Глобальная атмосферная осцилляция и долгосрочный прогноз Эль-Ниньо

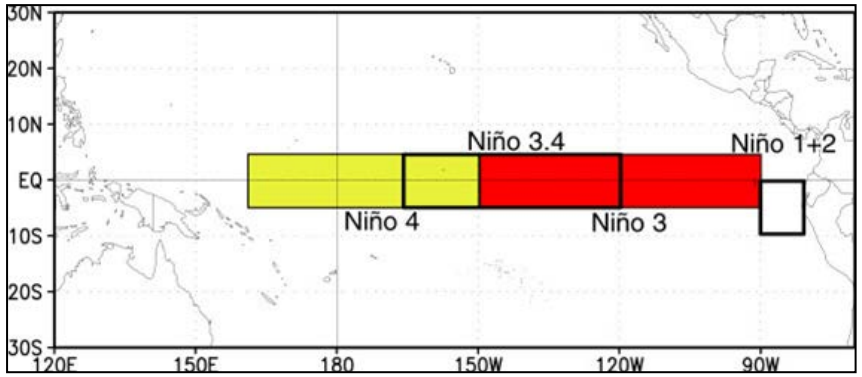
Серых Илья Викторович,
Сонечкин Дмитрий Михайлович

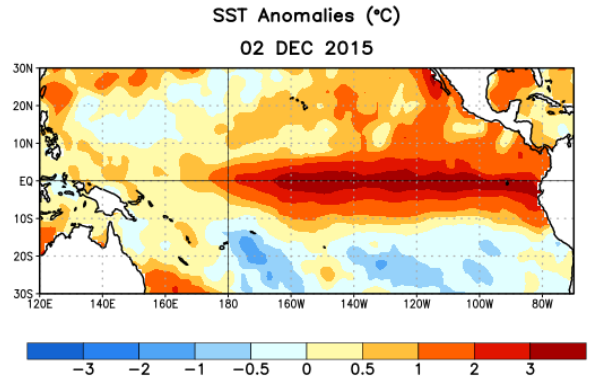
Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН

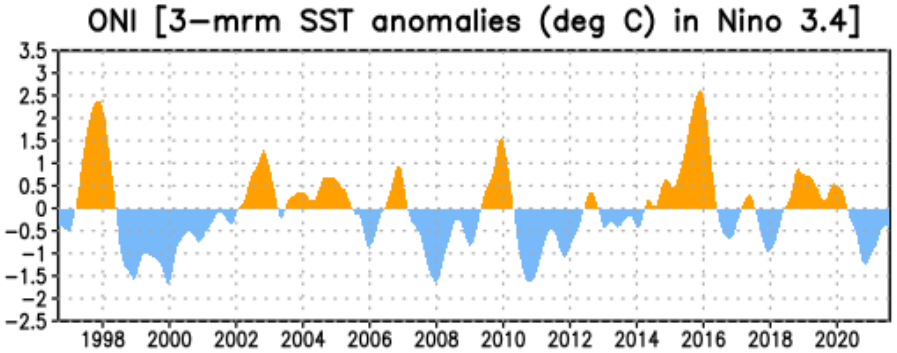
iserykh@ocean.ru

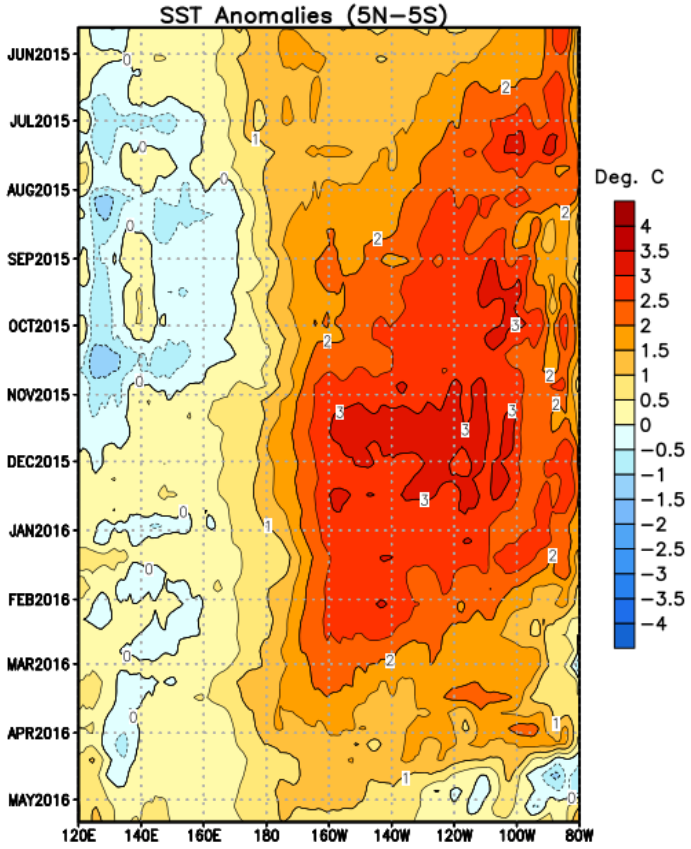
МОСКВА 2021

Индекс Эль-Ниньо: Oceanic Niño Index (ONI)









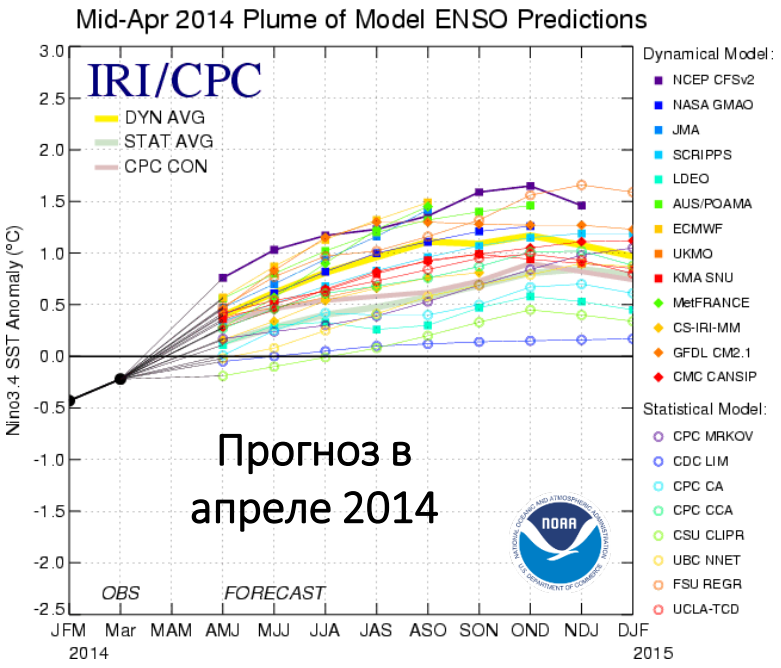
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5				

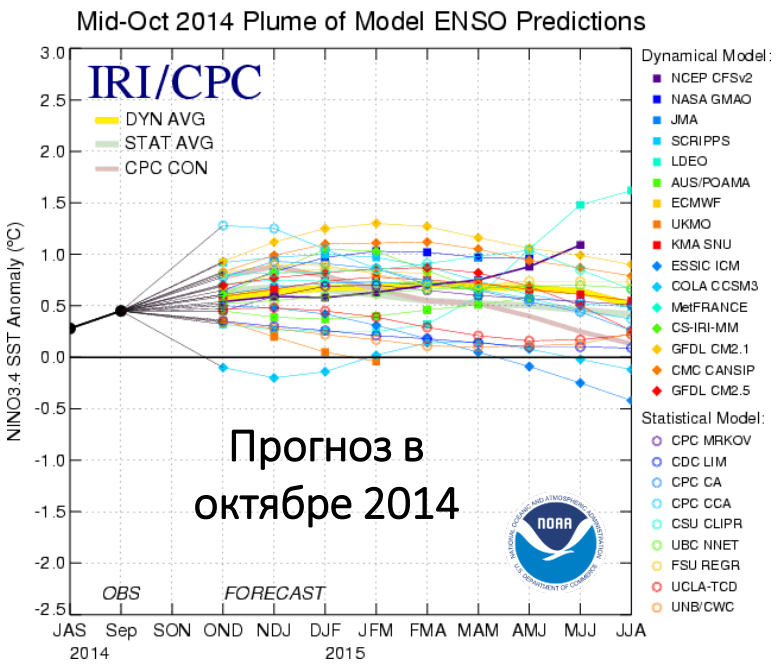
Существует несколько индексов Эль-Ниньо.

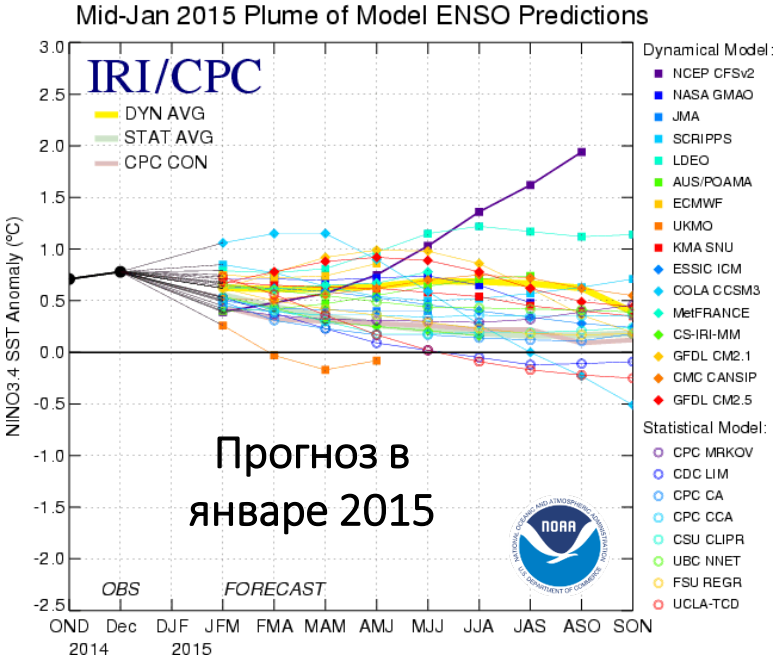
Наиболее часто используется Oceanic Niño Index (ONI). Он рассчитывается как средние аномалии температуры поверхности океана (ТПО) в регионе Niño3.4 (5°с.ш.-5°ю.ш.; 170°з.д.-120°з.д.), сглаженные 3-месячным скользящим осреднением. Причем аномалии ТПО считаются относительно центрированных 30-летних средних значений, обновляемых каждые 5 лет.

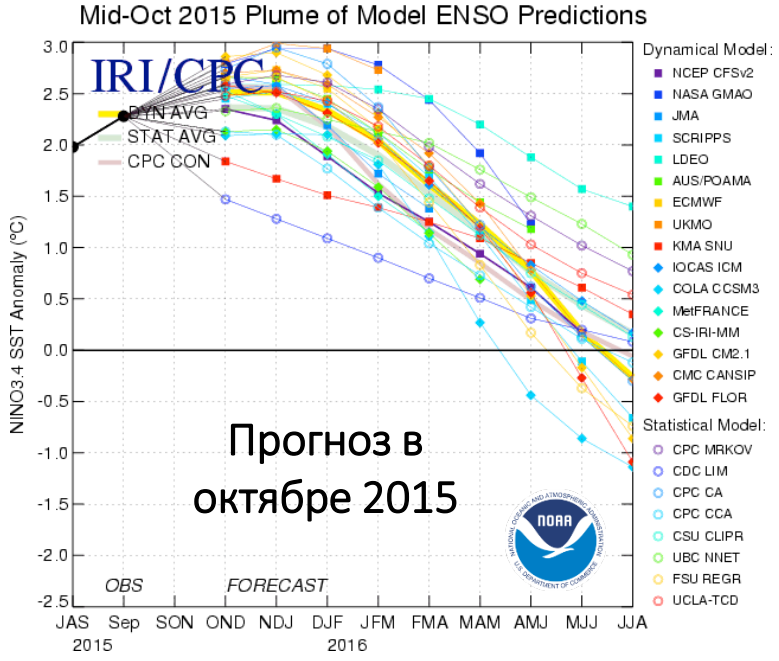
Если значение ONI превосходит +0.5°C на протяжении 5 месяцев или более, то это считается событием Эль-Ниньо. Если значение ONI меньше чем -0.5°C на протяжении 5 месяцев или более, то это считается событием Ла-Нинья.

