

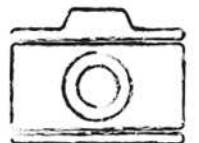


Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
Лаборатория Взаимодействия океана и атмосферы и мониторинга
климатических изменений

Прогностический потенциал стратосферы Северного полушария в зимний период на субсезонном масштабе

Юлия Зюляева, Дарья Собаева

*yulia@sail.msk.ru

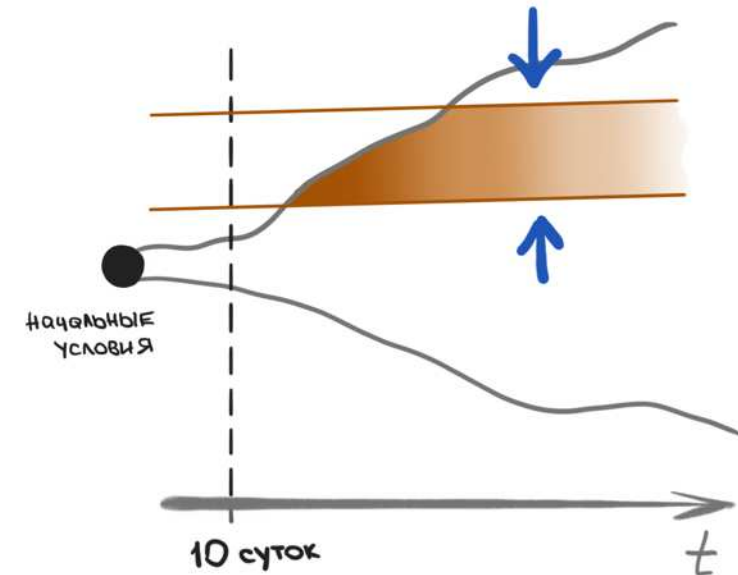


Photofriendly



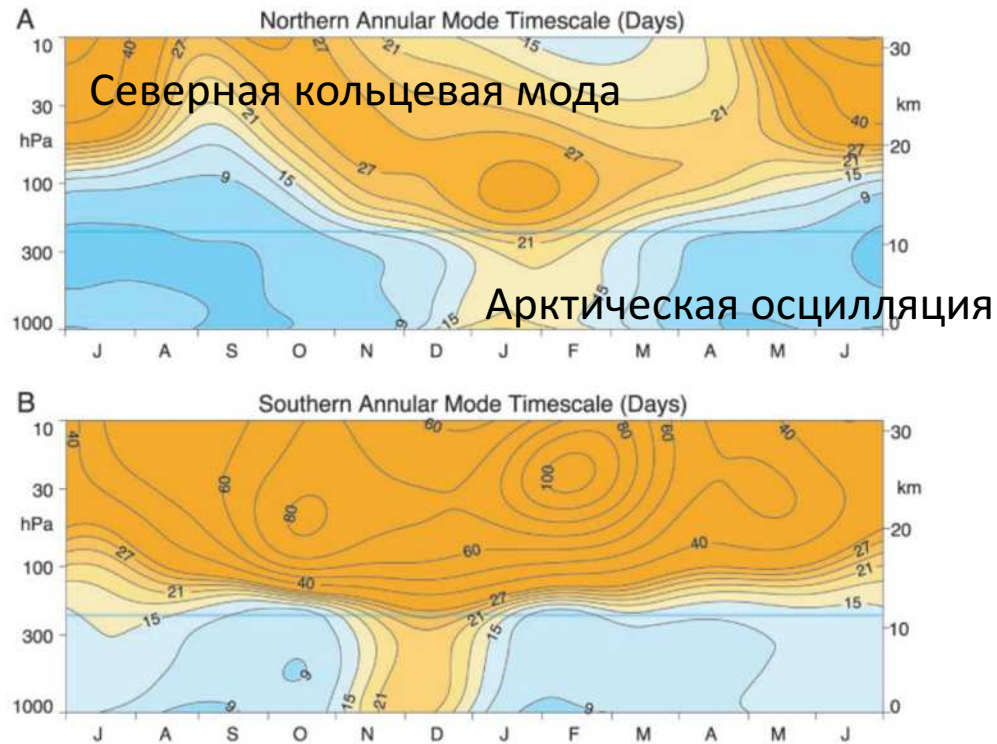
Актуальность

- Детерминистический прогноз погоды – предел 10 дней
- За пределом 10 дней – прогноз статистических свойств атмосферных условий
(Среднее состояние атмосферы за некоторый период времени, вероятность тех или иных событий...)
- Низкочастотные компоненты климатической системы:
 - Аномалии ТПО (тропический пояс)
 - Мощность снежного покрова
 - Протяженность морского льда
 - Осцилляция Маддена — Джулиана
 - Стратосферная динамика
- Не оказывают непосредственное влияние на синоптические процессы, а накладывают ограничения на изменчивость погоды и климата и тем самым увеличивают предсказуемость за пределы 10 дневного периода





Стратосферно-тропосферное взаимодействие

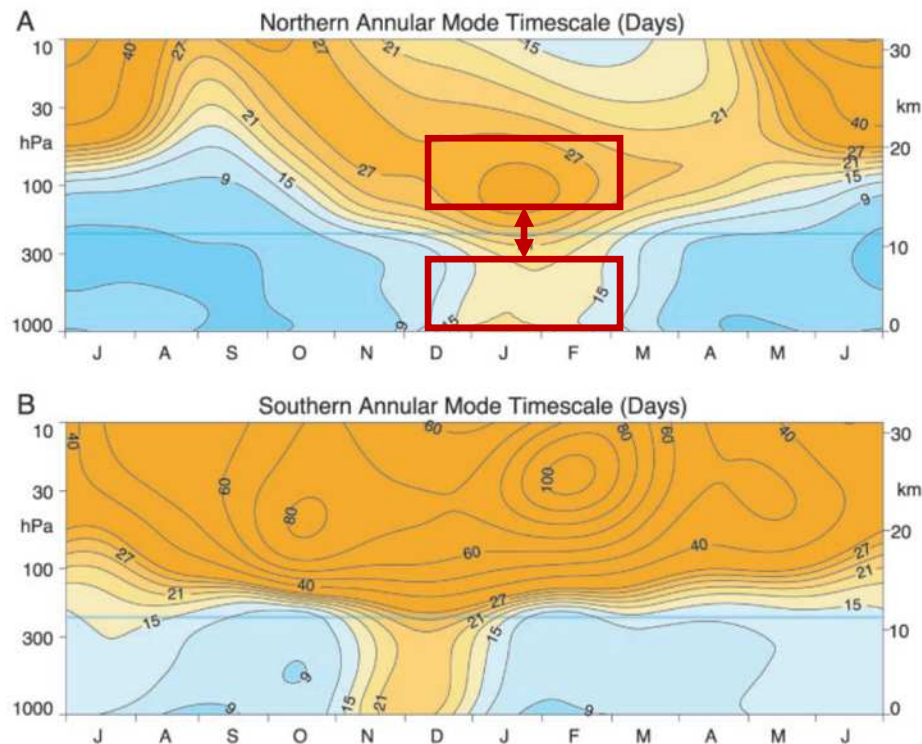


- Временной масштаб жизни (e-folding time) возмущений в стратосфере больше чем в тропосфере на протяжении всего года

