

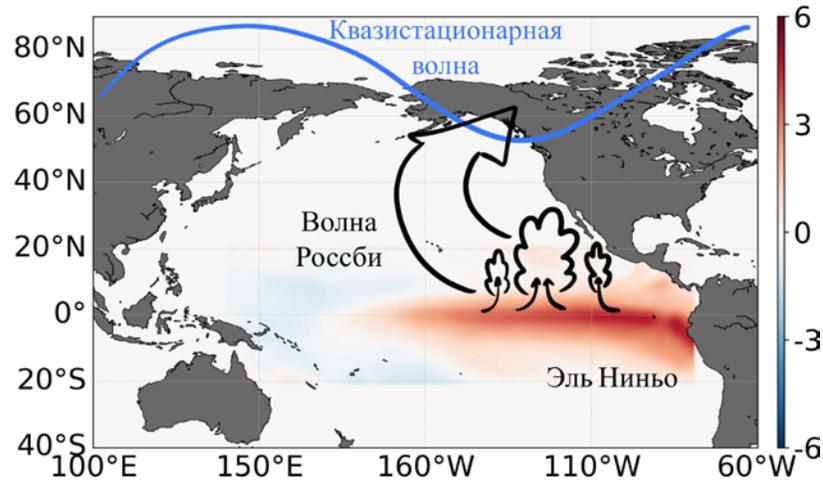


Влияние локализации аномалий ТПО в тропическом Тихом океане на крупномасштабную структуру планетарных волн и тропосферно-стратосферную динамику в идеализированных модельных экспериментах

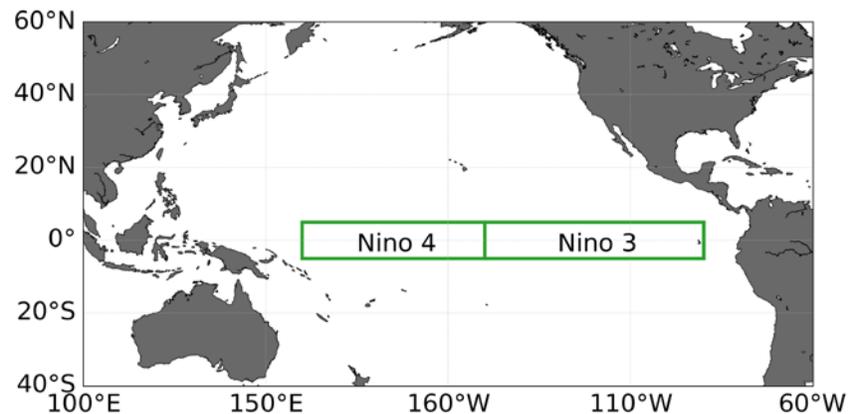
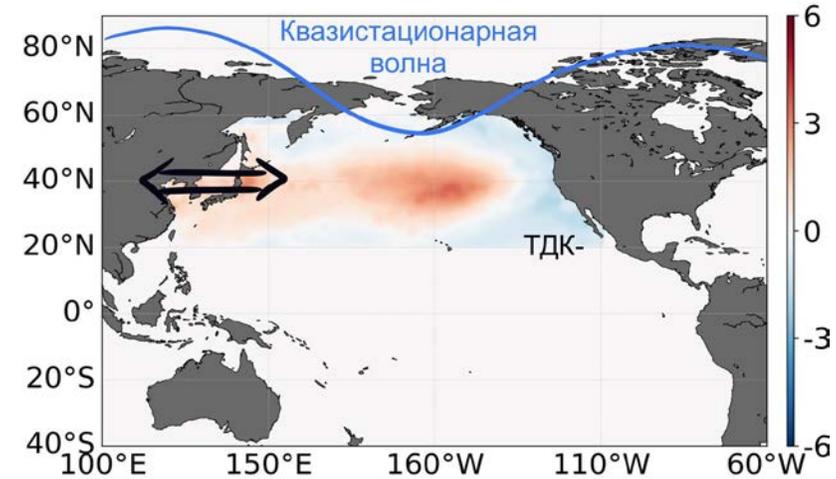
Дарья Собаева, Юлия Зюляева, Евгения Безотеческая

(sobaeva@sail.msk.ru)

Распространяющиеся из тропиков **волны Россби**.