Прогнозы Эль-Ниньо







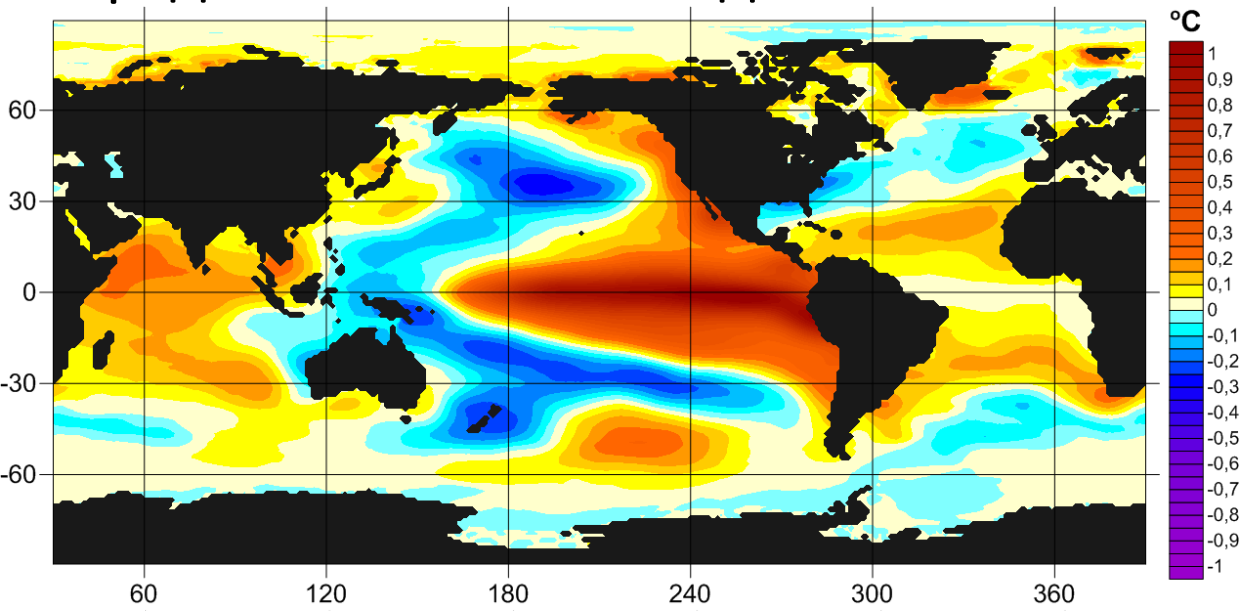


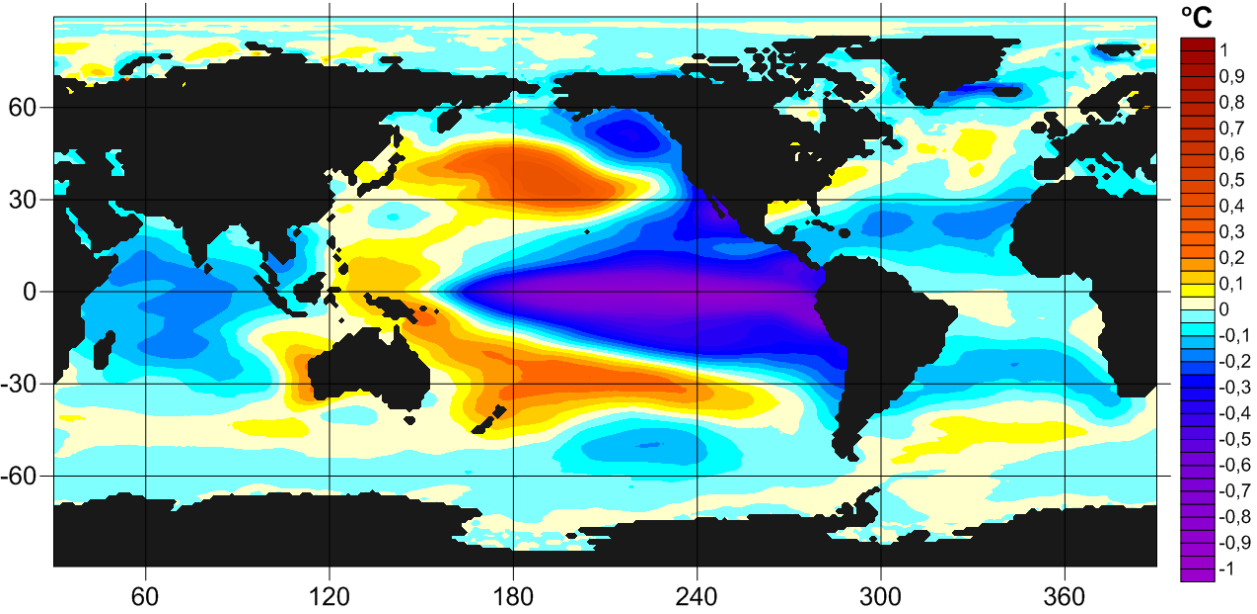
Как текущий, так и сделанные в прошлом прогнозы Эль-Ниньо – Южного колебания можно посмотреть на сайте NCEP NOAA Climate Prediction Centre ENSO Diagnostic Discussion Archive.

Весной 2014 года большинство моделей прогнозировали Эль-Ниньо на осень 2014 года. Эль-Ниньо действительно началось, но было слабее, чем прогнозировалось.

В январе 2015 года большинство моделей прогнозировали нейтральную ситуацию к концу 2015 года, но летом 2015 года началось одно из сильнейших событий Эль-Ниньо за историю инструментальных наблюдений. И оно не было спрогнозировано с достаточной заблаговременностью.

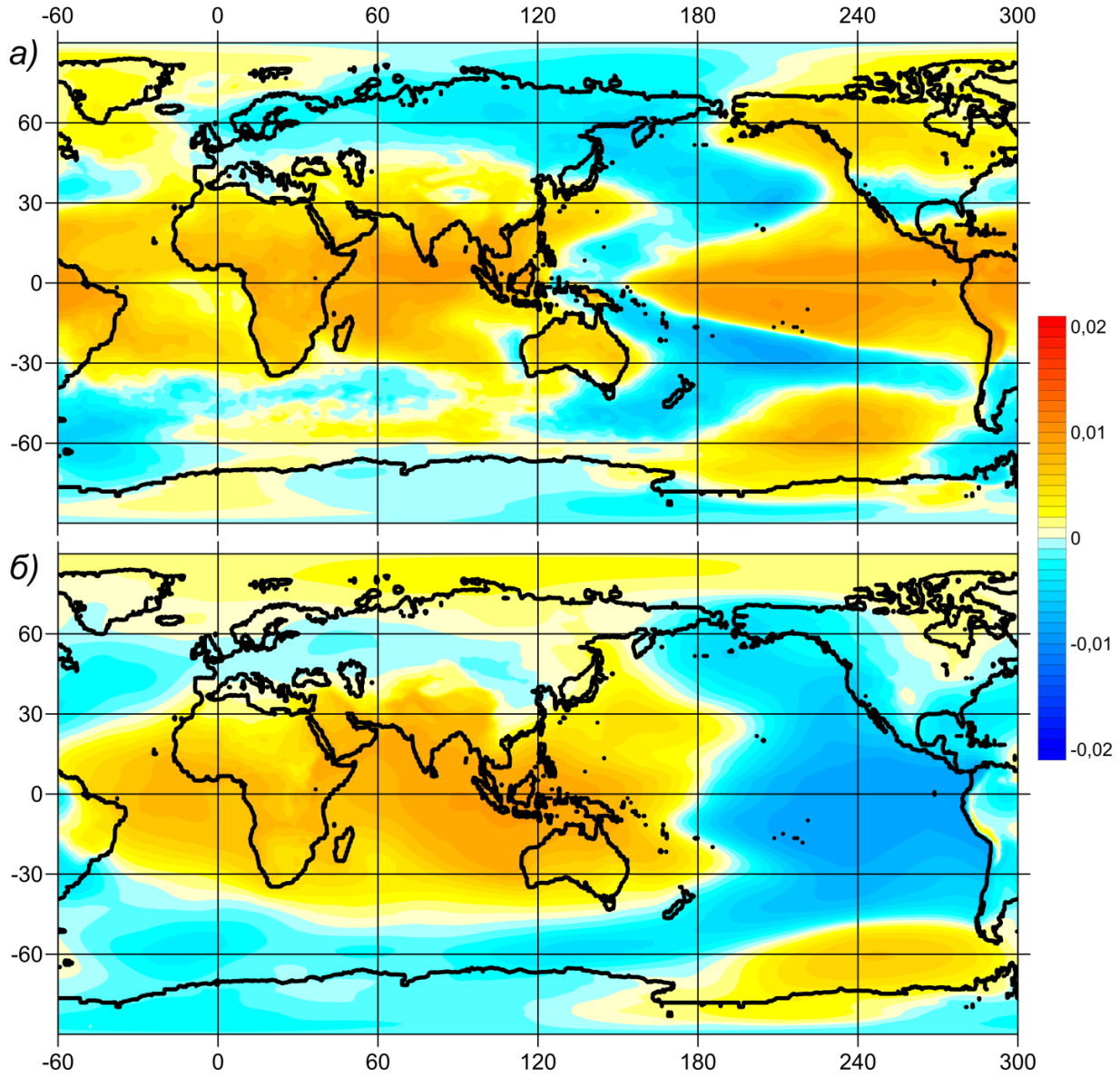
Средние аномалии ТПО для 35 Эль-Ниньо





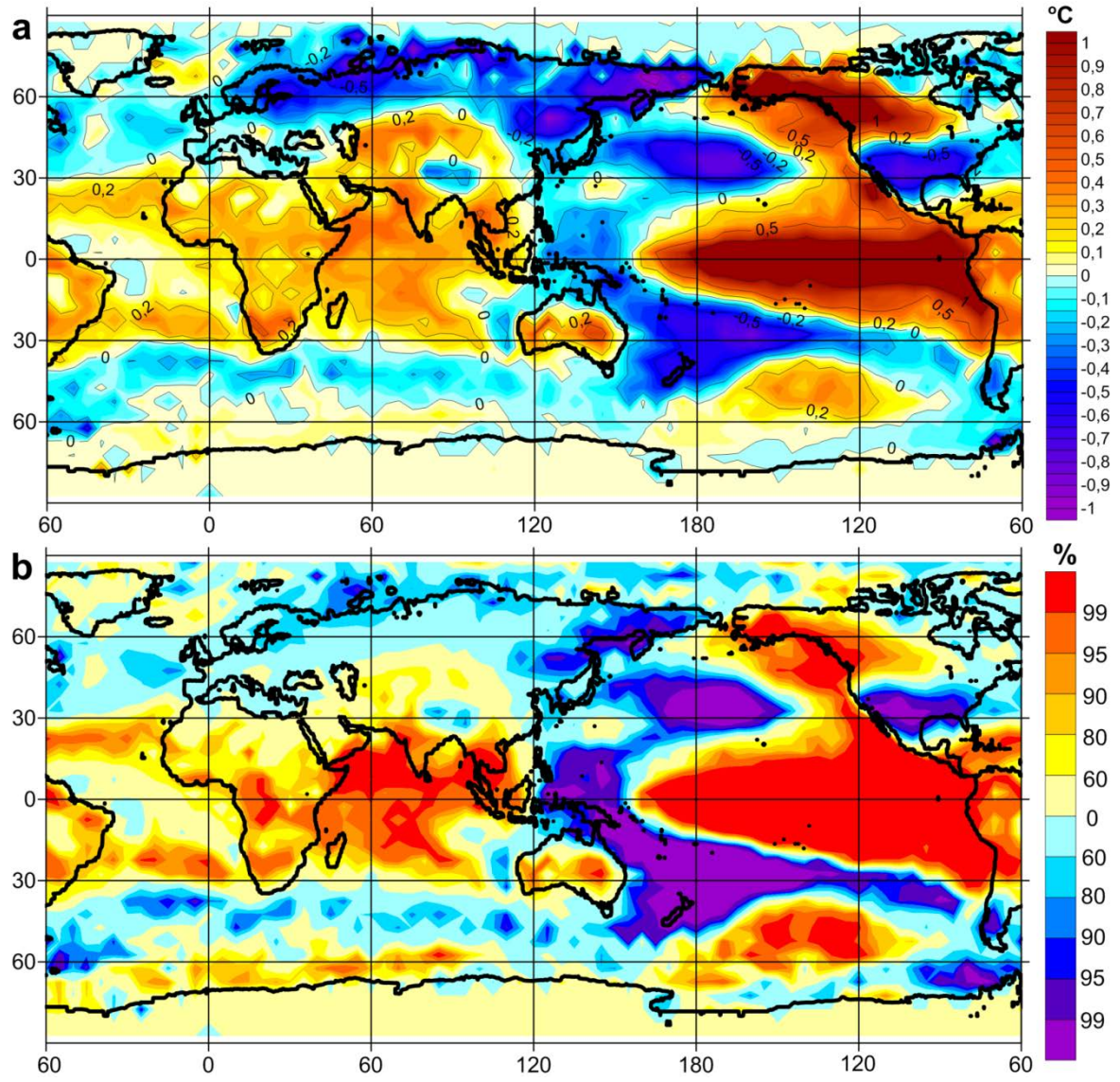
Средние аномалии ТПО для 32 Ла-Нинья

По данным COBE SST за 1891-2014 гг.



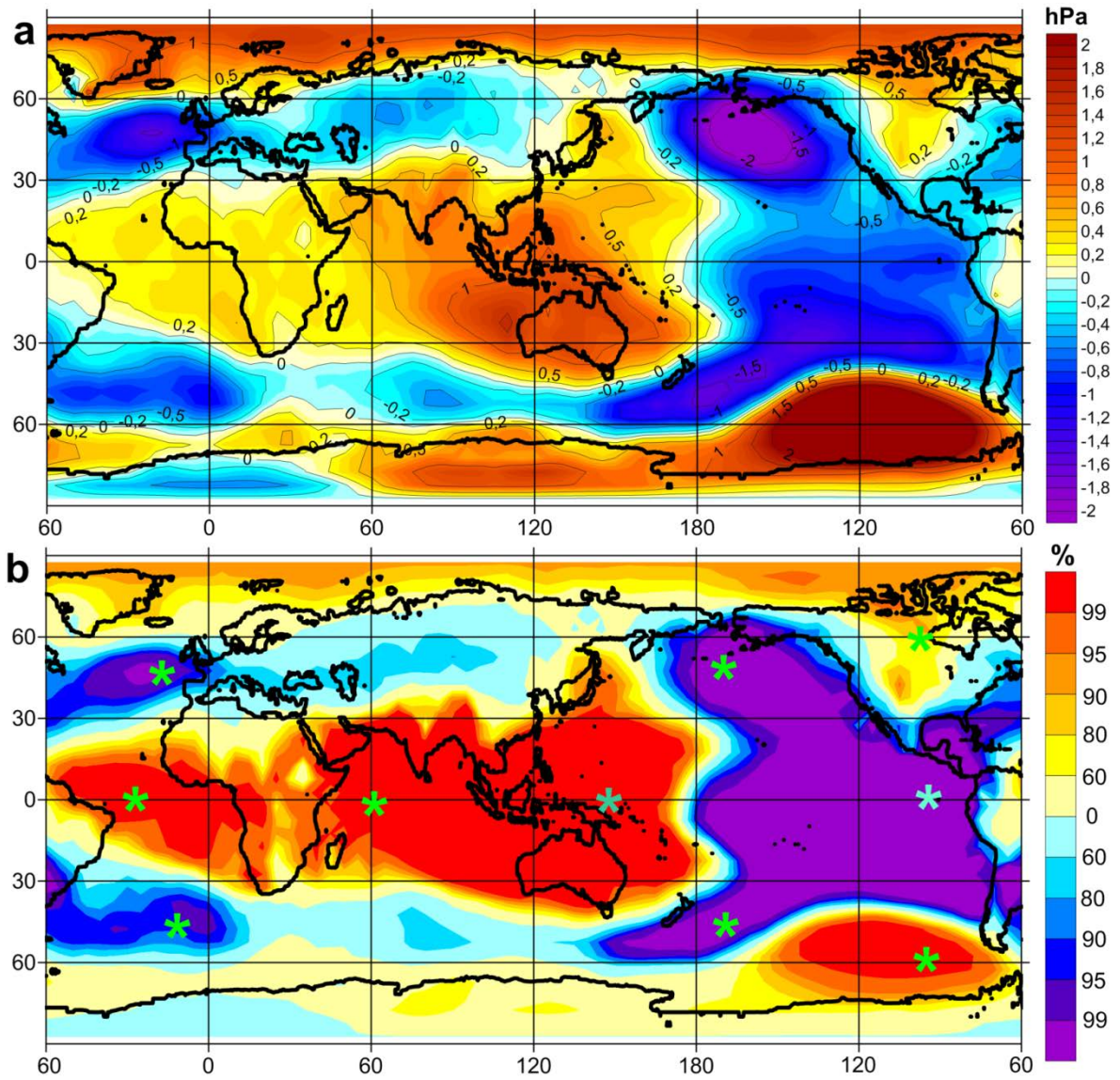
Поля первых главных компонент (PC1) изменчивости аномалий температуры воздуха на высоте 2 м от поверхности (а) и атмосферного давления на уровне моря (б) с полосовой фильтрацией 2-7 лет по данным 20CRv3 за 1900-2015 гг.