Stratospheric Memory and Skill of Extended-Range Weather Forecasts (Baldwin et al., 2003)



Стратосферно-тропосферное взаимодействие



- Временной масштаб жизни (e-folding time) возмущений в стратосфере больше чем в тропосфере на протяжении всего года
- Самое продолжительное время жизни возмущений в нижней тропосфере наблюдается зимой и совпадает с максимумом в нижней стратосфере.

Stratospheric Memory and Skill of Extended-Range Weather Forecasts (Baldwin et al., 2003)



Отклик тропосферной динамики на экстремальные состояния стратосферного полярного вихря

1. Влияние на характер распространения планетарных волн

- Вертикальное распространение
- Диссипация
- Отражение

2. Изменение высоты тропопаузы

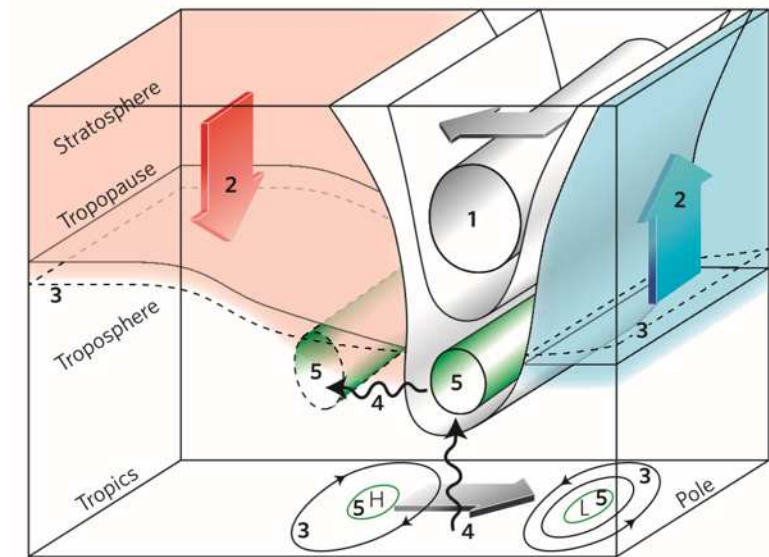
Зонально осредненное уравнение для импульса
(Transformed Eulerian Mean equation, TEM)

$$\overline{u}_t = \underbrace{\overline{v^*} \left(f - (a \cos \phi)^{-1} (\bar{u} \cos \phi)_\phi \right)}_{\text{Остаточная меридиональная циркуляция}} - \underbrace{\overline{w^*} \overline{u_z}}_{\text{Распространение волн}} + (\rho_0 a \cos \phi)^{-1} \nabla \cdot F + \bar{X}$$

Остаточная меридиональная циркуляция

Распространение волн

Ослабление волновой активности ведет к усилению СПВ, соответственно усиливается остаточная меридиональная циркуляция, что приводит к перемещению массы с полюса на юг, снижение за счет этого давления в полярной области и происходит адиабатическое охлаждение за счет вертикального поднятия над полюсом и компенсационного опускания в низких и умеренных широтах





of such vital importance to climate dynamics. Rather, over the past decade there has been a growing realization that storm tracks are symbiotically linked (following the terminology of Cai and Mak 1990) to the planetary-scale flow. To be concrete, consider a common problem in climate dynamics; namely, diagnosing an anomaly in the planetary-scale flow associated with some imposed external forcing, that is, anomalous tropical heating associated with El Niño SST anomalies. In general, a cor- ...

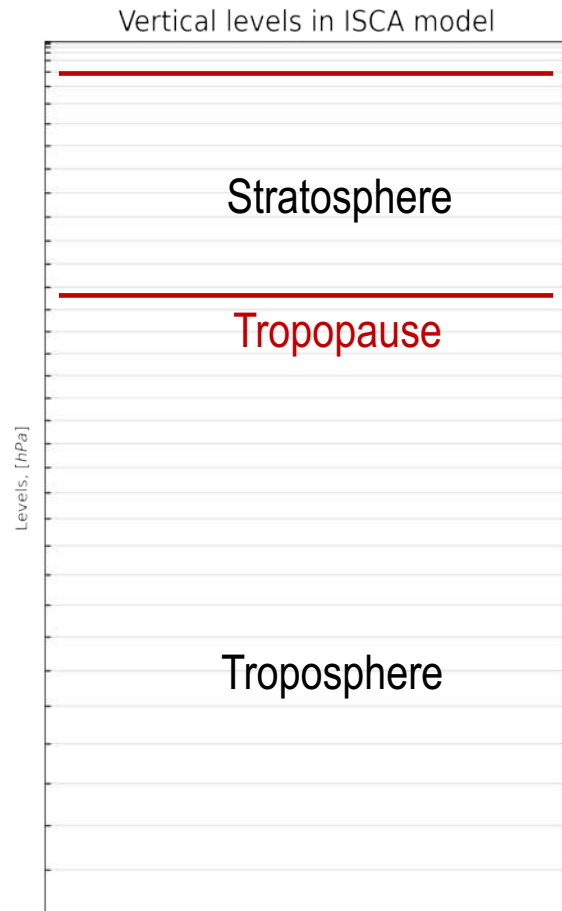
Chang et al., 2002
Storm track dynamics. *Journal of climate*, 15(16)

Влияет ли пространственная структура квазистационарных планетарных волн, сформированная крупномасштабными аномалиями ТПО в Тихом океане на отклик Североатлантического шторм-трека на экстремальные состояния стратосферного полярного вихря?

