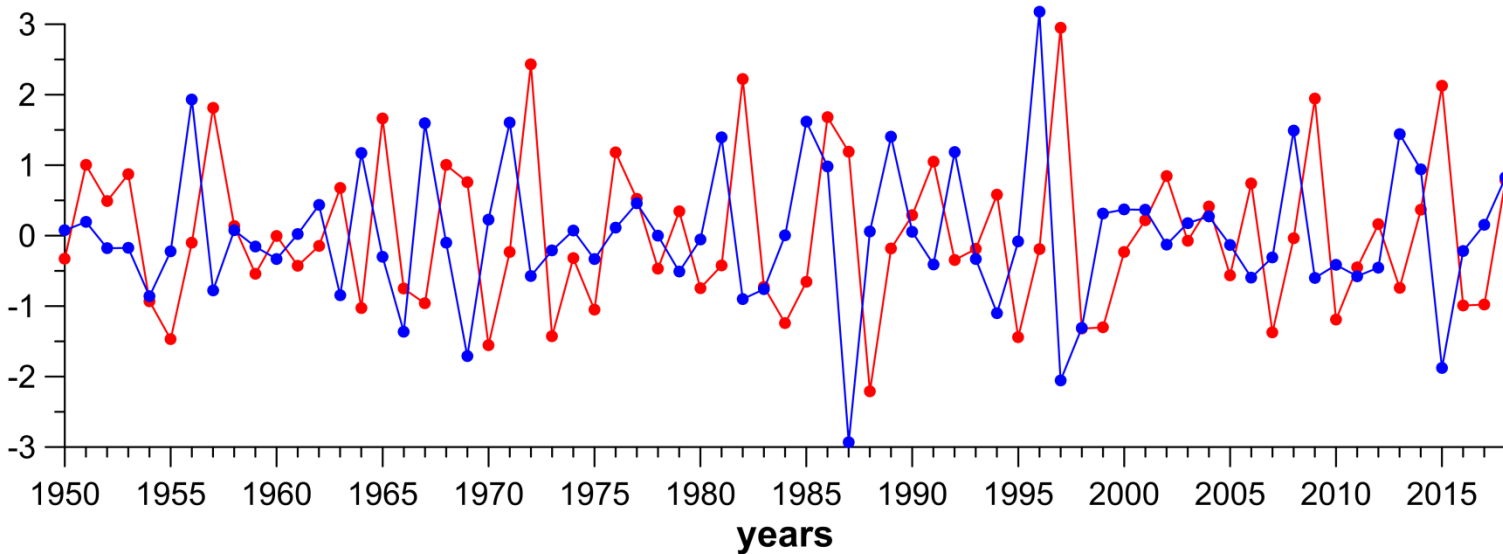
# Внетропический индекс ГАО

Графики океанического индекса Эль-Ниньо (ONI) (**красный**) и внутритропического индекса ГАО (**синий**), после полосового фильтра 2-7 лет, центрированные и нормализованные на их стандартные отклонения, за декабрь 1950-2018 (вверху). Кросс-вейвлет-диаграмма этих индексов без фильтрации и для всех месяцев года (внизу).