Амплитуда колебаний температуры у поверхности



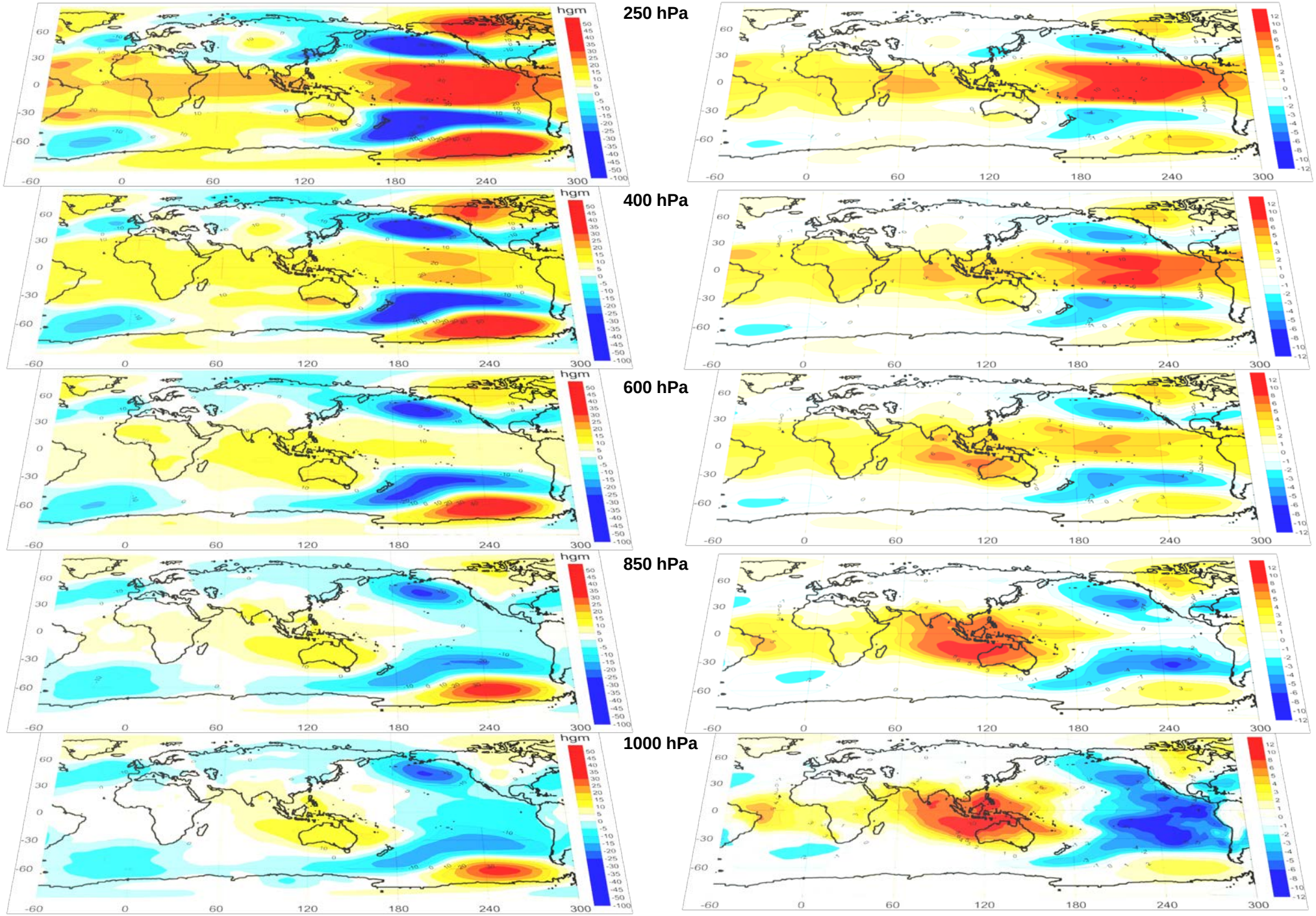
a) Поле разности аномалий приповерхностной температуры между средним Эль-Ниньо и средним Ла-Нинья по данным HadCRUT за 1920-2017 гг. b) Поле значений *t*-критерия Стьюдента для (a).

Амплитуда колебаний атмосферного давления



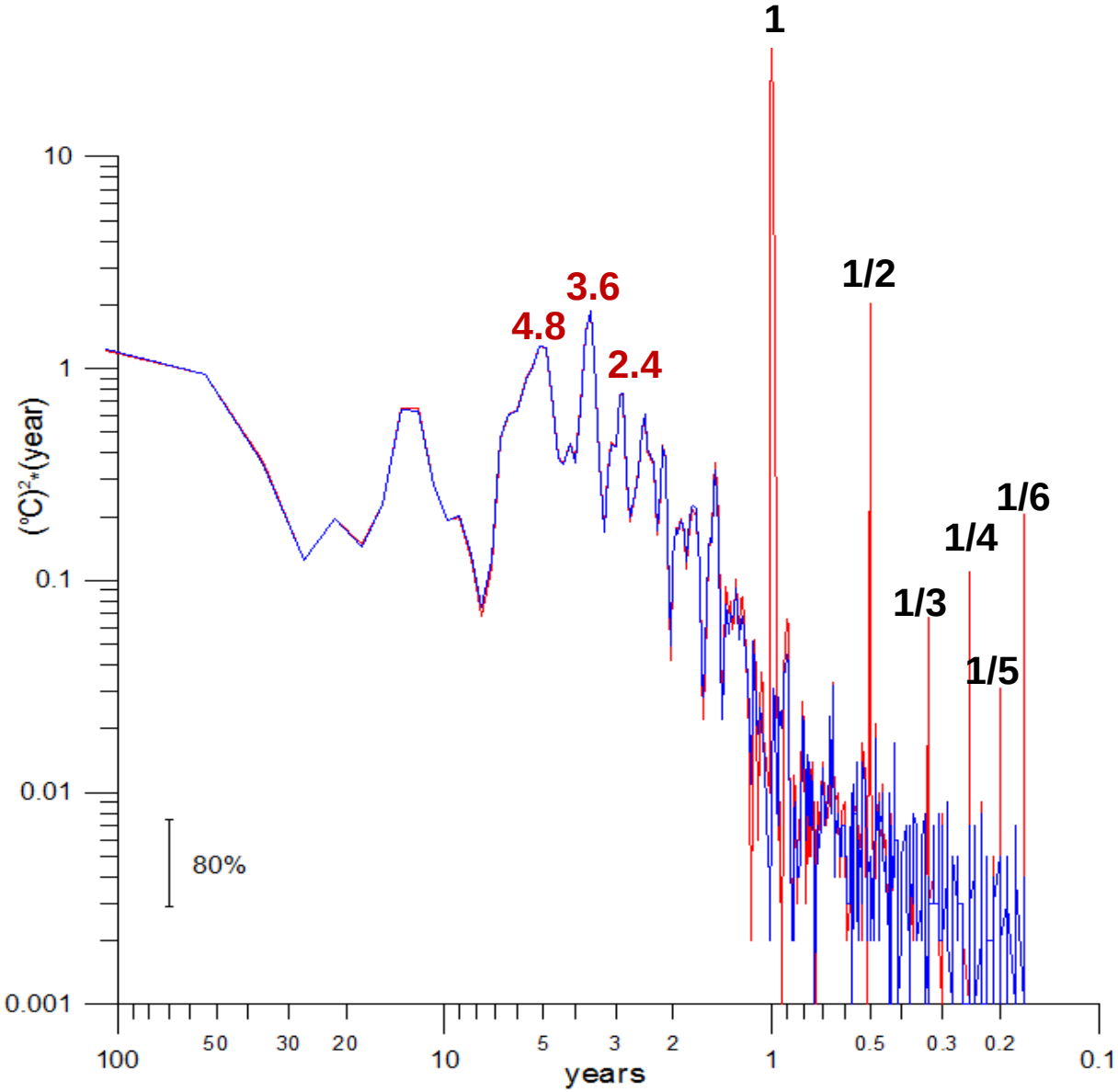
a) Поле разности аномалий атмосферного давления на уровне моря между средним Эль-Ниньо и средним Ла-Нинья по данным HadSLP2 за 1920-2017 гг. b) Поле значений *t*-критерия Стьюдента для (a). Звездочками отмечены регионы для расчета индекса Глобальной атмосферной осцилляции (ГАО).

Амплитуда колебаний геопотенциала в тропосфере



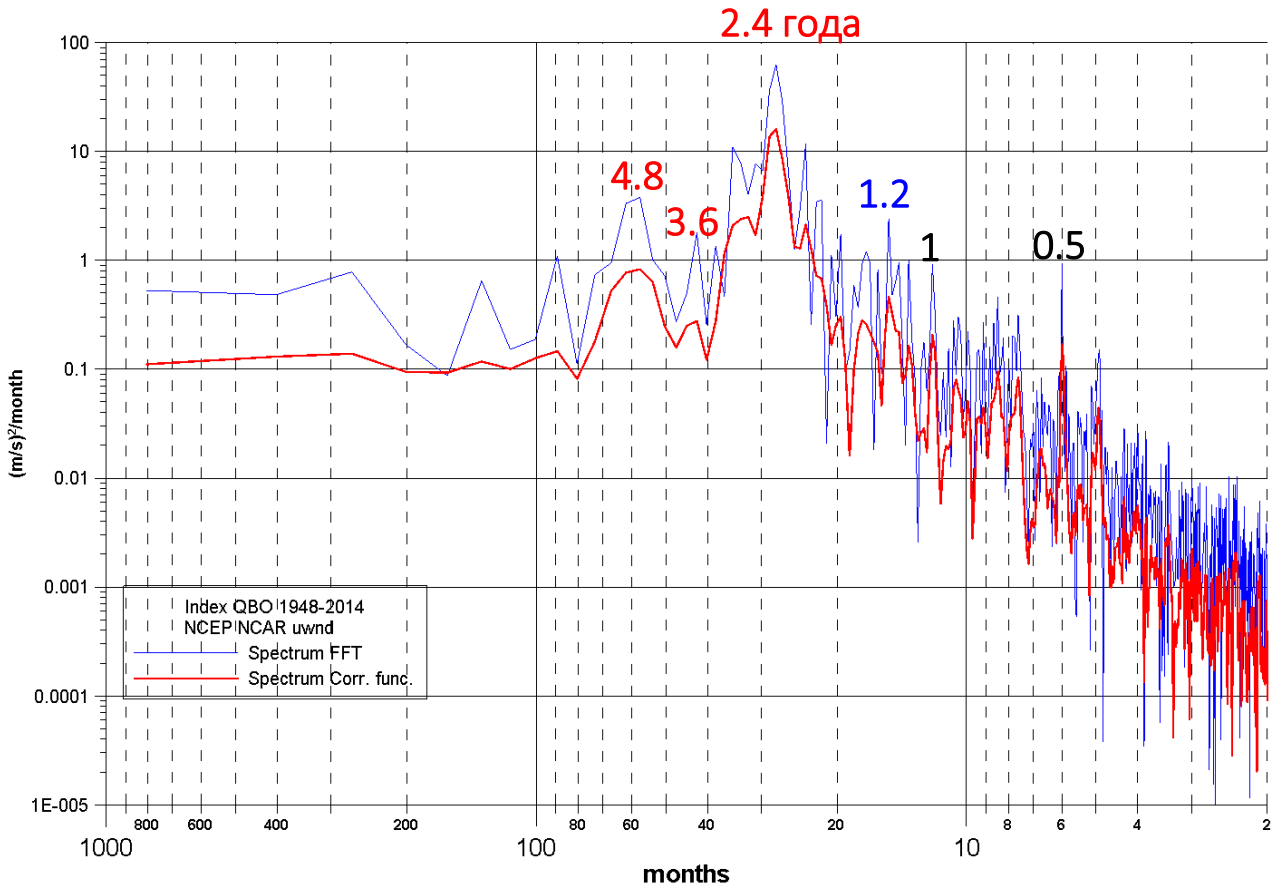
Поля разностей аномалий геопотенциала между 20 событиями Эль-Ниньо и 18 Ла-Нинья на разных уровнях геопотенциальной высоты по данным NCEP/NCAR за 1948-2012 гг. и значения *t*-критерия Стьюдента для них.