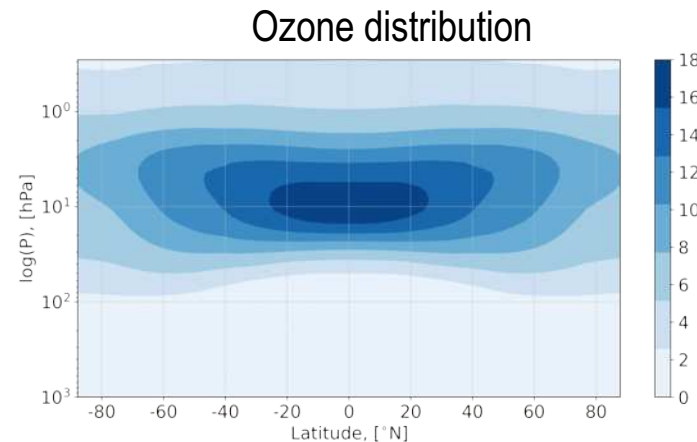
Модельные эксперименты



ISCA – open source framework for idealized modeling of the global circulation of planetary atmospheres. GFDL dynamical core. [Vallis, 2018]



- Высота верхней границы 0.02hPa ($\sim 73\text{km}$).
- Диссипативный верхний слой (sponge layer, 150 Pa)
- Вертикальное разрешение: 40 уровней (18 выше тропопаузы).
- Горизонтальное спектральное разрешение: T42 (lat x lon 64 x 128).
- Фиксированное зонально симметричное распределение озона.

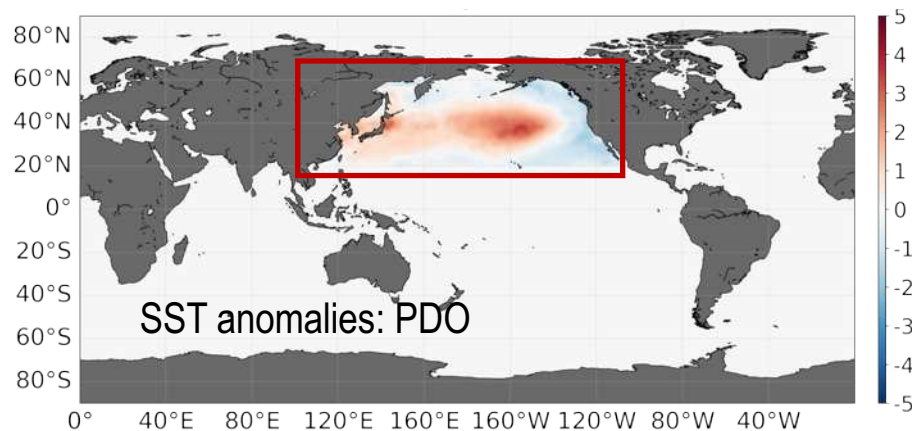
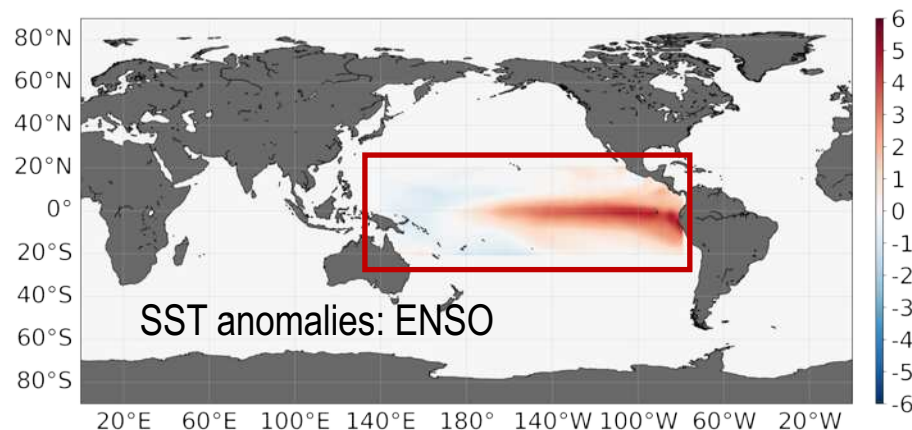


[Sobaeva et al., 2023]



Модельные эксперименты

ТПО граничные условия



$$T = T_{AMIP} + 2 * T_{anom}$$

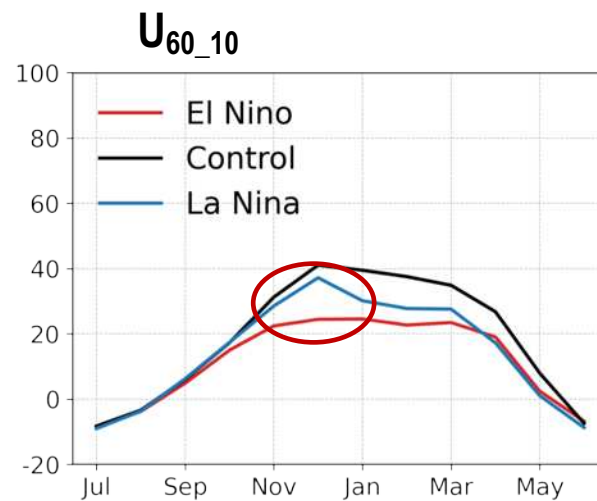
Boundary Conditions		Pacific Decadal Oscillation		
		Neutral	Positive Phase	Negative Phase
ENSO	Neutral	+ (control)	+	+
	El Niño	+	+	+
	La Niña	+	+	+