Крупномасштабные **термические** неоднородности подстилающей поверхности.



Цель:

сравнить влияние локализации положительных аномалий ТПО в тропическом Тихом океане на стратосферно-тропосферную динамику в идеализированных модельных экспериментах.

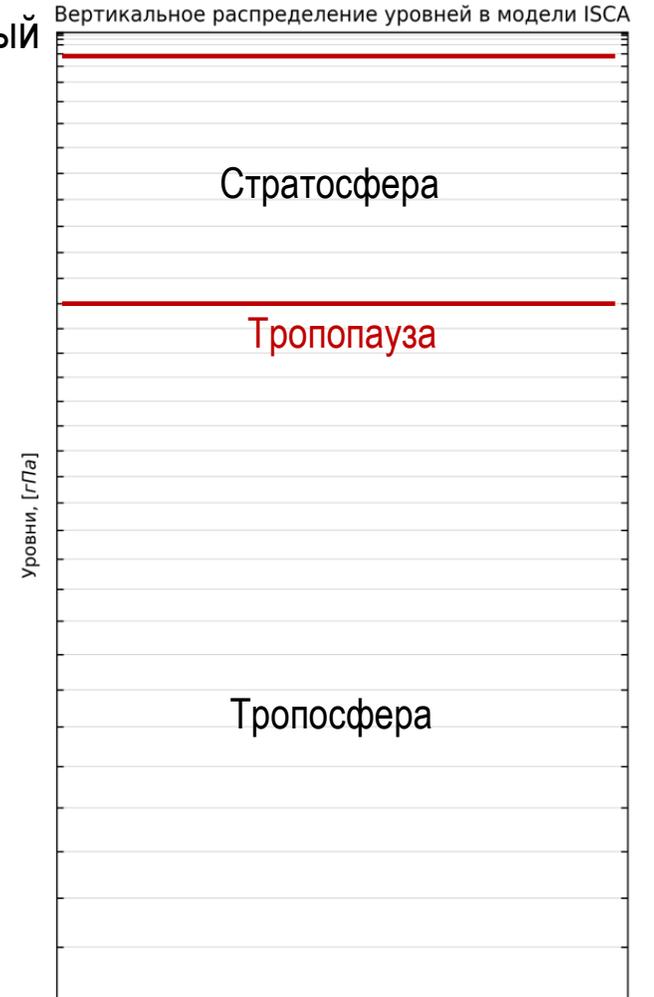
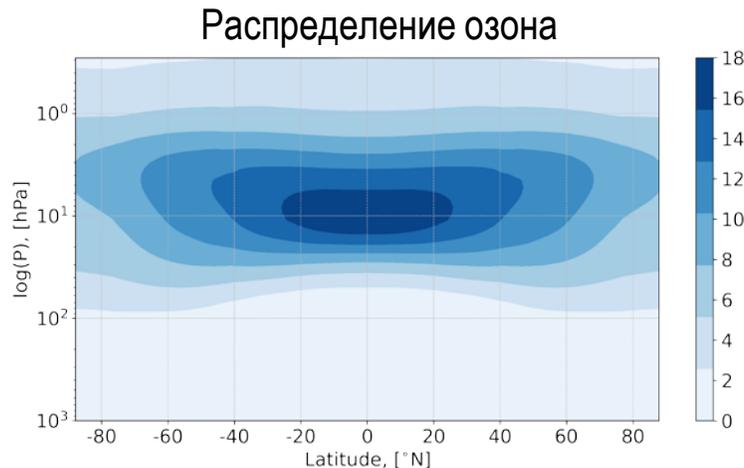


Isca – платформа для моделирования глобальной циркуляции атмосферы.
Динамическое ядро GFDL*.

➤ Верхняя граница: диссипативная (sponge layer), высота верхней границы на уровне 0.02 гПа (~ 73 км).