Периоды Эль-Ниньо – Южного колебания



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

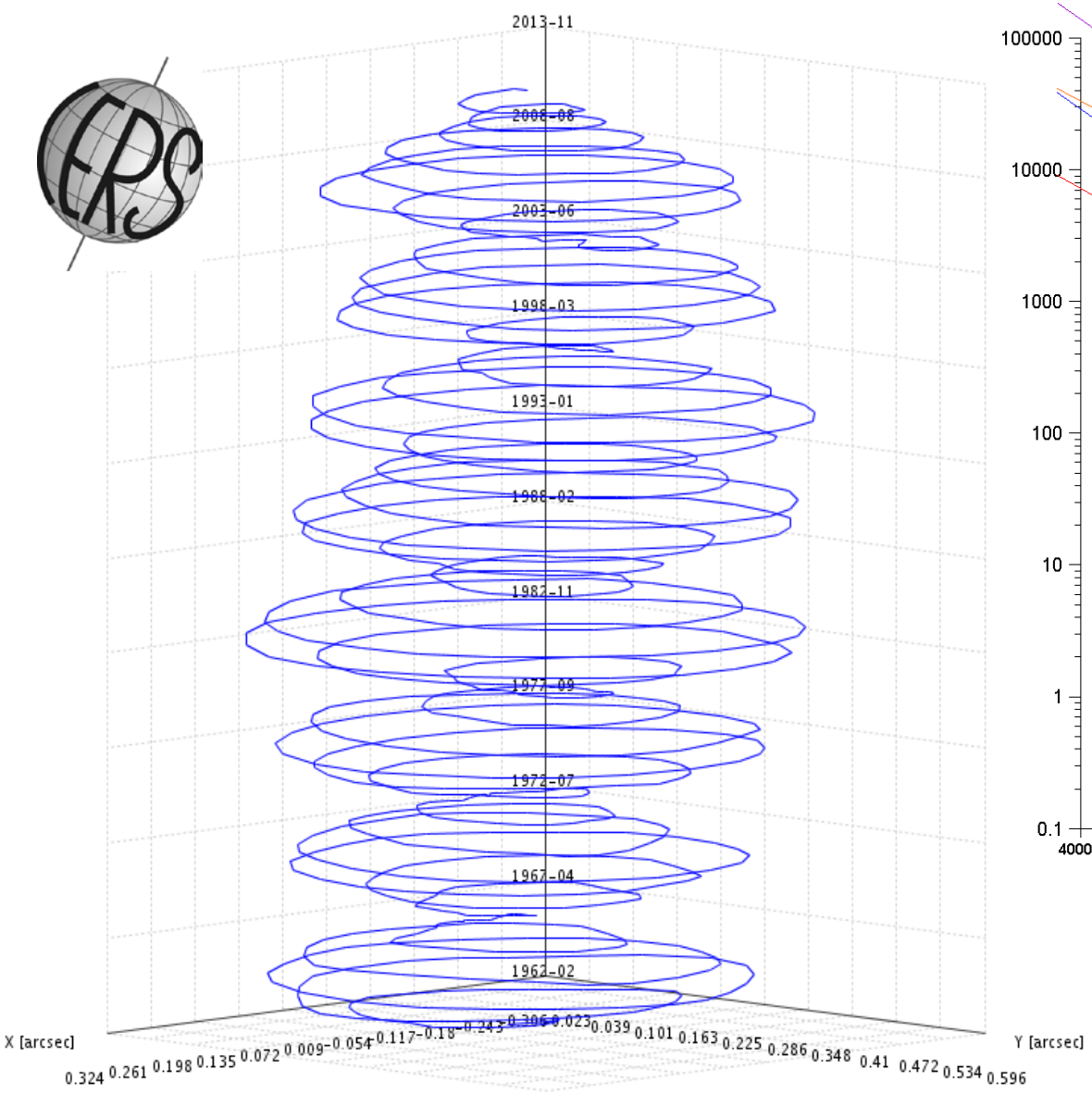
Квазидухлетнее колебание

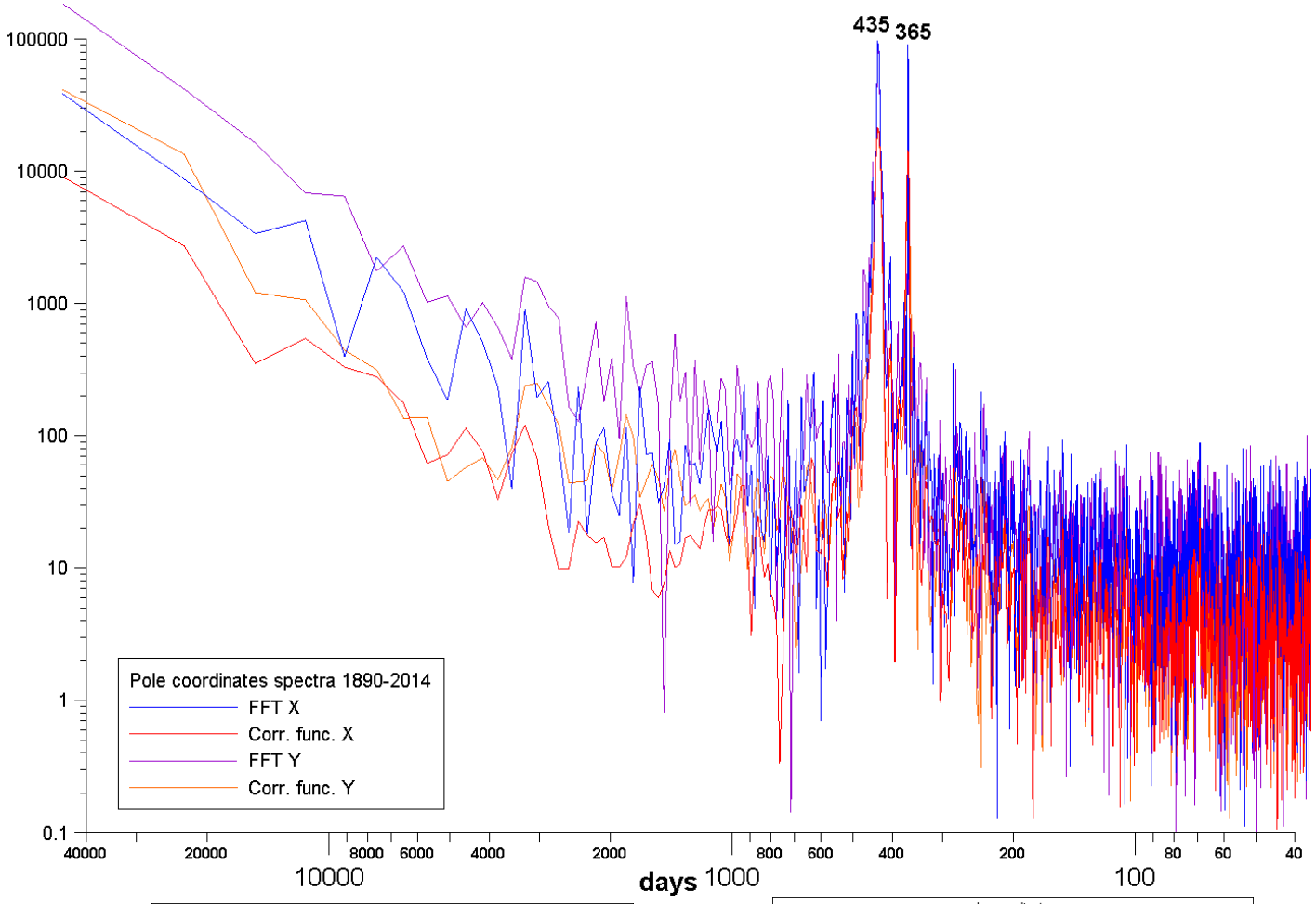


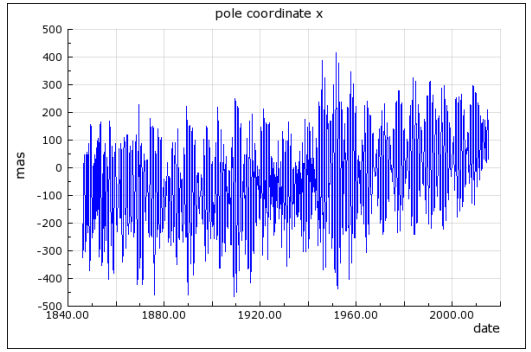
Спектры индекса квазидвухлетнего колебания (QBO) экваториального зонального ветра в нижней стратосфере (уровень 20 гПа), по данным NCEP/NCAR за 1950-2017 гг.

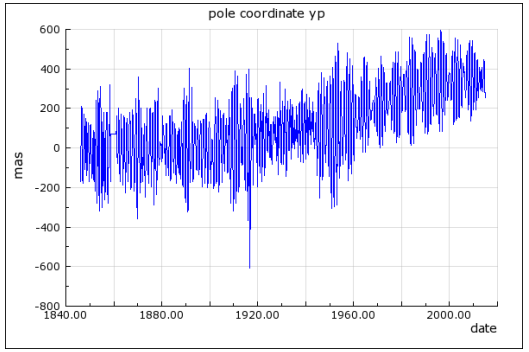
Главный пик 2.4 года = 2 * период чандлеровского колебания в движении полюсов Земли (1.2 года).

Чандлеровское колебание движения полюсов Земли









Данные IERS http://www.iers.org/

Полюсный прилив вызванный чандлеровским колебанием

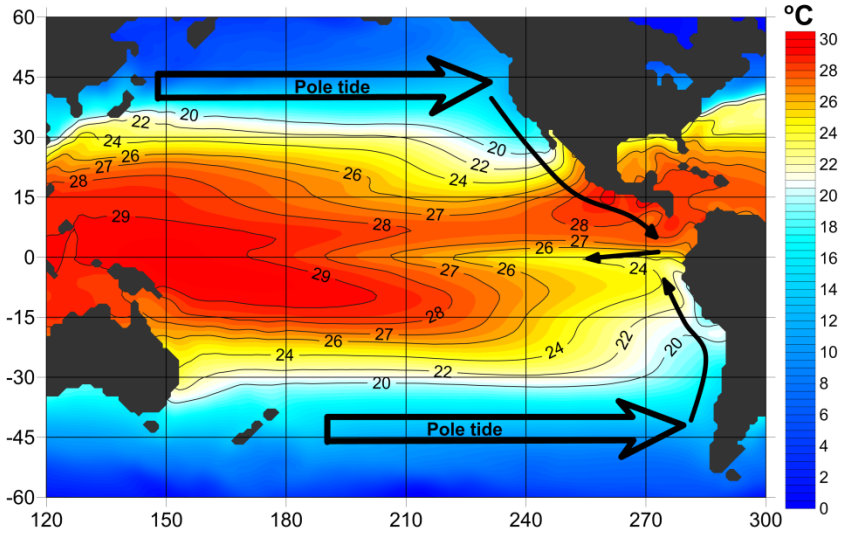
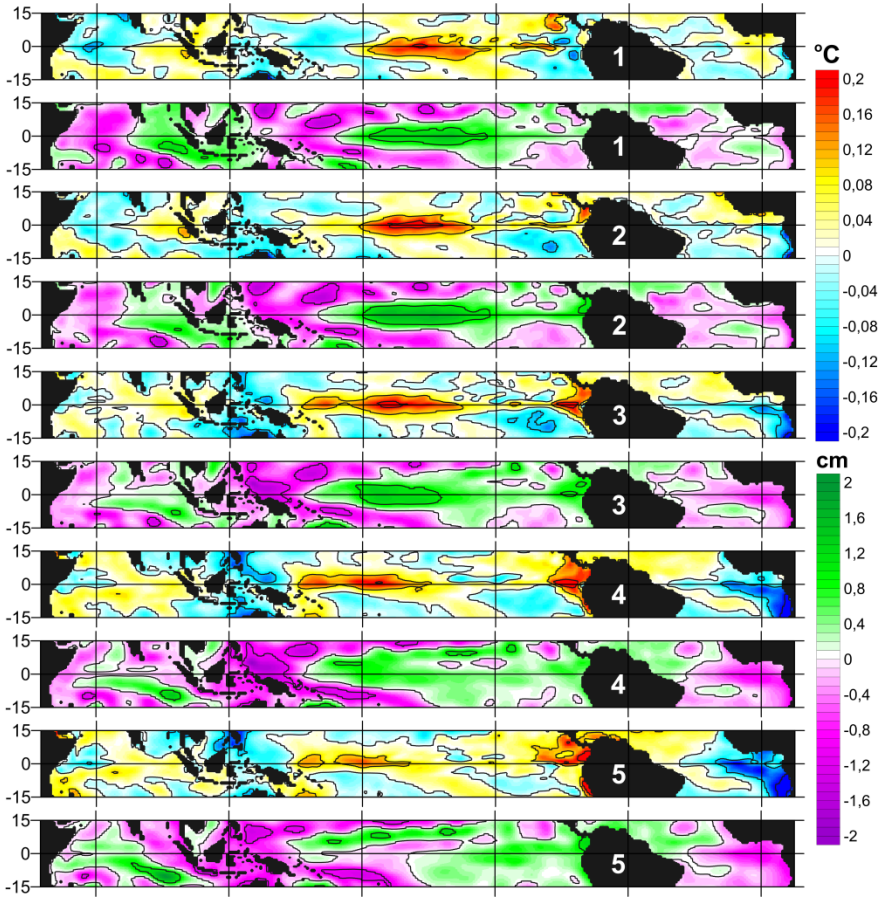
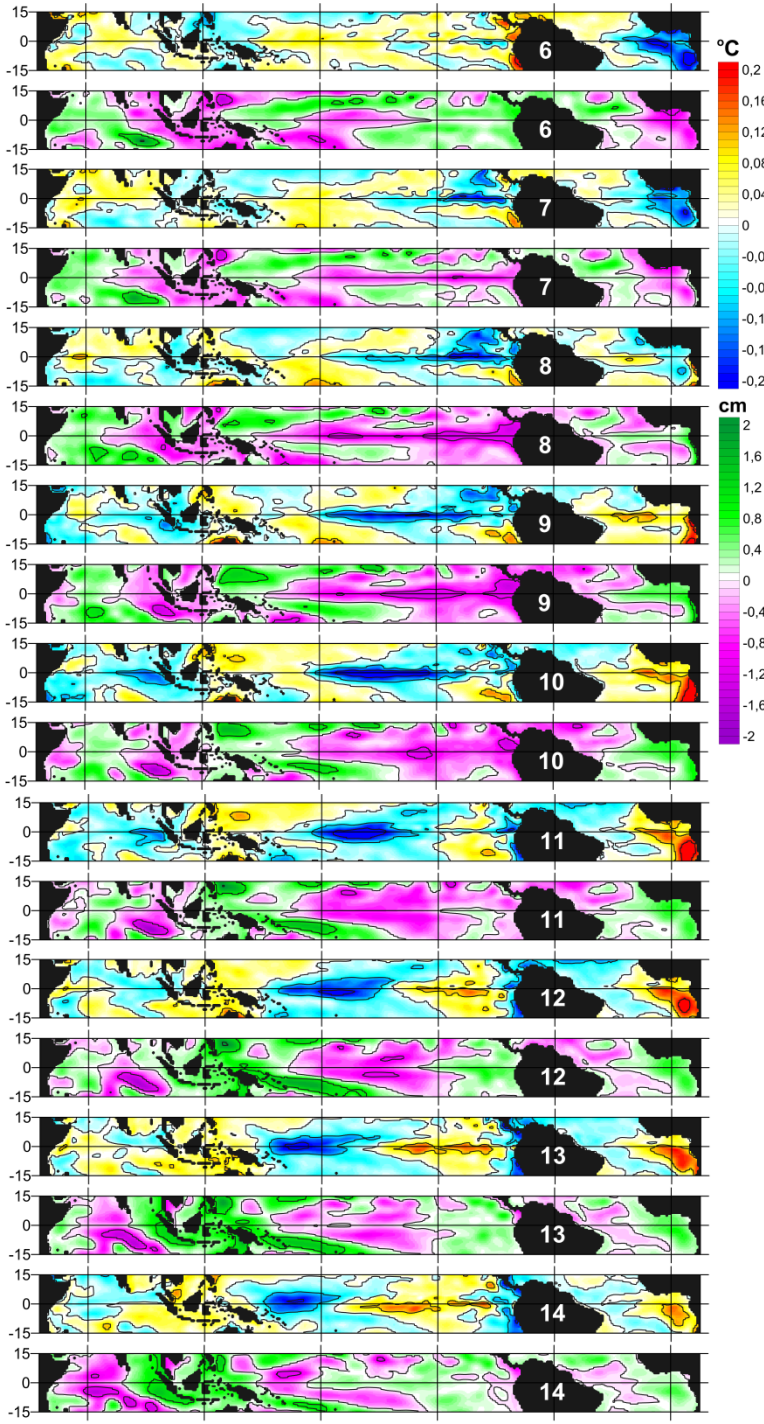


Схема того, как океанический полюсный прилив в Тихом океане может возбуждать Эль-Ниньо. В качестве фона показано поле среднегодовой температуры поверхности океана по данным NOAA OI SST за 1982-2017 гг.