Продолжительность эксперимента – 100 лет

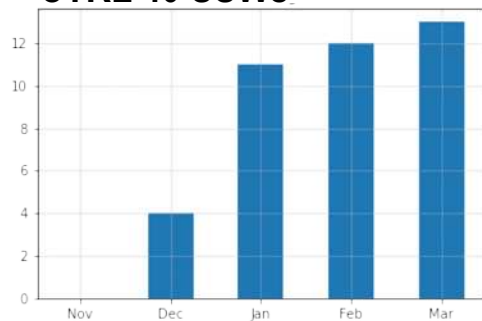
Временной шаг интегрирования – 6 часов



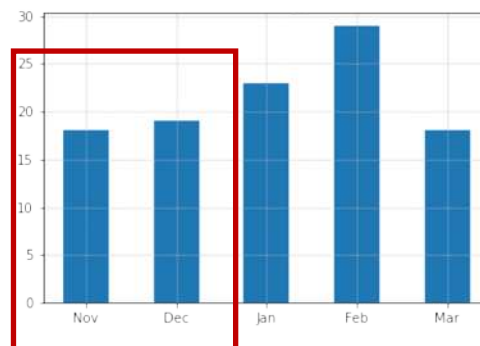
Внезапные стратосферные потепления



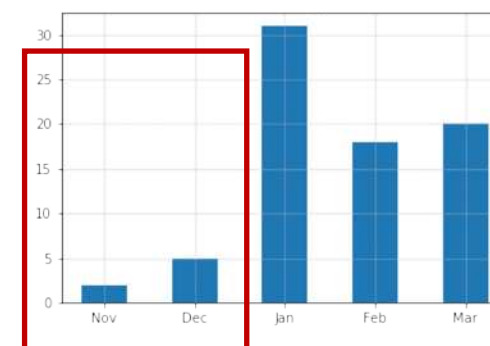
CTRL 40 SSWs



El Niño 110 SSWs

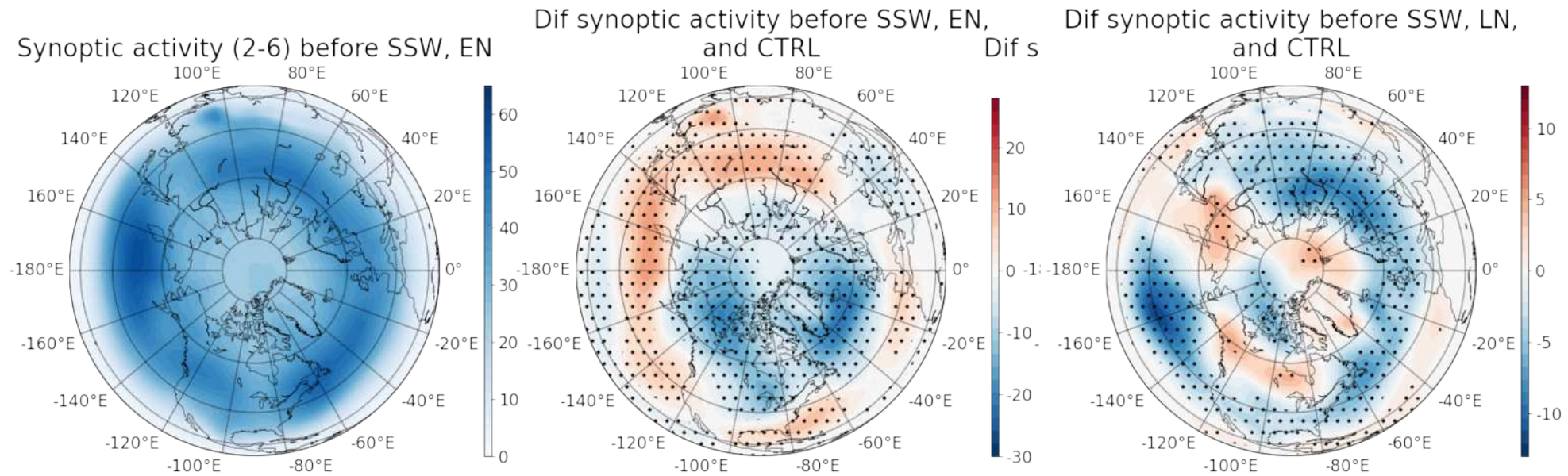


La Niña 76 SSWs





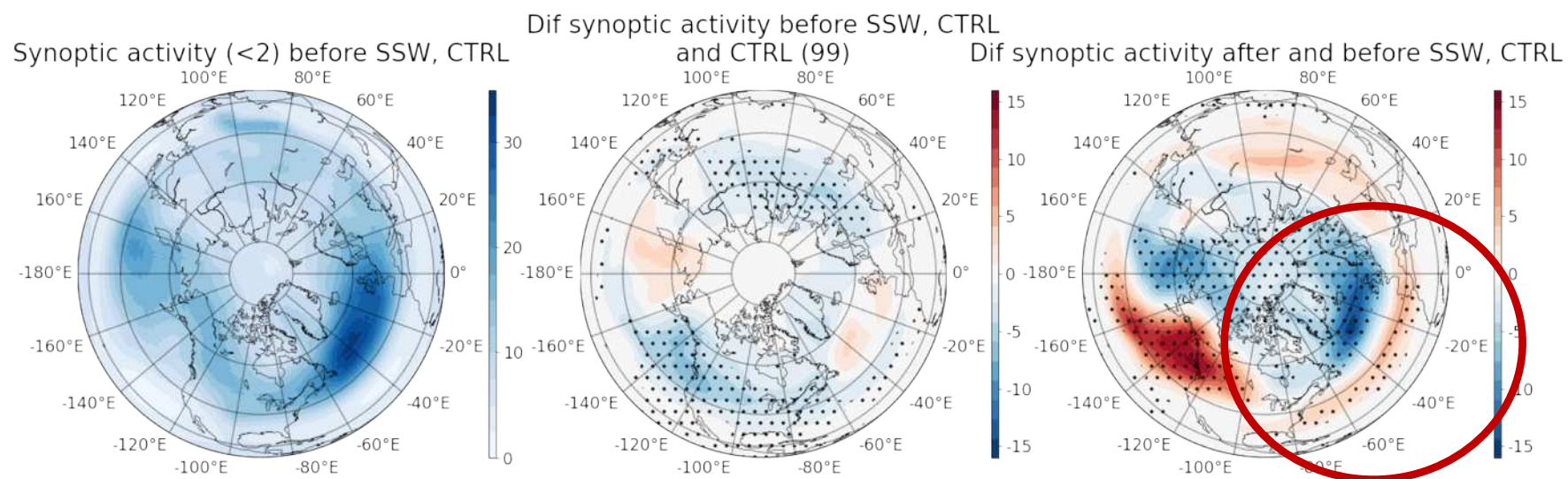
Синоптическая активность (2 недели до ВСП)



- В ЭН эксперименте синоптическая активность выше на юге чем на севере относительно контрольного эксперимента
- В ЛН эксперименте наблюдается снижение синоптической активности в Атлантическом регионе, и меридиональное смещение шторм-трека не выражено.