Диссипативный
слой 150 Па

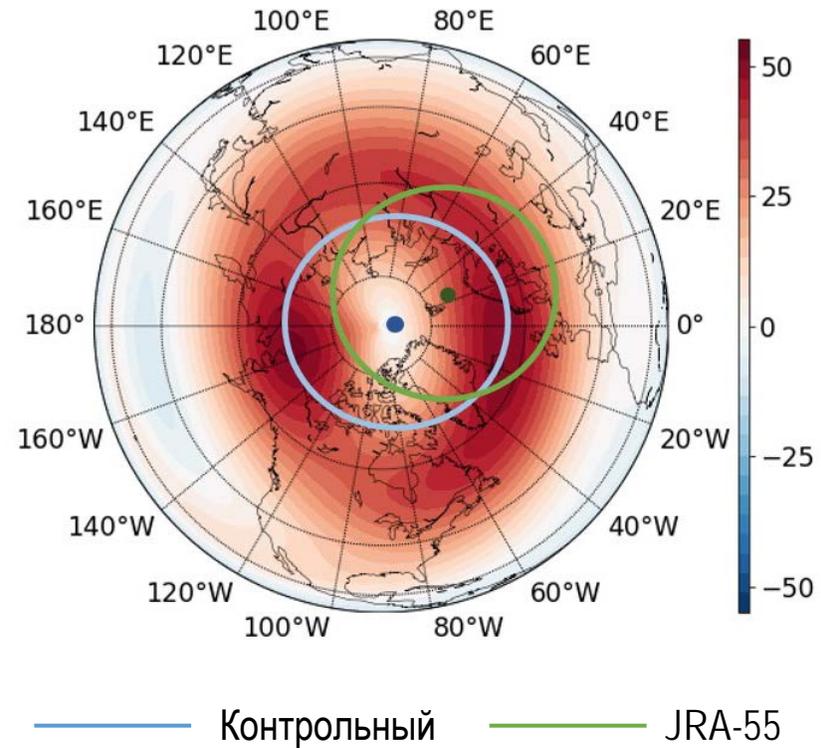
- Вертикальное разрешение: 40 вертикальных уровней (18 из них выше тропопаузы).
- Горизонтальное спектральное разрешение: T42 (lat x lon 64 x 128, 2.79°).



*<https://www.gfdl.noaa.gov/model-development/>

**Fortuin, J. P. F., and U. Langematz, 1994: An update on the global ozone climatology and on concurrent ozone and Temperature trends. Atmospheric Sensing and Modeling, R. P. Santer, Ed., International Society for Optical Engineering (SPIE Pro-ceedings, Vol. 2311), 207–216.