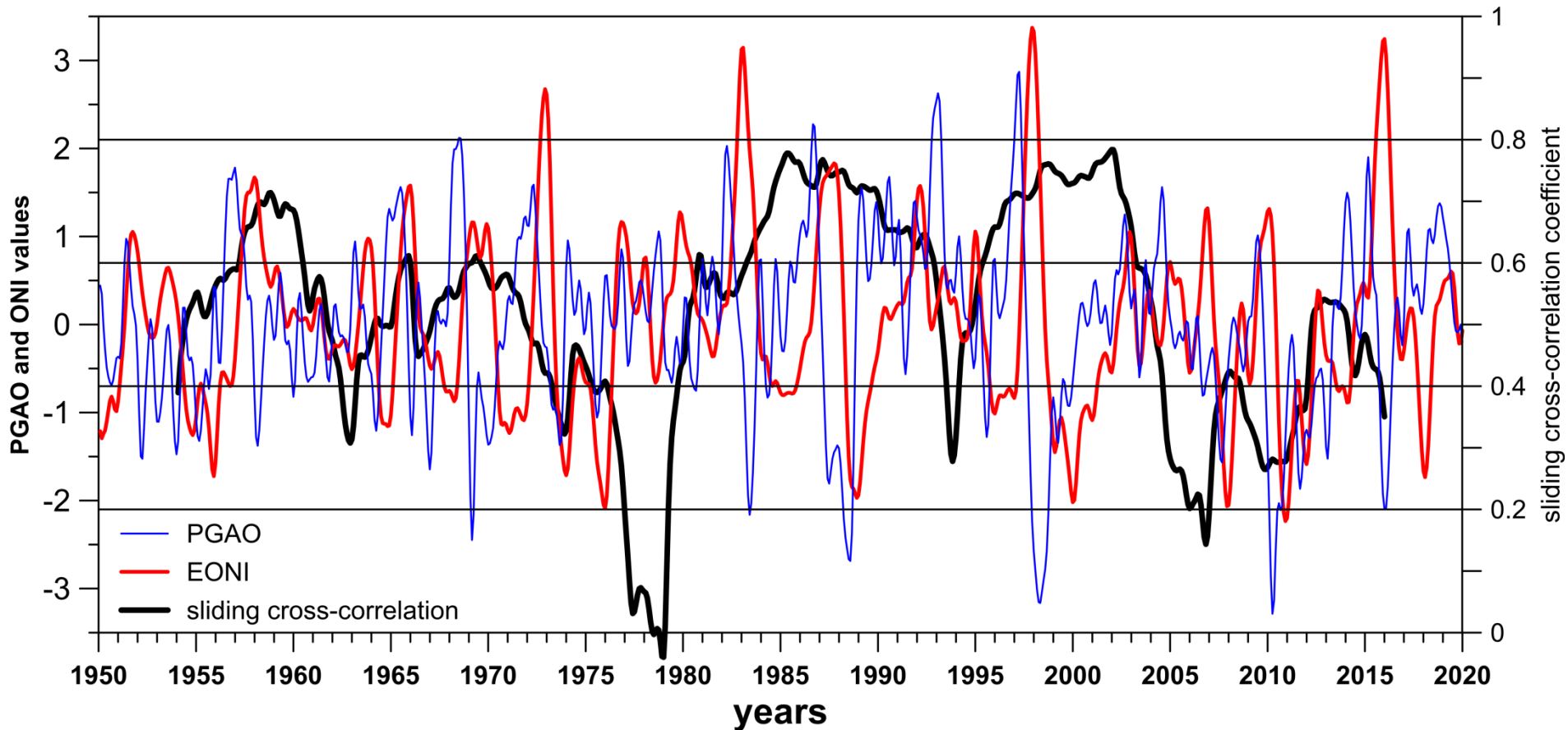
# Предиктор ГАО

Графики океанического индекса Эль-Ниньо (ONI) (**красный**) и индекса-предиктора ГАО (**синий**), после полосового фильтра 2-7 лет, центрированные и нормализованные на их стандартные отклонения, за декабрь 1950-2018 (вверху). Кросс-вейвлет-диаграмма этих индексов без фильтрации и для всех месяцев года (внизу), индекс-предиктор сдвинут вперед на 12 месяцев.





# Прогноз Эль-Ниньо на основе индекса-предиктора ГАО



Графики Расширенного Океанического Индекса Эль-Ниньо (EONI) (**красный**) и индекса-предиктора Глобальной Атмосферной Осцилляции (PGAO) (**синий**), сглаженные 5-месячным скользящим средним, детрендрованные, центрированные и нормализованные на их стандартные отклонения по данным NCEP/NCAR за период 1950-2019 гг. Черная линия – значения скользящих кросс-корреляций этих индексов с окном 8 лет и PGAO смещенным вперед на 12 месяцев.

# Заключения

1. Показано, что Эль-Ниньо и Ла-Нинья являются региональными элементами положительной и отрицательной фаз планетарной волны – Глобальной атмосферной осцилляции (ГАО).
2. На основании исследования различных данных установлено, что ГАО - Эль-Ниньо обусловлено не только ежегодным периодическим нагревом, вызванным солнцем, но и тремя дополнительными внешними силами: 18.6-летней лунно-солнечной нутацией оси вращения Земли, 11-летней активностью солнечных пятен и 14-месячным Чандлеровским колебанием в движении полюсов Земли.
3. Из-за несоизмеримости их периодов все четыре силы воздействуют на систему в различные моменты времени. В результате форма спектра мощности ГАО - Эль-Ниньо выглядит очень сложной. Он обнаруживает многочисленные пики, расположенные на периодах, кратных вышеуказанным периодичностям, а также на их суб- и супер-гармониках.
4. Считая ГАО главной модой короткопериодных климатических вариаций, определены индексы, характеризующие динамику и взаимосвязь внетропических и тропических компонент ГАО. Среди этих индексов найден один, с помощью которого оказывается возможным предсказывать Эль-Ниньо с заблаговременностью в 12 месяцев. Затем, с помощью вейвлетов, выявлен диапазон временных масштабов, внутри которого имеет место наиболее тесная кросскорреляция этого индекса с индексом, характеризующим Эль-Ниньо.