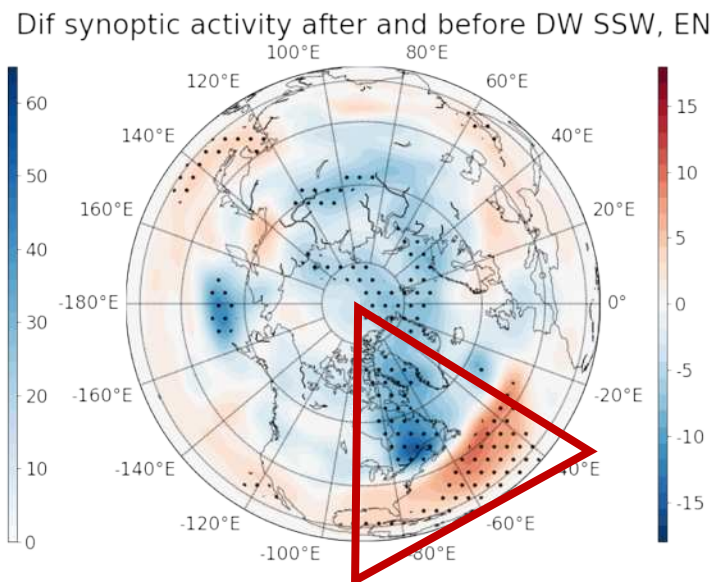
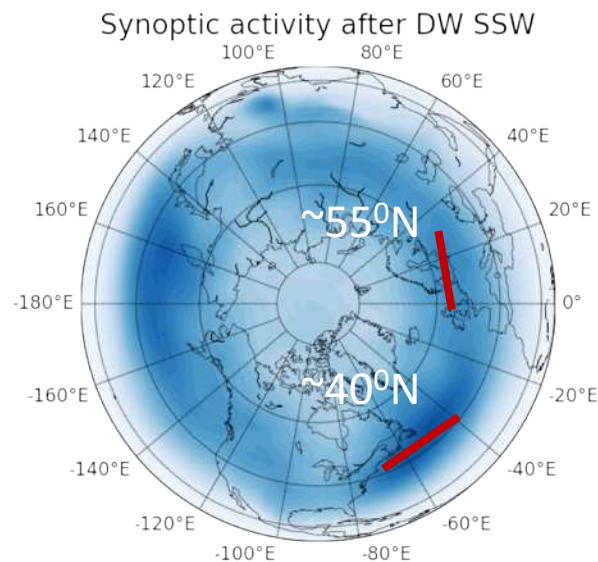
Смещение Атлантического шторм-трека на юг после ВСП в контрольном эксперименте



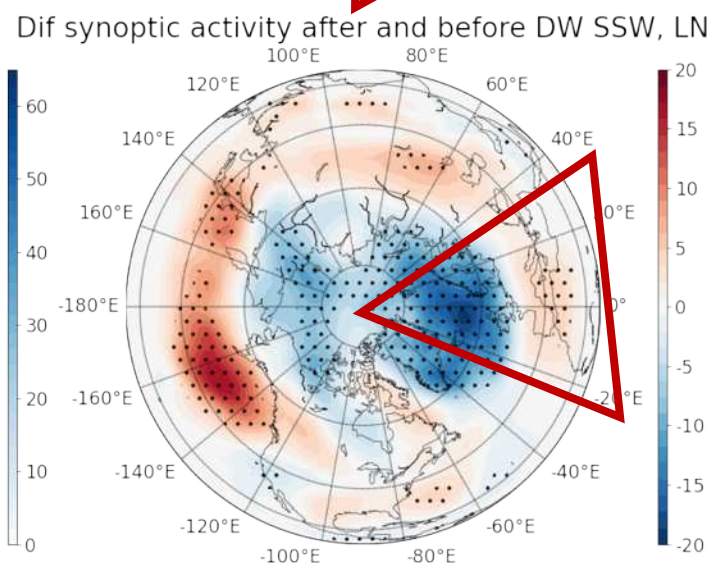
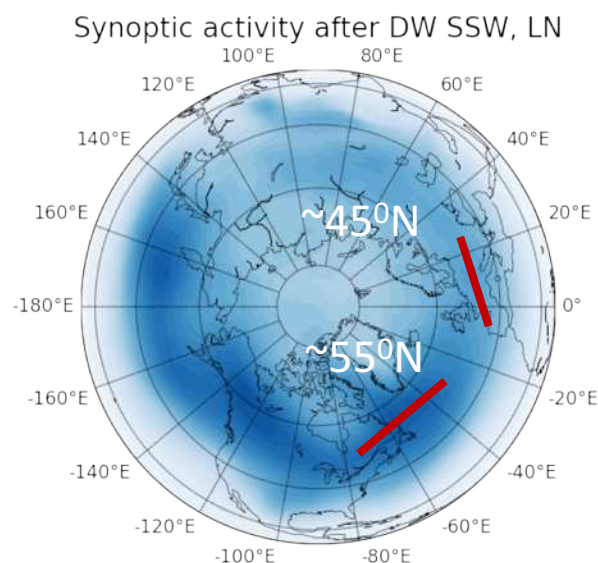


Смещение Атлантического шторм-трека на юг после ВСП в ЭН и ЛН экспериментах

10/16



Отклик в **западной части**
Атлантического океана



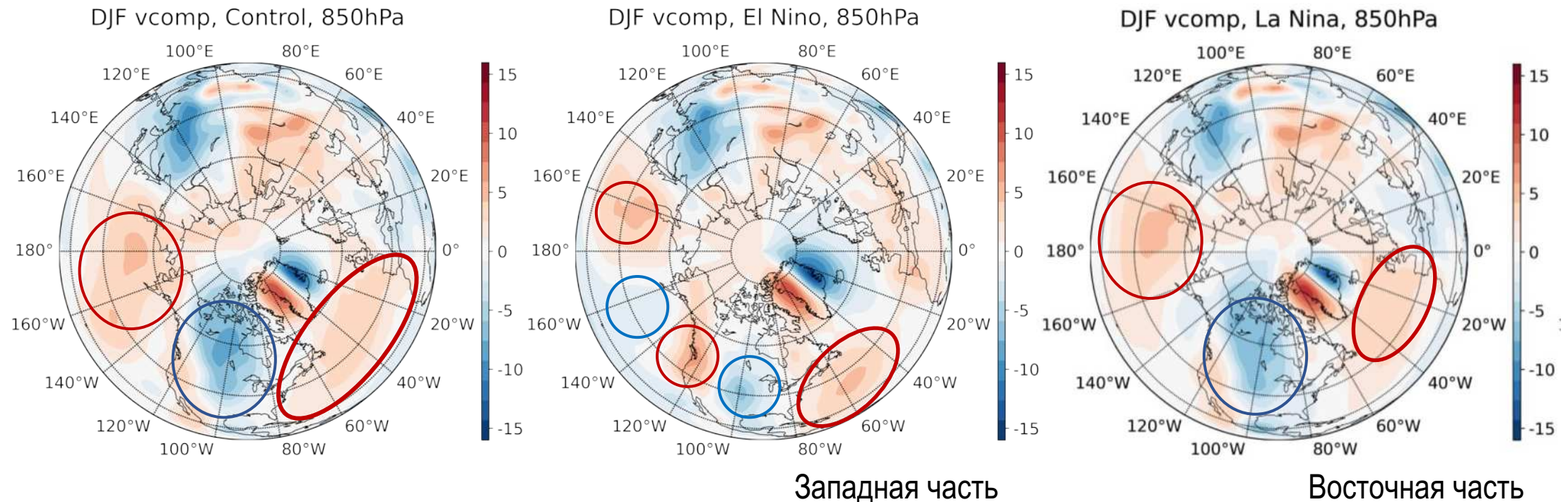
Отклик в **восточной части**
Атлантического океана