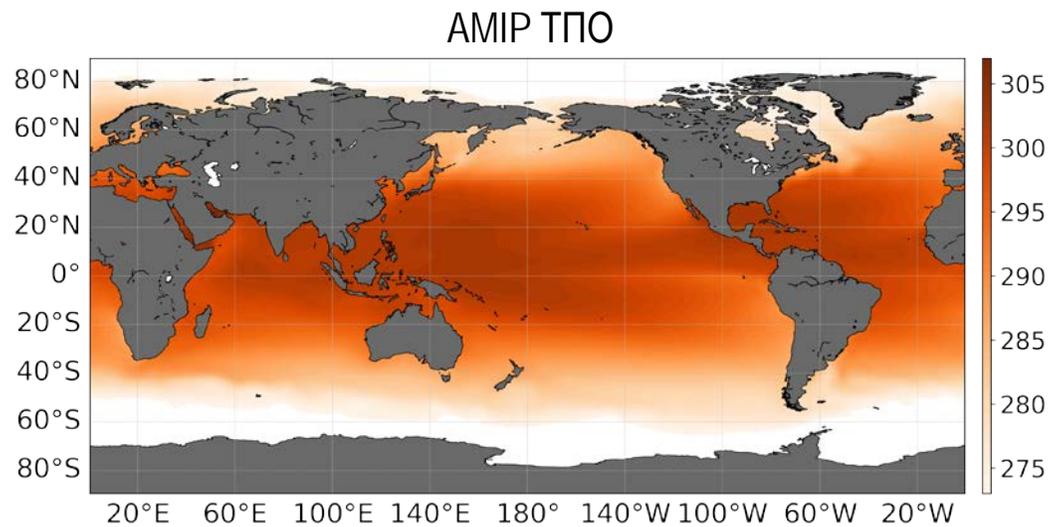
Валидация модели



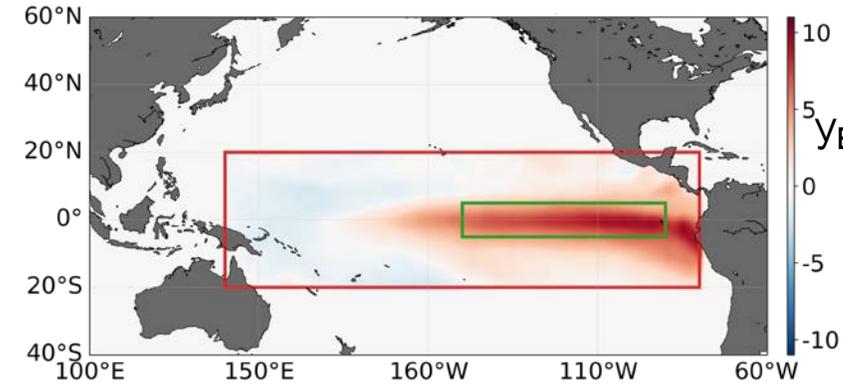
Более подробную информацию о валидации модели можно найти в статье:
Sobaeva, D., Zyulyaeva, Y., & Gulev, S. (2023). ENSO and PDO Effect on Stratospheric Dynamics in Isca Numerical Experiments. *Atmosphere*, 14(3), 459.