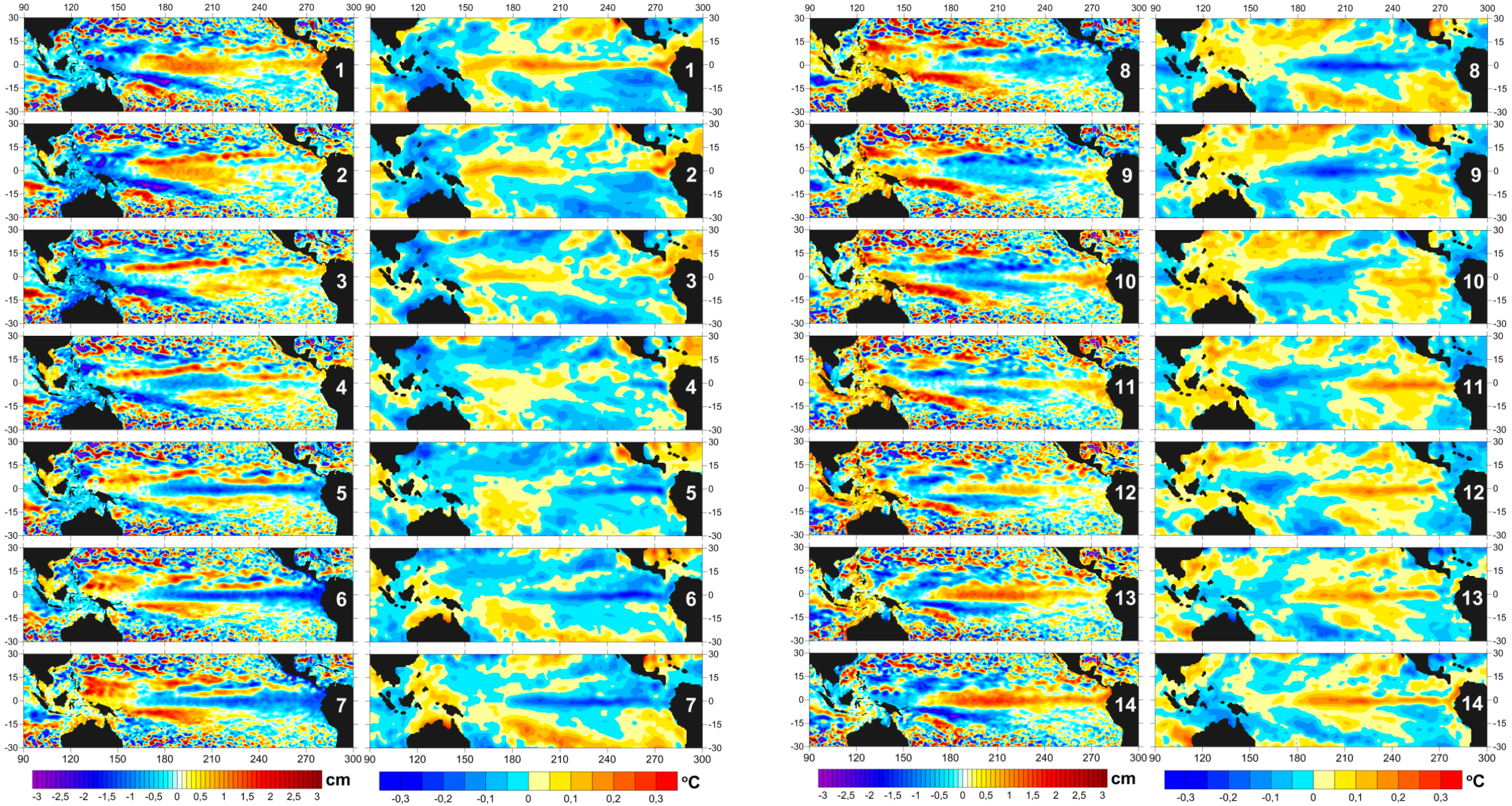
Полюсный прилив на экваторе

Средняя 14-месячная последовательность одновременных среднемесячных значений аномалий температуры воды (в отклонениях от средней температуры) на глубине 5 метров и аномалий высоты уровня поверхности океана (в отклонениях от средней высоты) по данным ECCO-V4r4 за 1997-2017 гг.





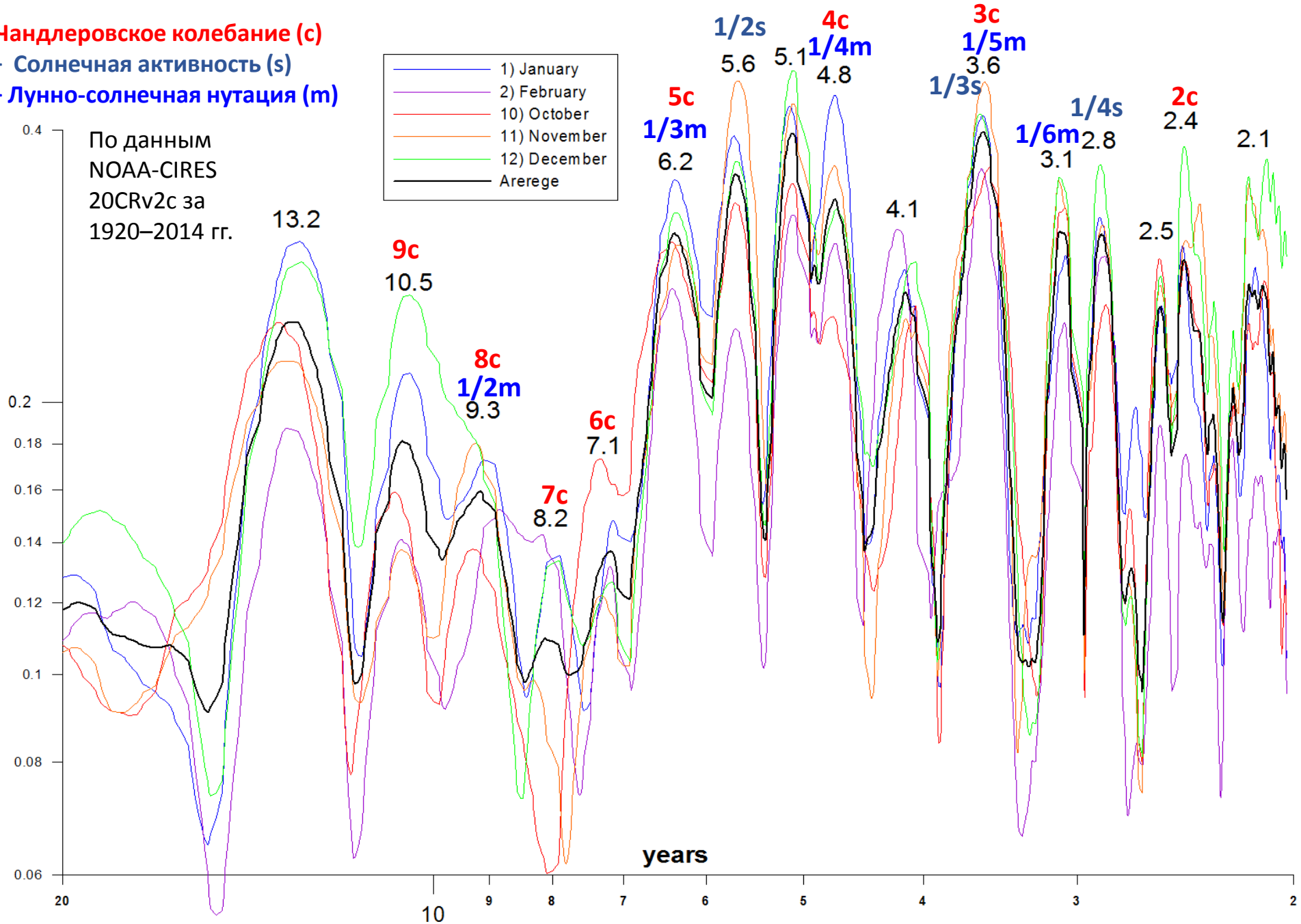
Полюсный прилив на экваторе

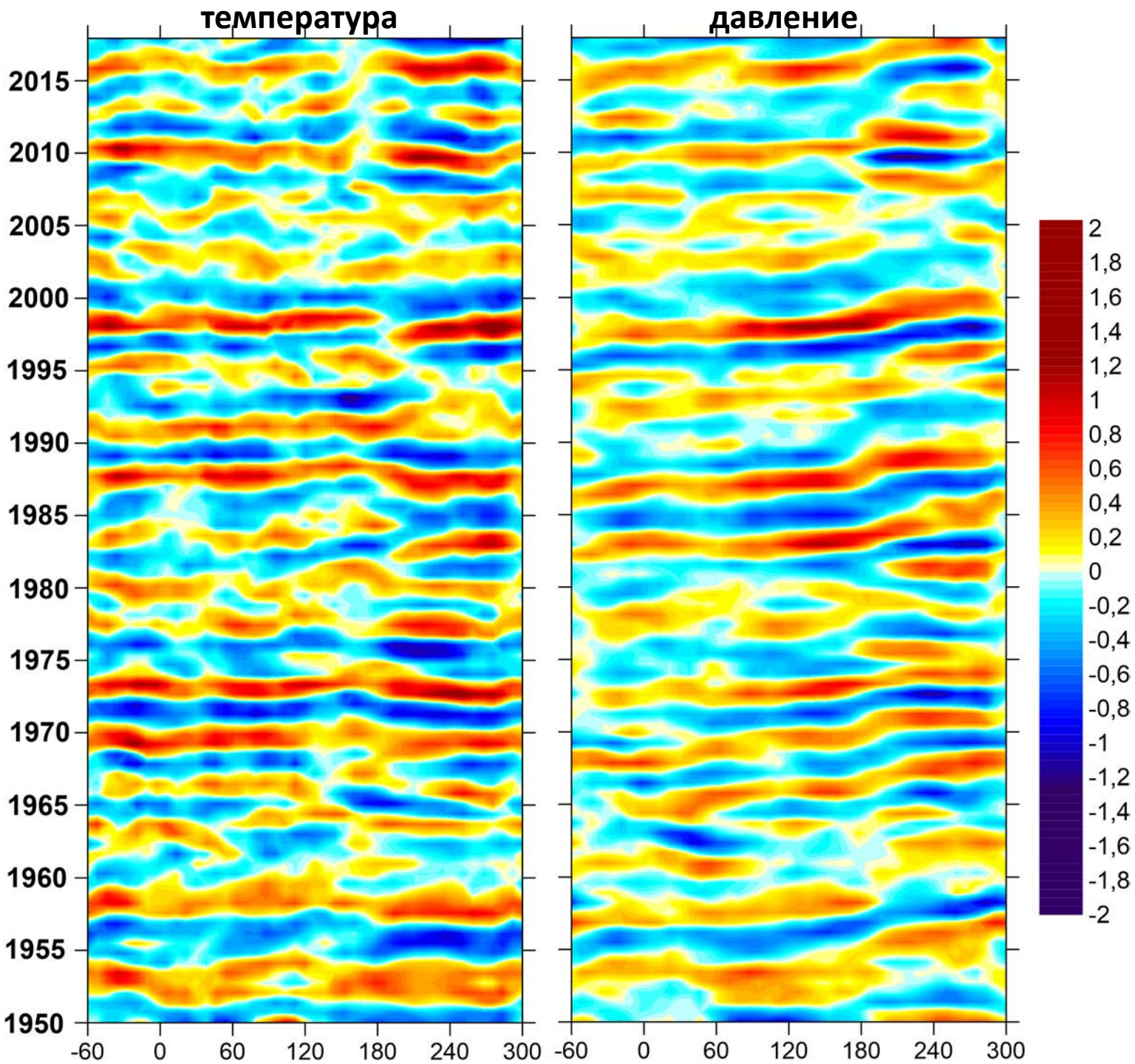


Поля среднемесячных аномалий уровня моря и аномалий температуры поверхности океана усредненной 14-месячной последовательности по данным AVISO и NOAA OI SST за 1997-2017 гг.

Детальный вид спектральных оценок индекса Эль-Ниньо

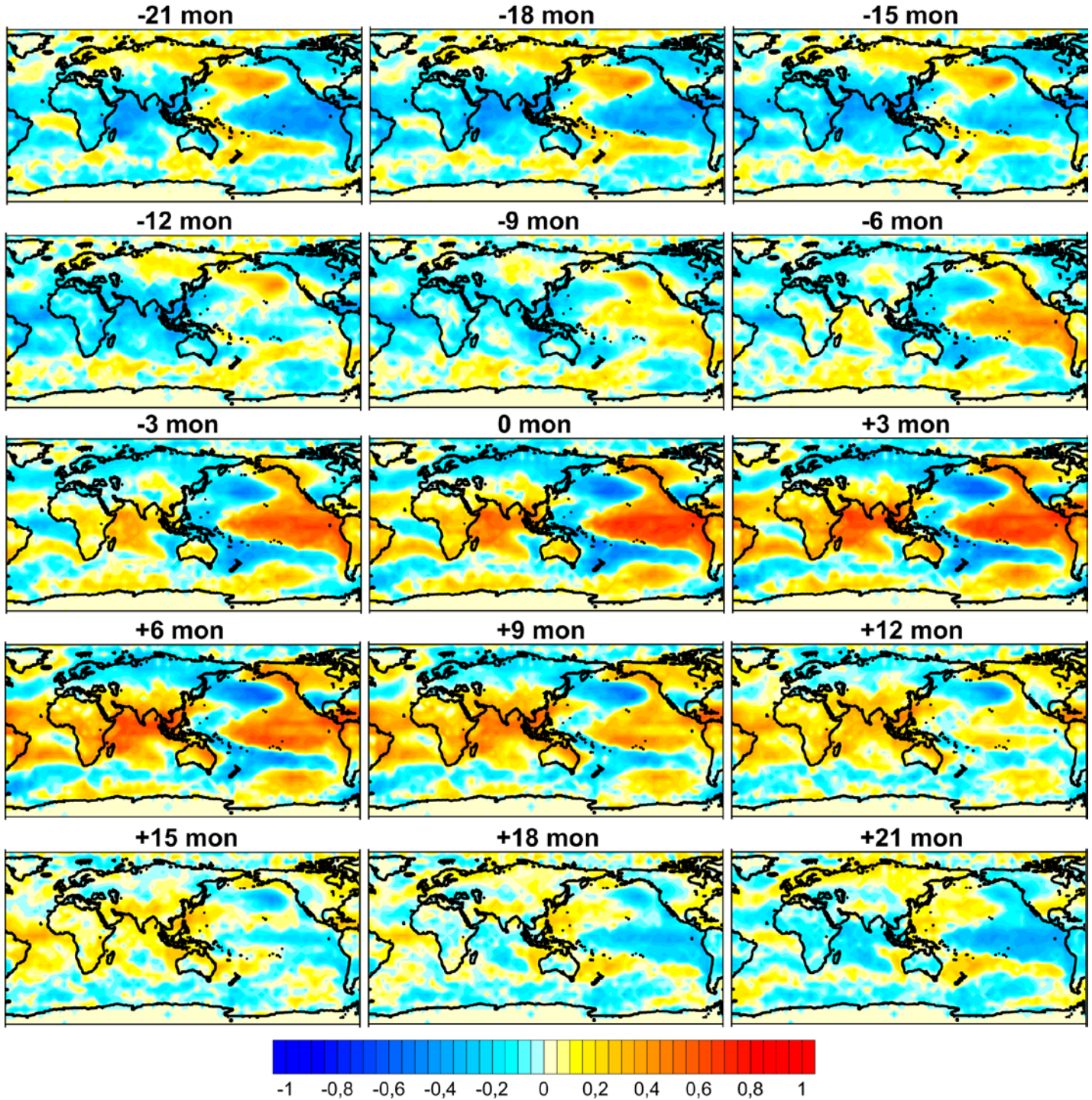
1.2 г. – Чандлеровское колебание (c)
11.2 г. – Солнечная активность (s)
18.6 г. – Лунно-солнечная нутация (m)