[Зюляева и др., 2023]



Пространственная структура планетарных волн

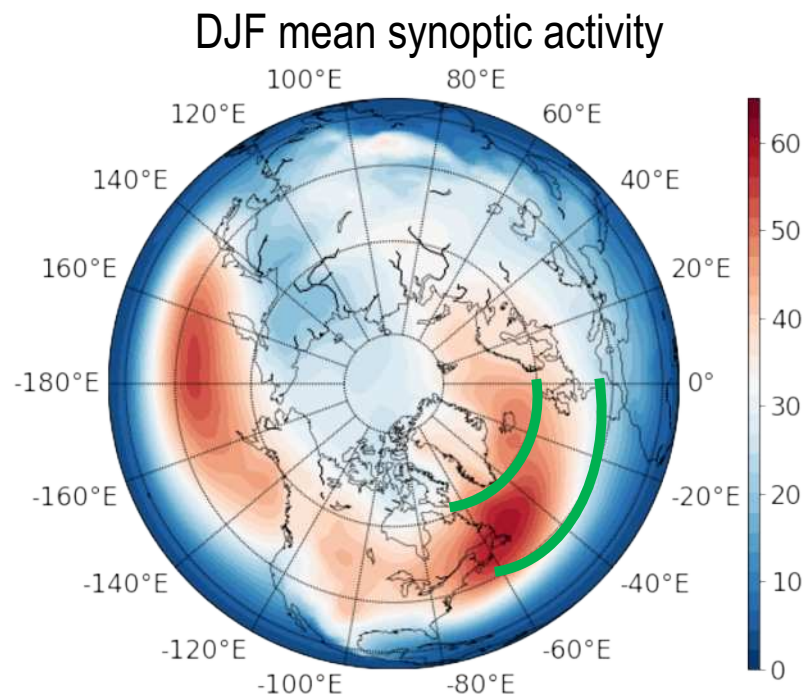
Меридиональная компонента скорости ветра на 850 гПа, среднее за 100 лет



- Регион, где наблюдается сдвиг шторм-трека на юг, соответствует региону положительных значений меридиональной компоненты скорости ветра.



Прогностический потенциал (декабрь–февраль)



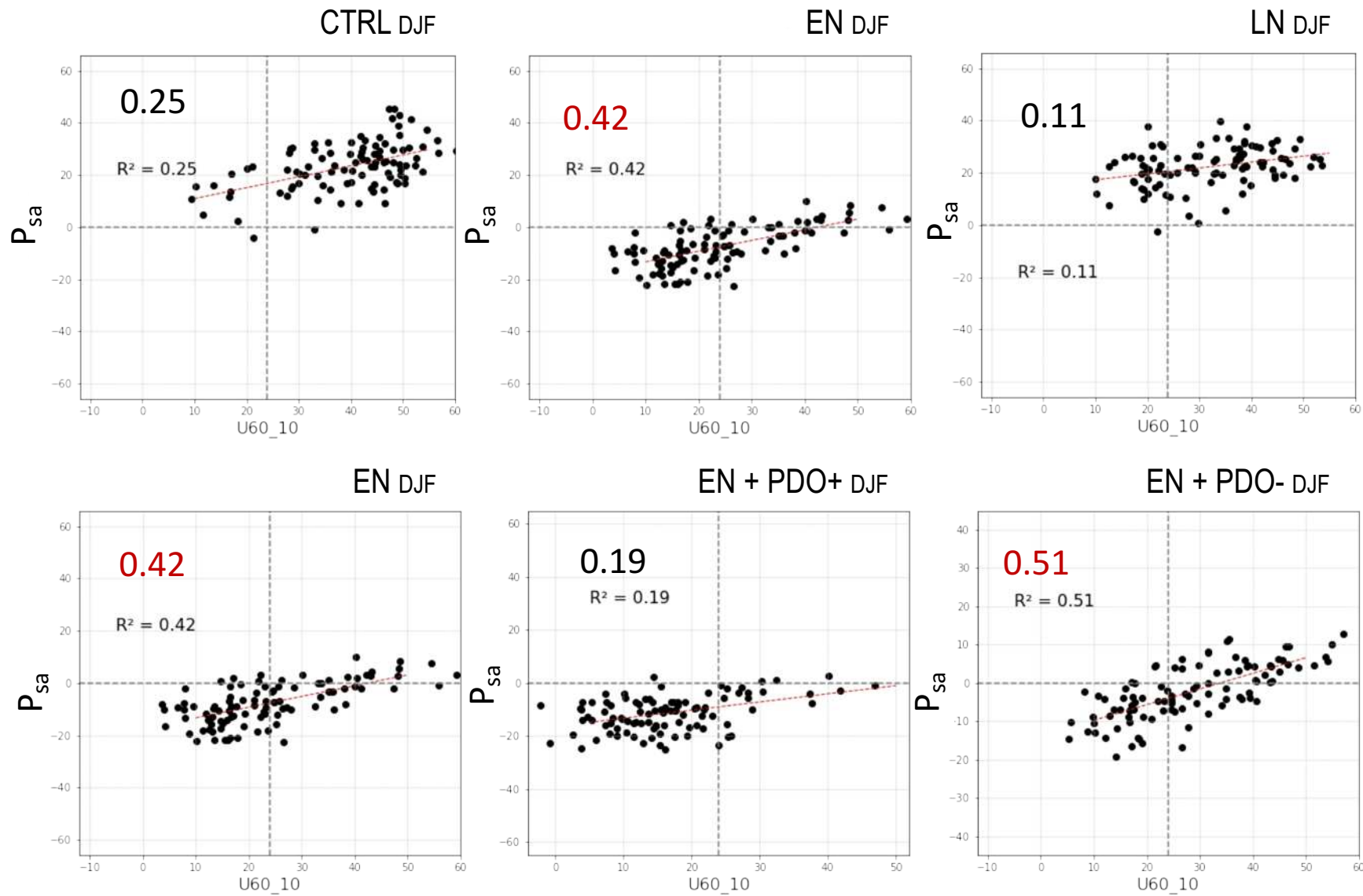
$$P_{sa} = \text{synac}(60) - \text{synac}(40)$$