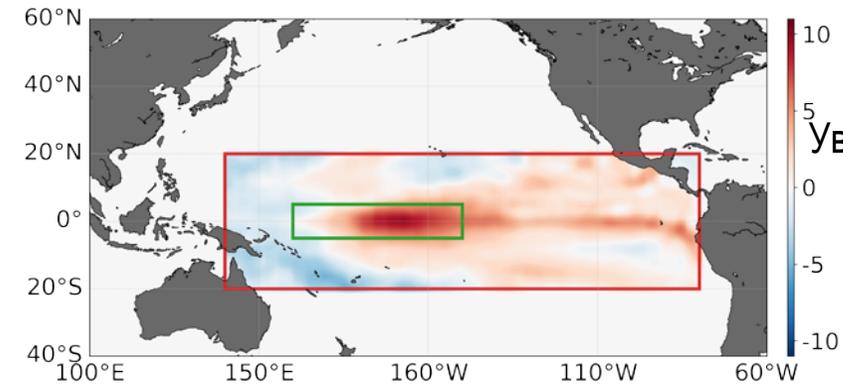
Граничные условия



+



Увеличенные аномалии
канонического Эль-
Ниньо 1997-1998



Увеличенные аномалии
Эль-Ниньо Модоки
1994-1995

$$T_{\text{КЭН}} = T_{\text{AMIP}} + 2 * T_{\text{аном_КЭН}}$$

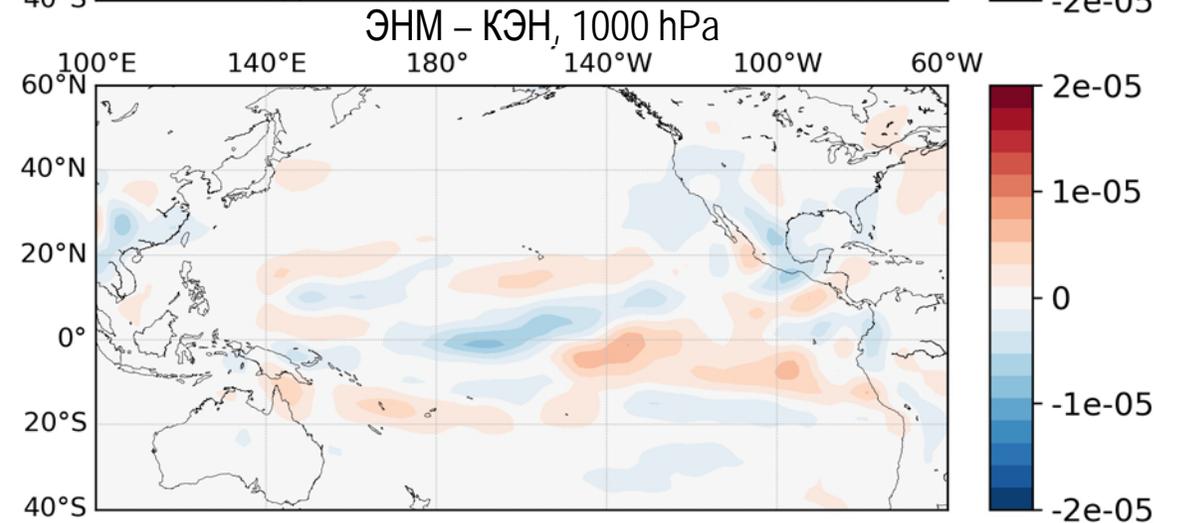
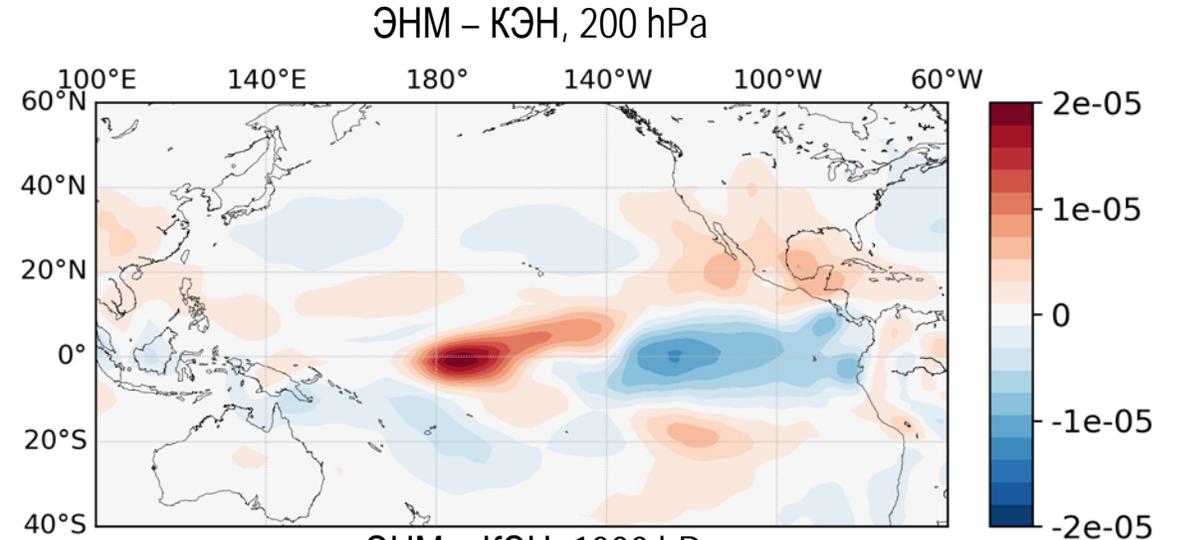
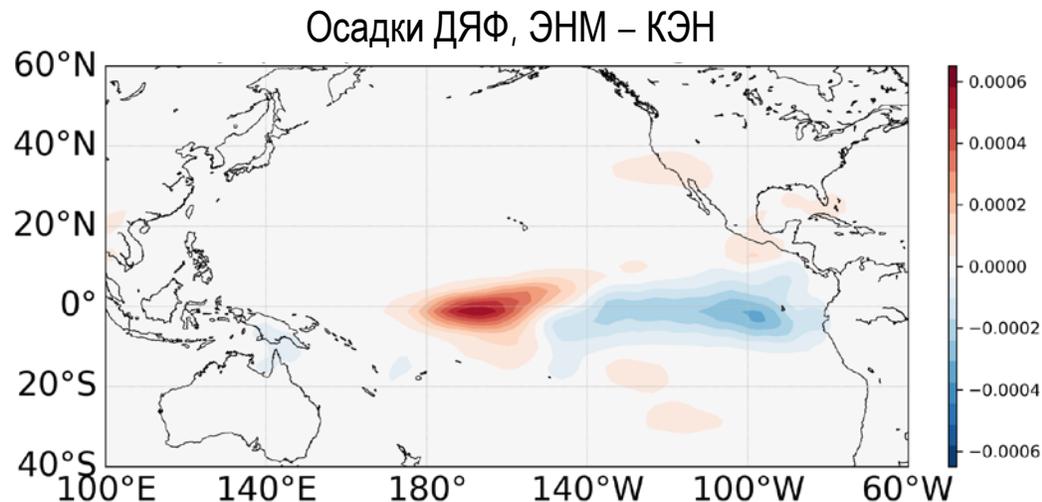
$$T_{\text{ЭНМ}} = T_{\text{AMIP}} + k * T_{\text{аном_ЭНМ}}$$

*Kug J. S., Jin F. F., An S. I. Two types of El Niño events: cold tongue El Niño and warm pool El Niño //Journal of climate. – 2009. – V. 22. – №. 6. – PP. 1499-1515.