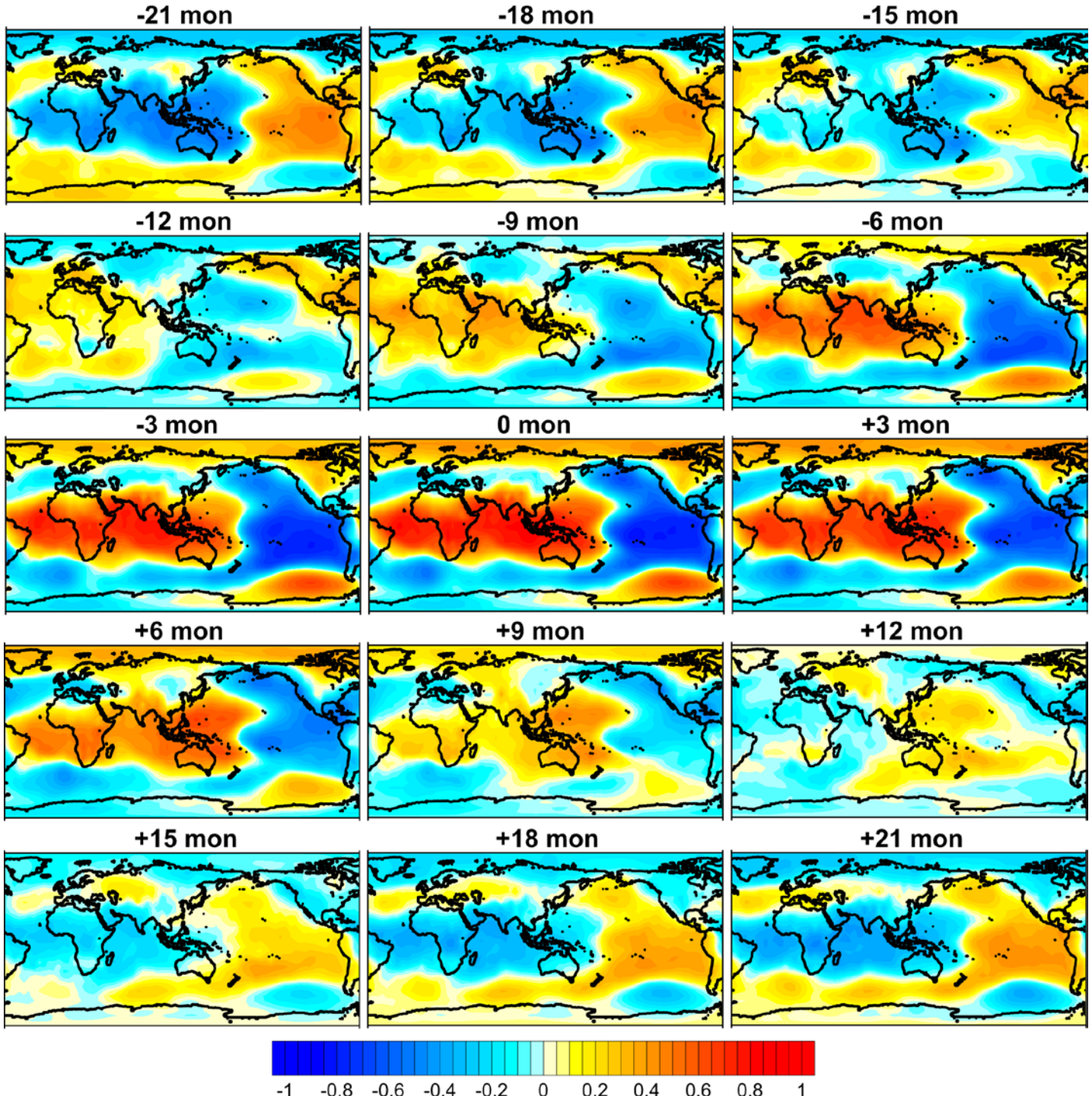
Динамика в тропиках

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



Динамика температуры

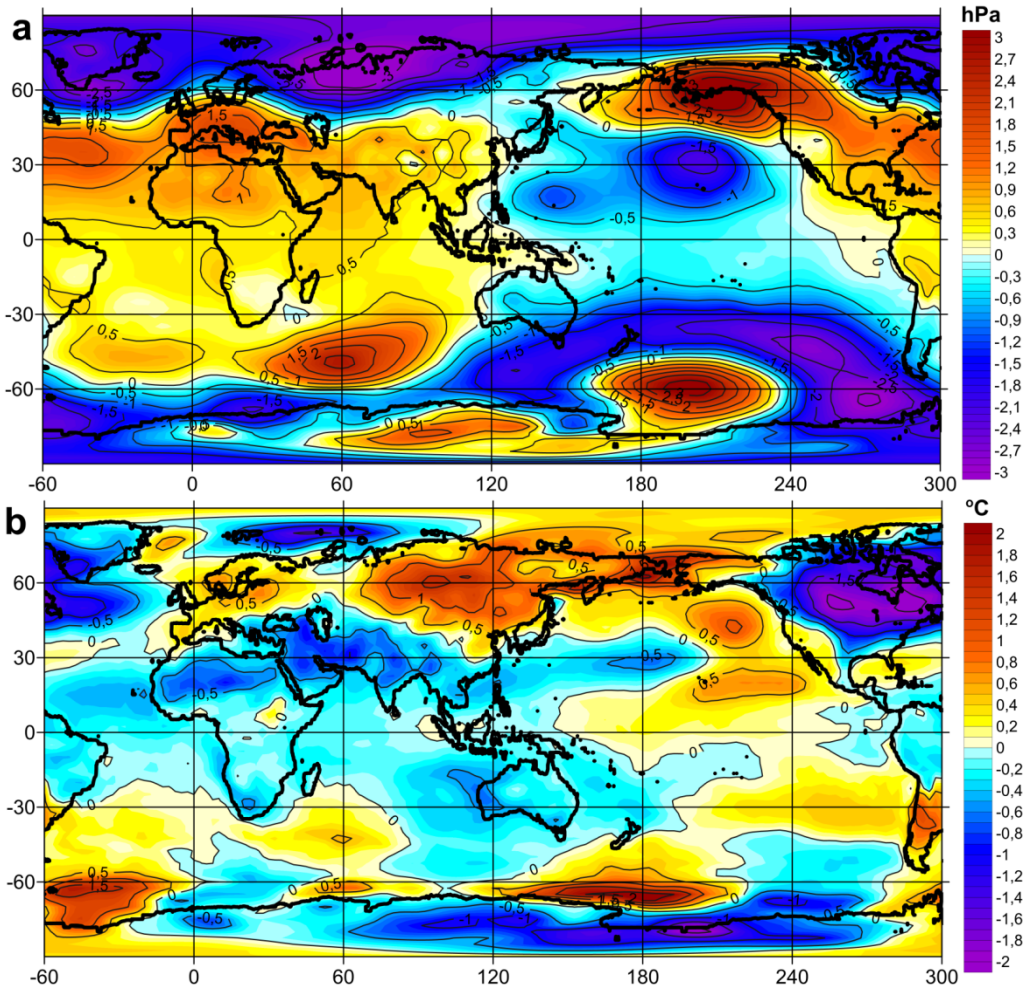
Последовательность полей кросс-корреляций между аномалиями приповерхностной температуры и внетропическим индексом Глобальной атмосферной осцилляции со сдвигами от -21 до +21 месяца по данным HadCRUT за период 1880-2017 гг.



Динамика давления

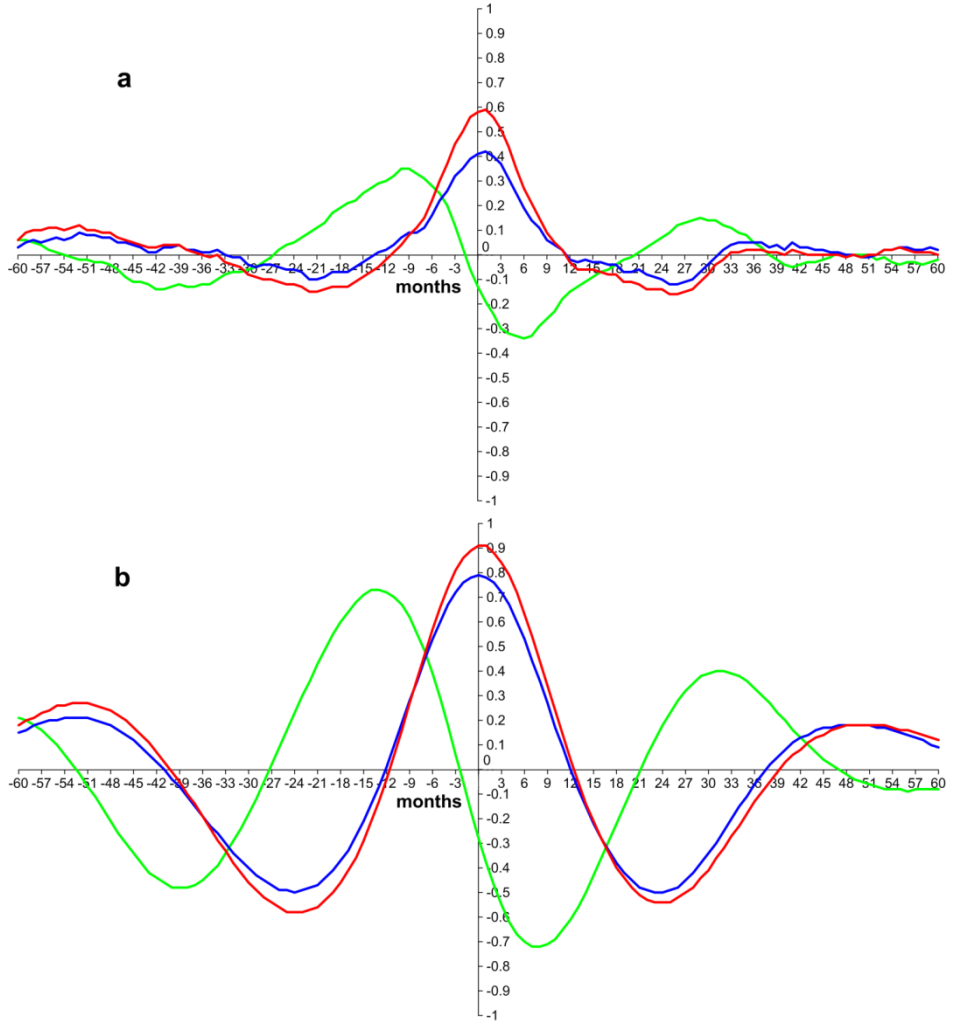
Последовательность полей кросс-корреляций между аномалиями атмосферного давления на уровне моря и внетропическим индексом Глобальной атмосферной осцилляции со сдвигами от -21 до +21 месяца по данным HadSLP2 за период 1880-2017 гг.

Предиктор Эль-Ниньо



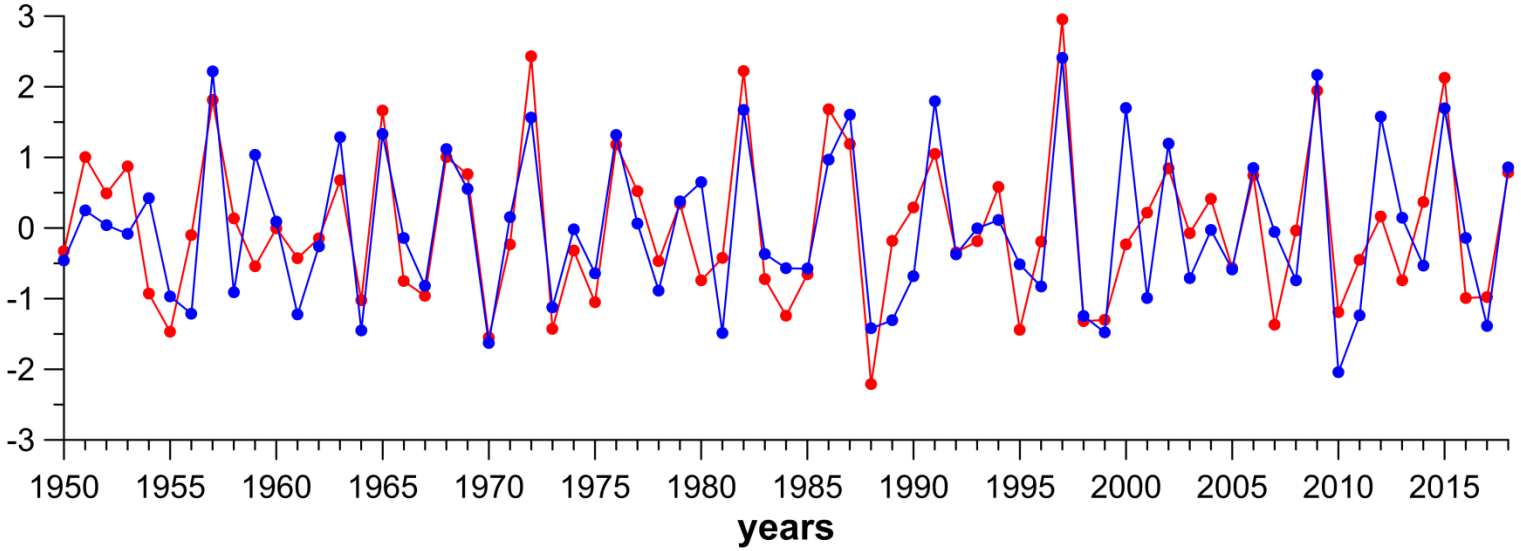
Средние поля аномалий давления на уровне моря (a) и приповерхностной температуры (b) за 12 месяцев до кульминации событий Эль-Ниньо. Когда пространственная структура Глобальной атмосферной осцилляции начинает переходить в противоположную фазу, то есть X -образная структура становится более похожей на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

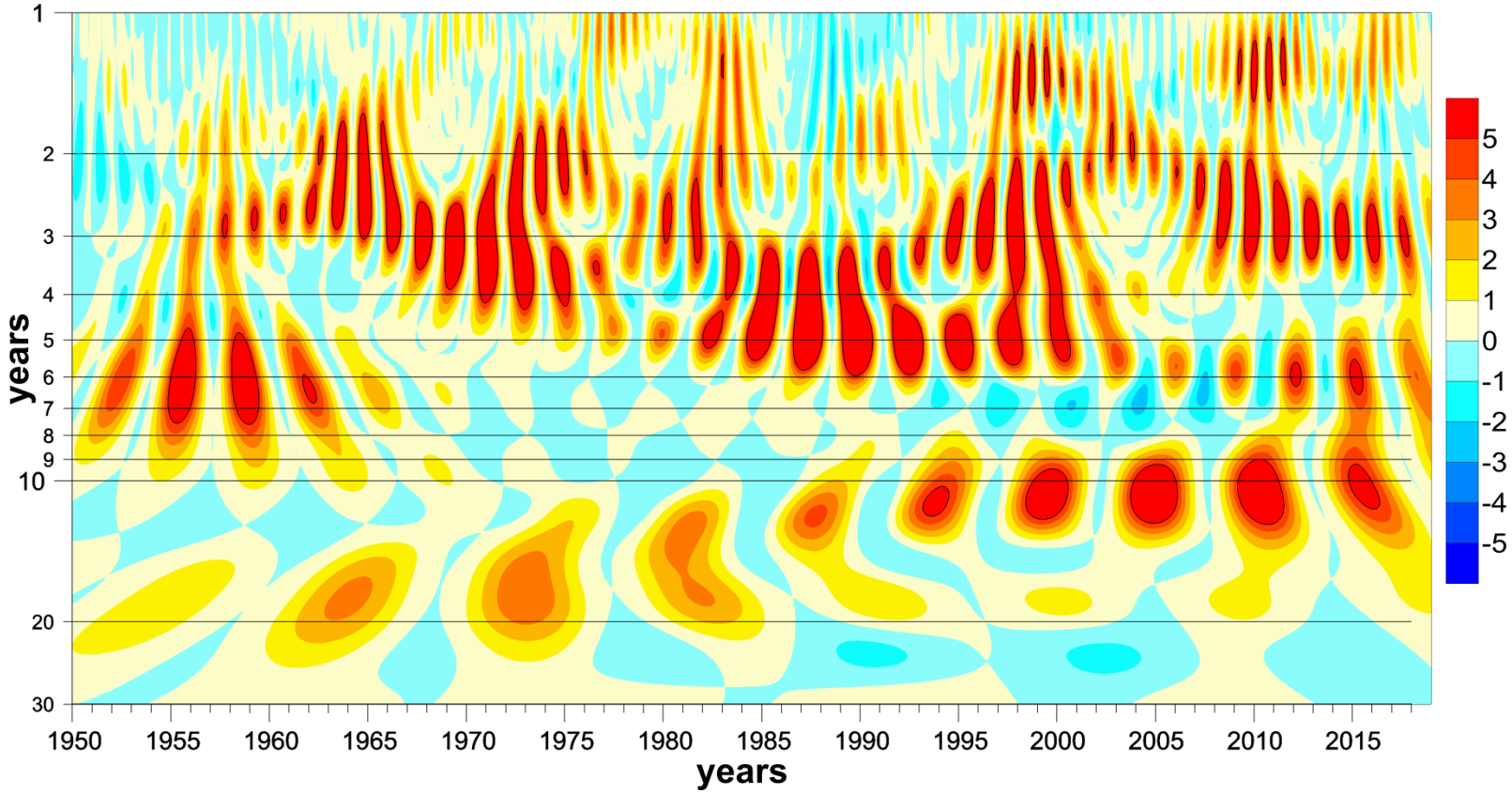
Кросс-корреляции



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 (a - временные ряды без фильтрации, b - после полосового фильтра 2–7 лет).