$P_{sa} < 0$, син. активность выше на юге

$P_{sa} > 0$, син. активность выше на севере

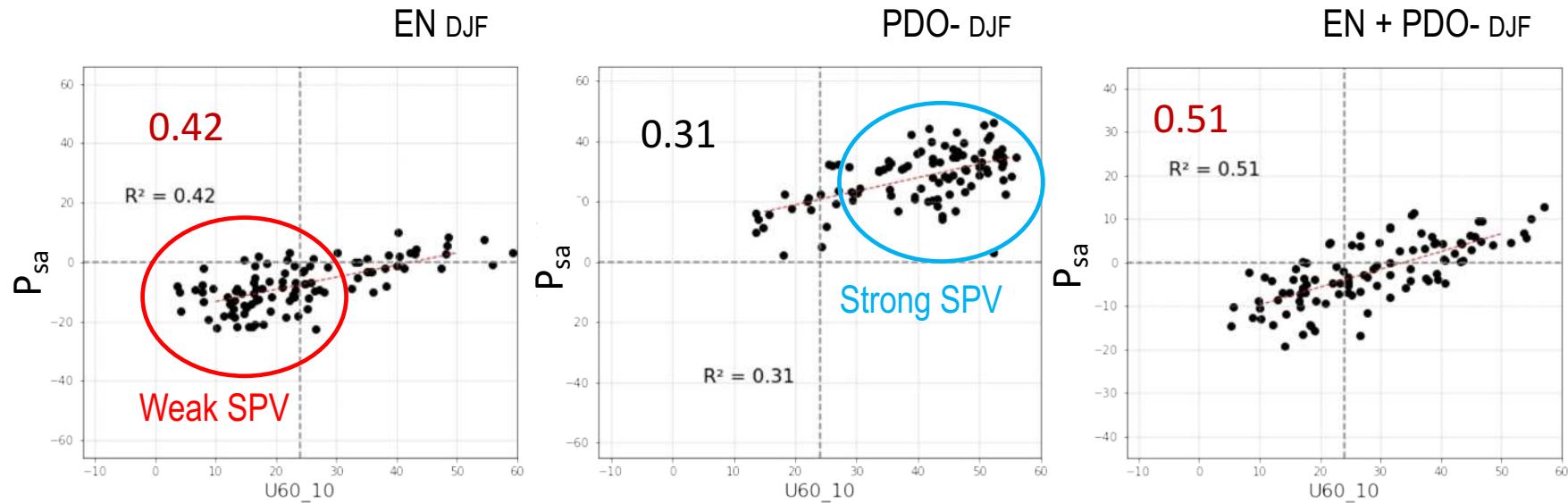


Прогностический потенциал (декабрь–февраль)

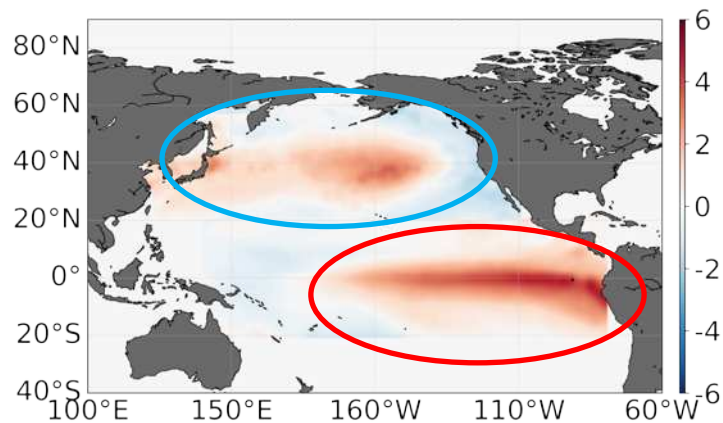




Прогностический потенциал (декабрь–февраль)



SST anomalies: EN + PDO-



Пространственная структура планетарных волн

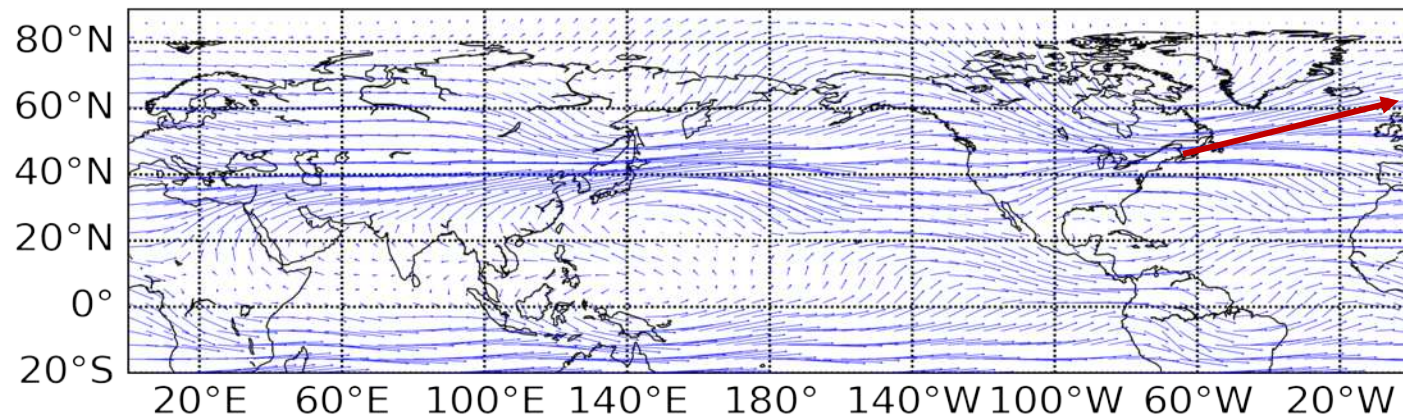
Изменчивость
интенсивности
СПВ

Среднее положение шторм-
трека в Атлантическом
регионе до ВСП

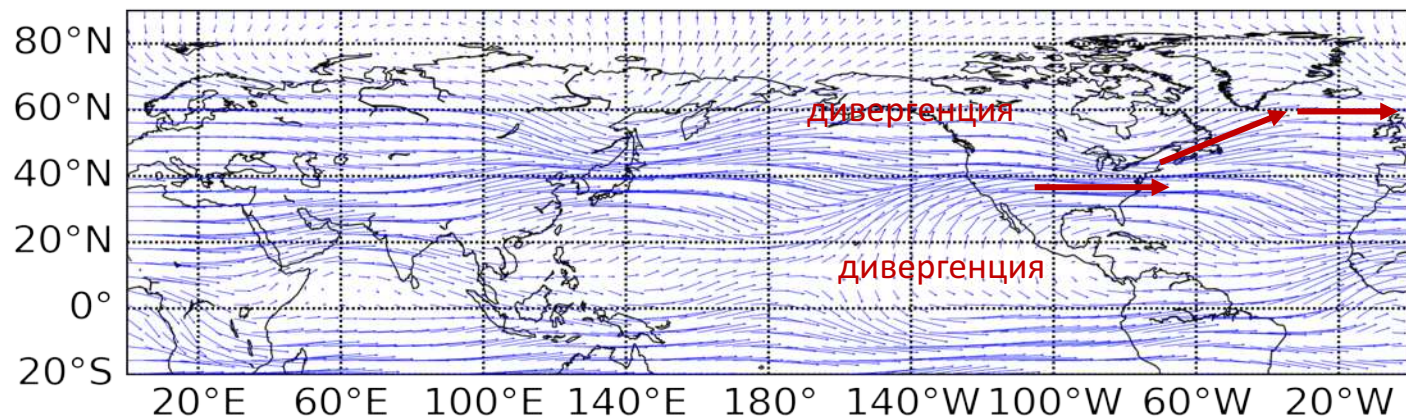


Прогностический потенциал (декабрь–февраль)

CTRL DJF

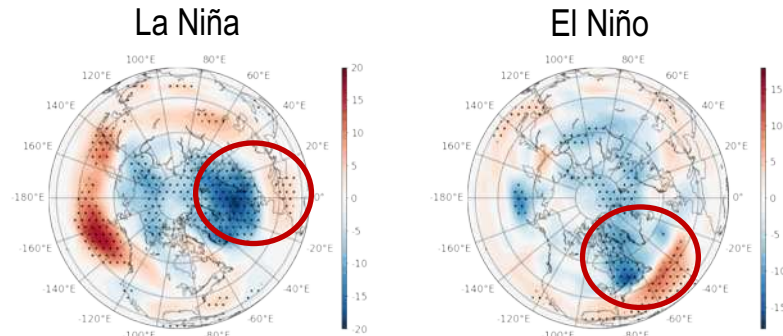


EN DJF



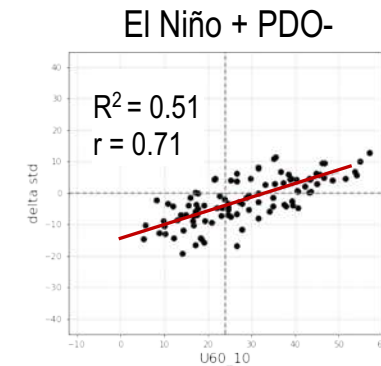
Основные выводы

1.

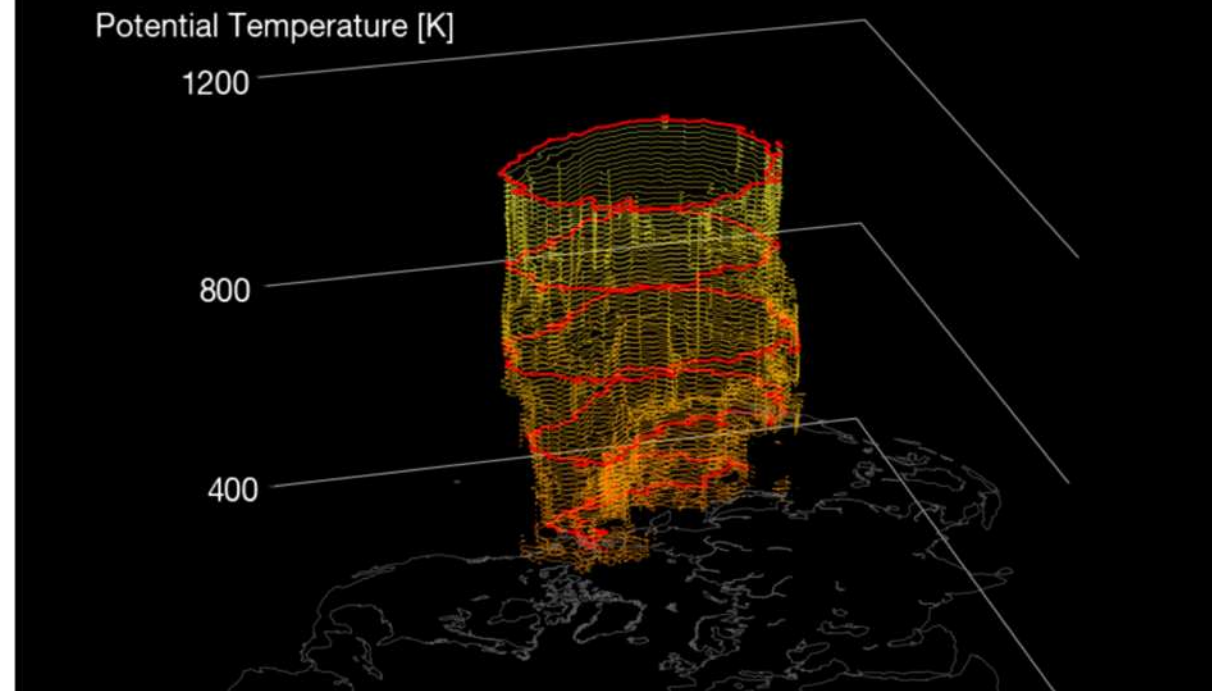


На **субсезонном масштабе**, в годы с ЭН отклик шторм-трека в Атлантическом океане наблюдается в западной части региона, а в годы ЛН – в восточной.

2. На **сезонном масштабе** стратосферная динамика имеет максимальный прогностический потенциал в годы с событиями ЭН, которые происходят на фоне отрицательной фазы ТДК. В зимний сезон (декабрь–февраль) до 50% изменчивости положения шторм-трека в Северо-Атлантическом регионе связано с интенсивностью СПВ.



GFS Stratospheric Polar Vortex Structure Valid: 24 Oct 2024-00Z (23 Oct 2024-00Z, FH024)



Спасибо за внимание!

Figure by Z. D. Lawrence (NMT)
stratobserve.com

Data source: GFS, http://nomads.ncep.noaa.gov:9090/dods/gfs_0p50/