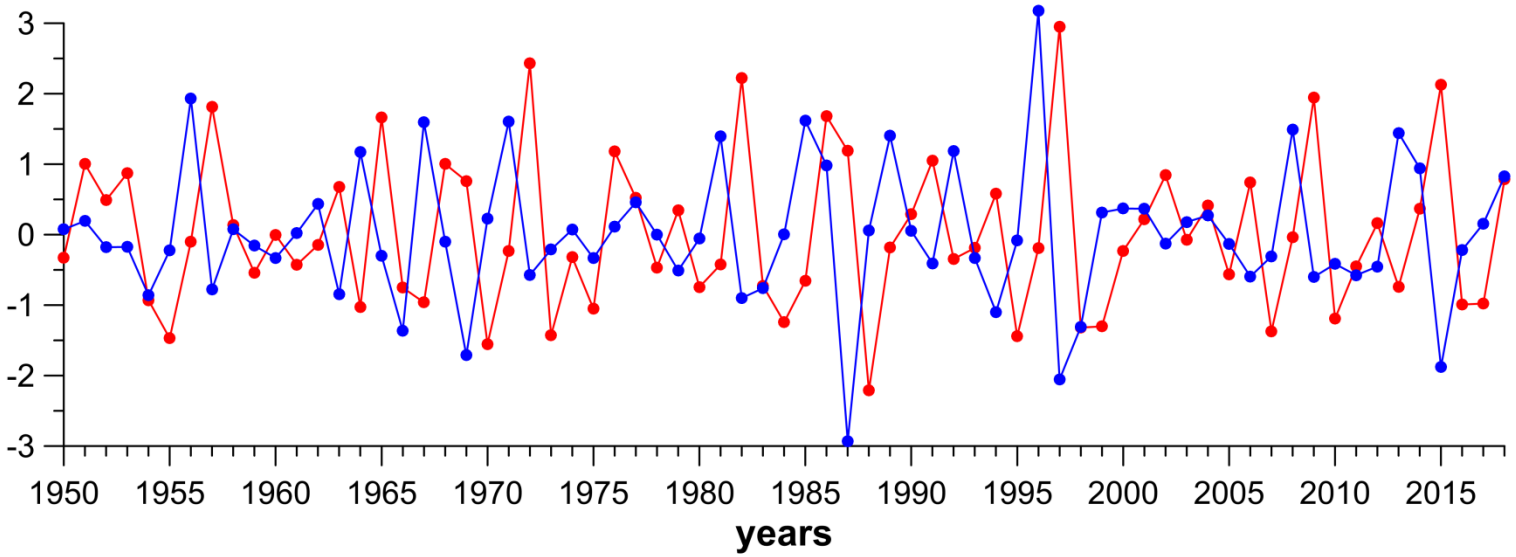
Внетропический индекс ГАО

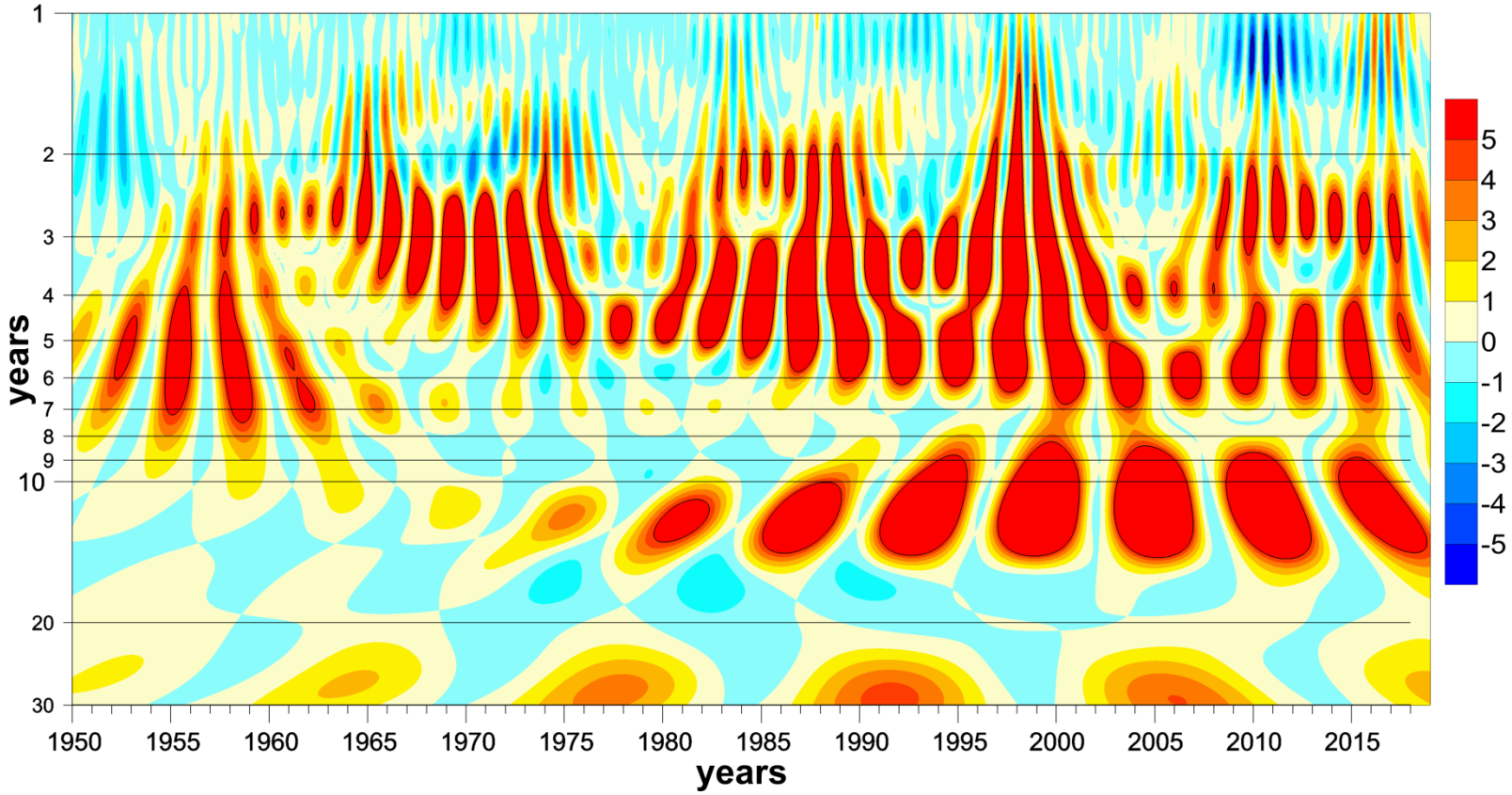




Графики океанического индекса Эль-Ниньо (ONI) (красный) и внетропического индекса ГАО (синий), после полосового фильтра 2-7 лет, центрированные и нормализованные на их стандартные отклонения, за декабрь 1950-2018 (вверху). Кросс-вейвлет-диаграмма этих индексов без фильтрации и для всех месяцев года (внизу).

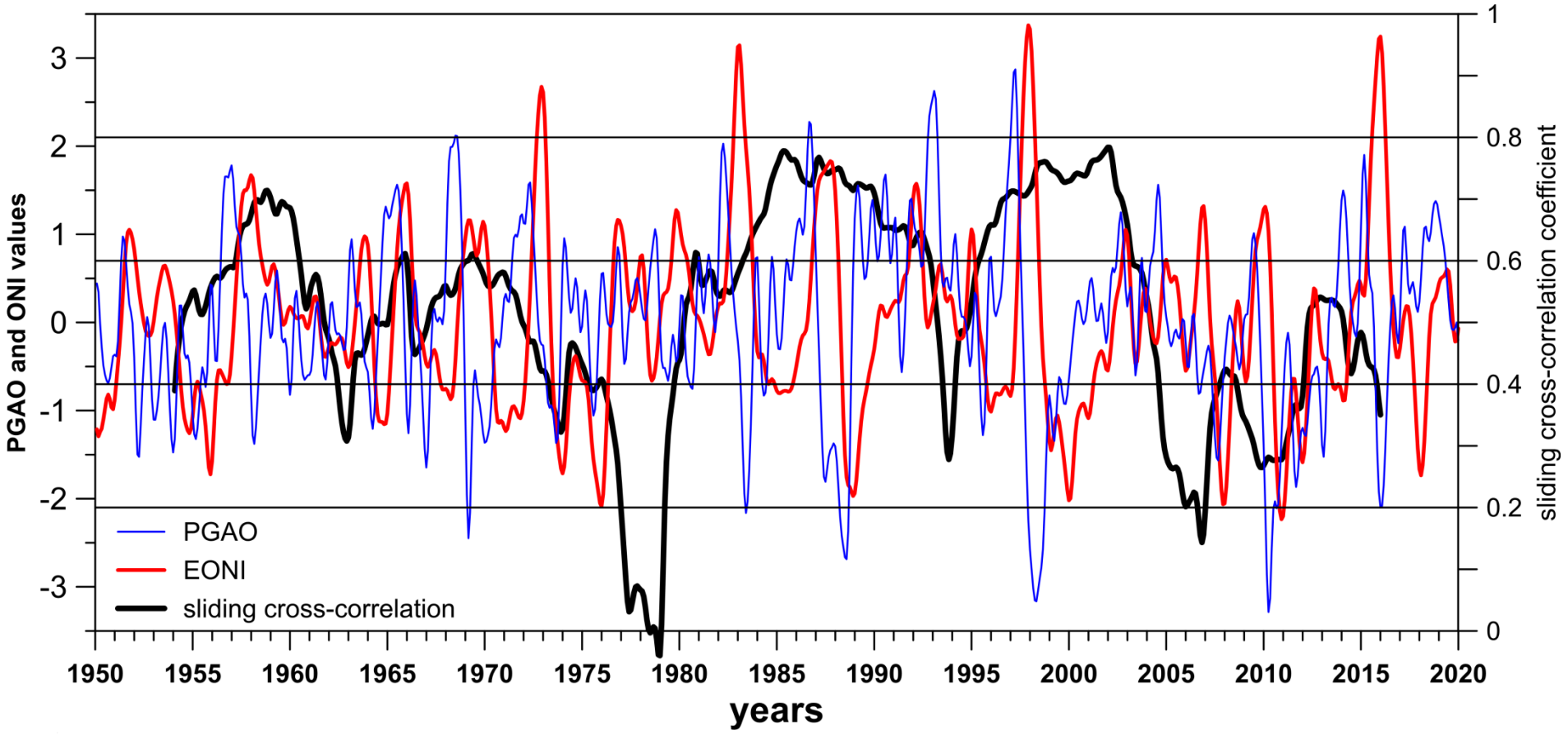
Предиктор Эль-Ниньо



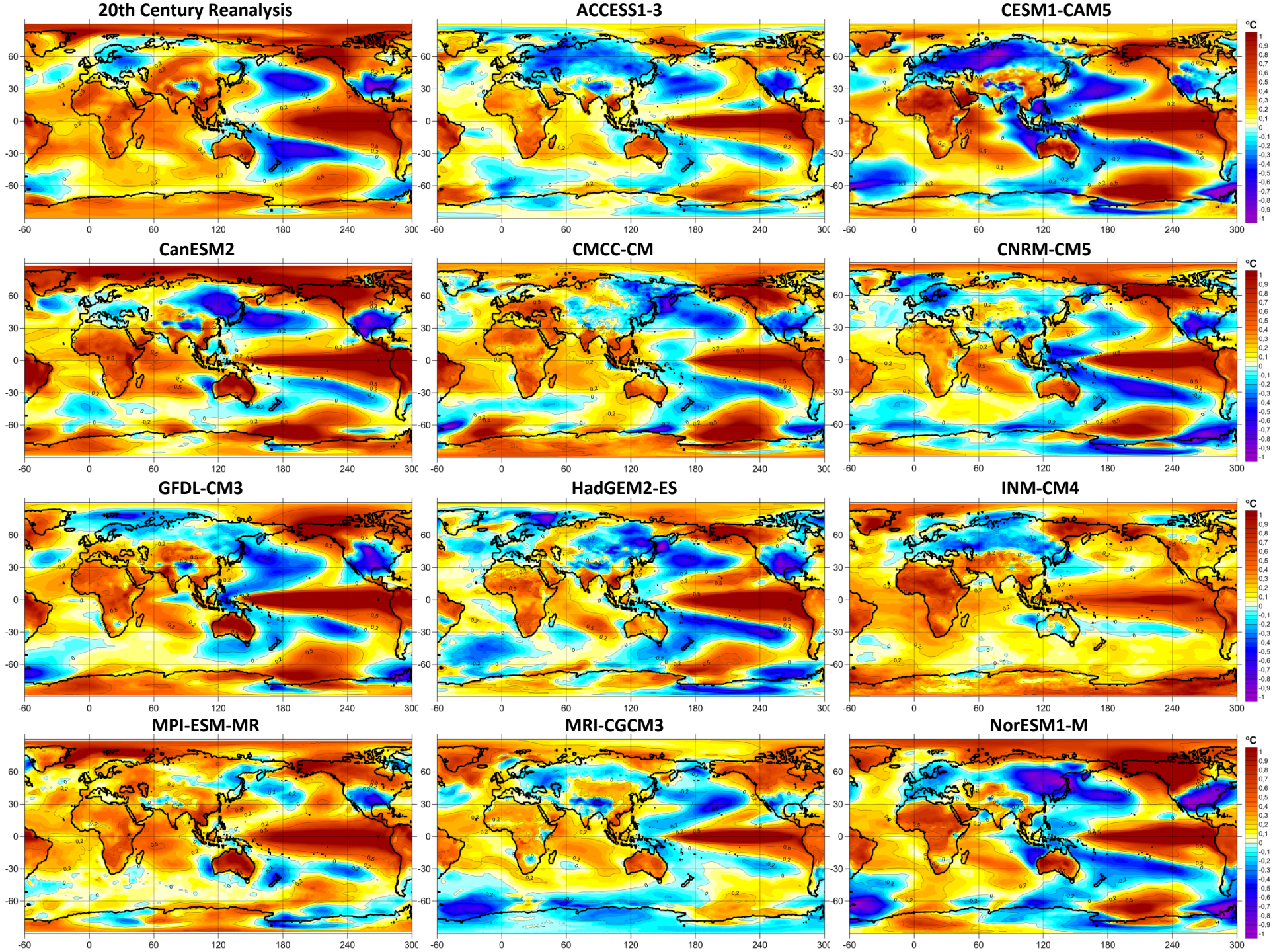


Графики океанического индекса Эль-Ниньо (ONI) (красный) и индекса-предиктора ГАО (синий), после полосового фильтра 2-7 лет, центрированные и нормализованные на их стандартные отклонения, за декабрь 1950-2018 (вверху). Кросс-вейвлет-диаграмма этих индексов без фильтрации и для всех месяцев года (внизу),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

Прогноз Эль-Ниньо на основе индекса-предиктора ГАО



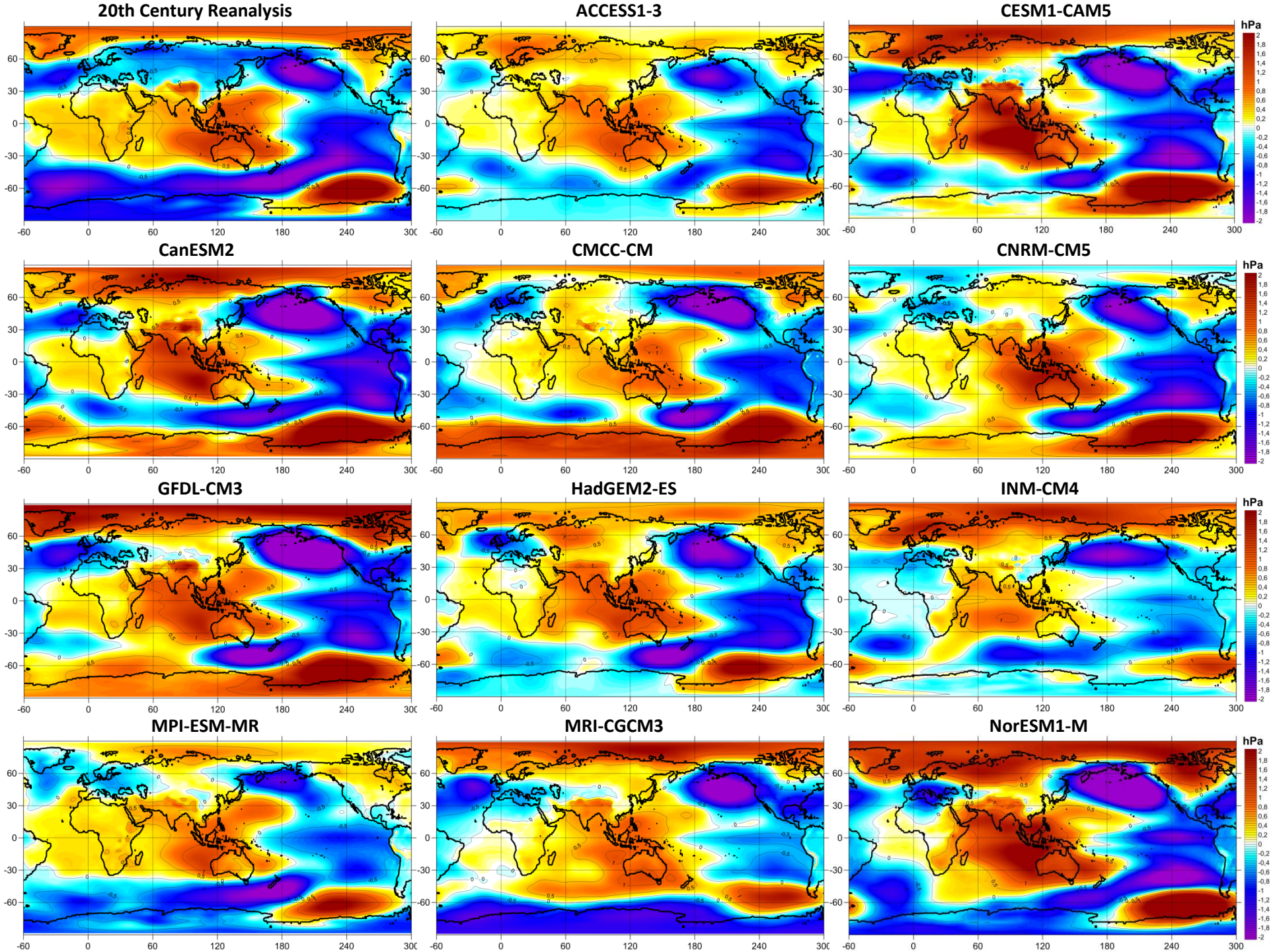
Графики Расширенного Океанического Индекса Эль-Ниньо (EONI) (красный) и индекса-предиктора Глобальной Атмосферной Осцилляции (PGAO) (синий), сглаженные 5-месячным скользящем средним, детрендированные, центрированные и нормализованные на их стандартные отклонения по данным NCEP/NCAR за период 1950-2019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



ГАО в моделях CMIP5

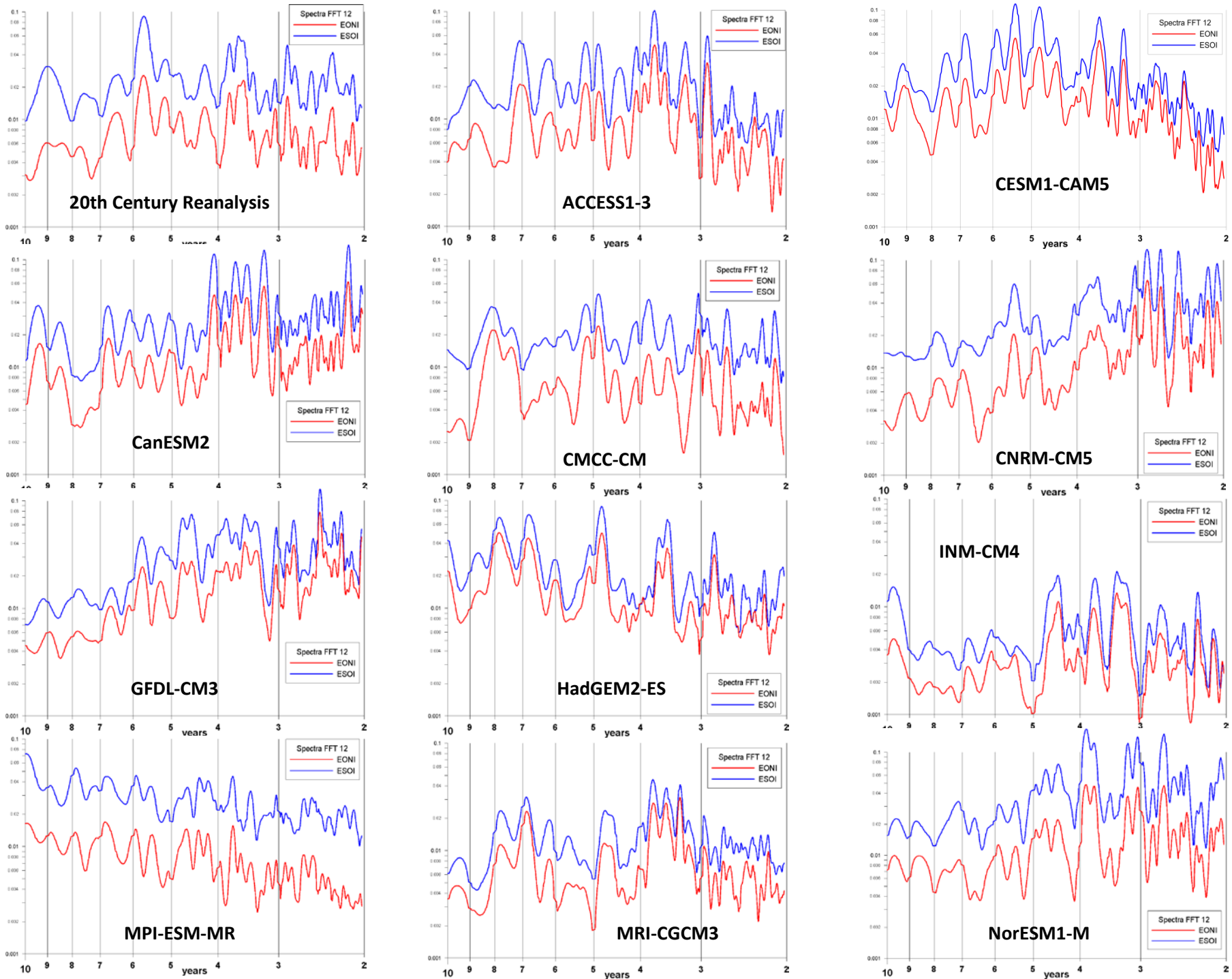
Поля разности аномалий приповерхностной температуры между средним Эль-Ниньо и средним Ла-Нинья по данным реанализа 20CRv2 и моделей CMIP5.

ГАО в моделях CMIP5



Поля разности аномалий атмосферного давления между средним Эль-Ниньо и средним Ла-Нинья по данным реанализа 20CRv2 и моделей CMIP5.

ГАО в моделях CMIP5



Спектры индексов Эль-Ниньо – Южного колебания по данным реанализа 20CRv2 и моделей CMIP5.

Заключения

- Показано, что Эль-Ниньо и Ла-Нинья являются региональными элементами положительной и отрицательной фаз планетарной волны – Глобальной атмосферной осцилляции (ГАО).
- На основании исследования различных данных установлено, что временная изменчивость ГАО - Эль-Ниньо обусловлена 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.
- 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.
- 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.

Список публикаций по теме доклада

1. Serykh I.V., Sonechkin D.M. El Niño – Global Atmospheric Oscillation as the main mode of interannual climate variability. **Atmosphere**. 2021. Vol. 12. No. 11. 1443.
2. Серых И.В. О роли Эль-Ниньо – Глобальной атмосферной осцилляции в межгодовой изменчивости гидрометеорологических процессов. **Гидрометеорология и экология**. 2021. № 63. С. 329–370.
3. Serykh I.V., Sonechkin D.M. El Niño forecasting based on the global atmospheric oscillation. **International Journal of Climatology**. 2021. Vol. 41. P. 3781–3792.
4. Serykh I.V., Sonechkin D.M. Interrelations between temperature variations in oceanic depths and the Global atmospheric oscillation. **Pure and Applied Geophysics**. 2020. Vol. 177. No. 12. P. 5951–5967.
5. Serykh I.V., Sonechkin D.M. Nonchaotic and globally synchronized short-term climatic variations and their origin. **Theoretical and Applied Climatology**. 2019. Vol. 137. No. 3. P. 2639–2656.
6. Serykh I.V., Sonechkin D.M., Byshev V.I., Neiman V.G., Romanov Yu.A. Global Atmospheric Oscillation: An Integrity of ENSO and Extratropical Teleconnections. **Pure and Applied Geophysics**. 2019. Vol. 176. No. 8. P. 3737–3755.
7. Серых И.В. О динамике и структуре Глобальной атмосферной осцилляции в климатических моделях и реальности. **Океанологические исследования**. 2018. Т. 46. № 1. С. 14-28.
8. Вакуленко Н.В., Серых И.В., Сонечкин Д.М. Хаос и порядок в атмосферной динамике. Часть 3. Предсказуемость Эль-Ниньо. **Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика**. 2018. Т. 26. № 4. С. 75-94.
9. Серых И.В., Сонечкин Д.М., Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А. Глобальная атмосферная осцилляция в тропосфере и нижней стратосфере. **Системы контроля окружающей среды**. 2018. № 13(33). С. 70-78.
10. Neiman V.G., Byshev V.I., Romanov Yu.A., Serykh I.V. The Global atmosphere oscillations in the context of the recent climate change. The Ocean in Motion. Circulation, Waves, Polar Oceanography. 2018. **Springer International Publishing**. Chapter 22. pp 349-360.
11. Серых И.В., Сонечкин Д.М. Хаос и порядок в атмосферной динамике. Часть 1. Хаотические вариации погоды. **Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика**. 2017. Т. 25. No 4. С. 4-22.
12. Серых И.В., Сонечкин Д.М. Хаос и порядок в атмосферной динамике. Часть 2. Междугодовые ритмы Эль-Ниньо – Южного колебания. **Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика**. 2017. Т. 25. No 5. С. 5-25.
13. Серых И.В., Сонечкин Д.М. Сопоставление временных энергетических спектров индексов Эль-Ниньо – Южного колебания и глобальных полей температуры и атмосферного давления в приповерхностном слое. **Фундаментальная и прикладная климатология**. 2017. Т. 2. С. 144-155.
14. Серых И.В., Сонечкин Д.М. О проявлениях движений полюсов Земли в ритмах Эль-Ниньо – Южного колебания. **Доклады Академии наук (ДАН)**. 2017. Т. 472. № 6. С. 716-719.
15. Серых И.В., Сонечкин Д.М. О влиянии полюсного прилива на Эль-Ниньо. **Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса**. 2016. Т. 13. № 2. С. 44-52.
16. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В., Сонечкин Д.М. О статистической значимости и климатической роли Глобальной атмосферной осцилляции. **Океанология**. 2016. Т. 56. № 2. С. 179-185.
17. Бышев В.И., Нейман В.Г., Пономарев В.И., Романов Ю.А., Серых И.В., Цурикова Т.В. Роль Глобальной Атмосферной Осцилляции в формировании климатических аномалий Дальневосточного региона России. **Доклады Академии наук (ДАН)**. 2014. Т.458. № 1. С. 92-96.
18. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. Глобальные атмосферные осцилляции в динамике современного климата. **Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса**. 2014. Т. 11. № 1. С. 62-71.
19. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. Эль-Ниньо как следствие глобальной осцилляции в динамике климатической системы Земли. **Доклады Академии наук (ДАН)**. 2012. Т.446. № 1. С. 89-94.
20. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О глобальном характере явления Эль-Ниньо в климатической системе Земли. **Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса**. 2011. Т.8. № 4. С. 200-208.