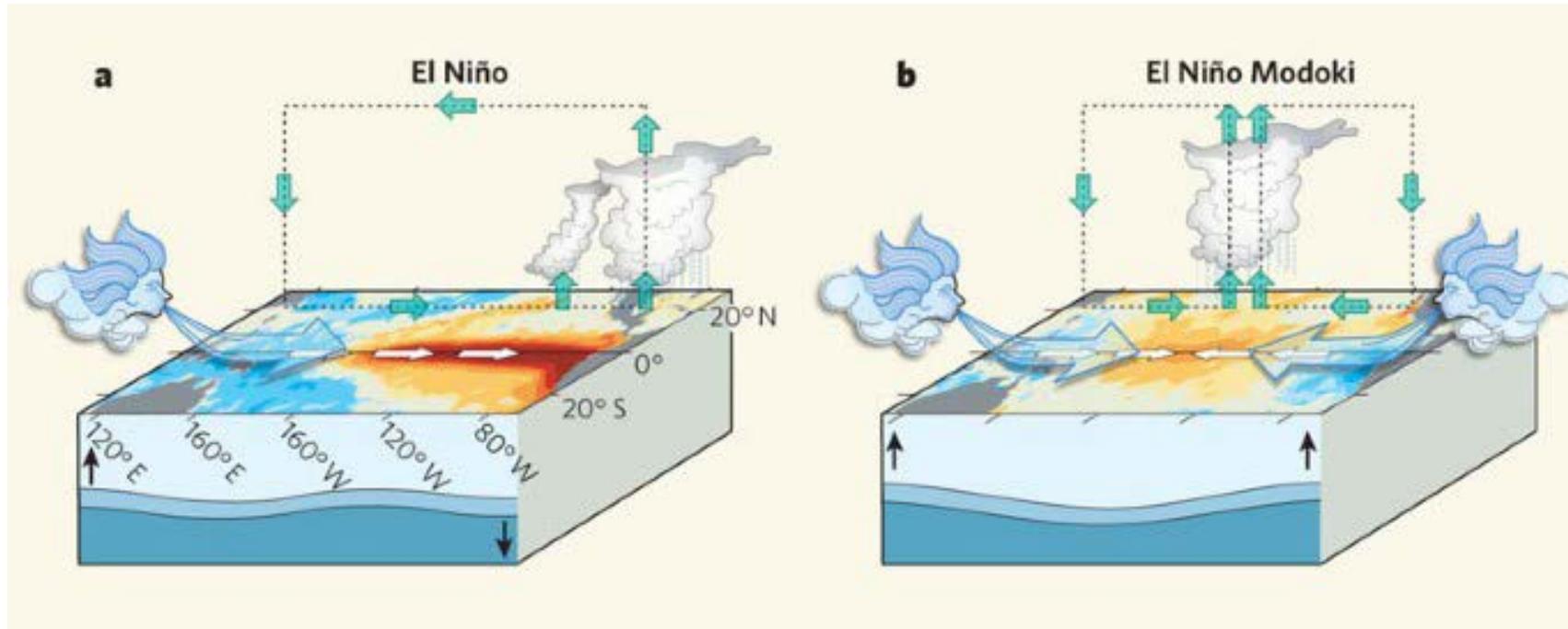
Trenberth K. E. The definition of El Nino //Bulletin of the American Meteorological Society. – 1997. – V. 78. – №. 12. – PP. 2771-2778.

Дивергенция и осадки

- Увеличенная конвергенция над центральной частью Тихого океана, окруженная дивергенцией на уровне 1000 гПа в ЭНМ.
- Дивергенция над центральной частью Тихого океана на уровне 200 гПа в ЭНМ.
- Смещение зоны осадков к центру Тихого океана в ЭНМ вслед за смещением положительных аномалий ТПО.

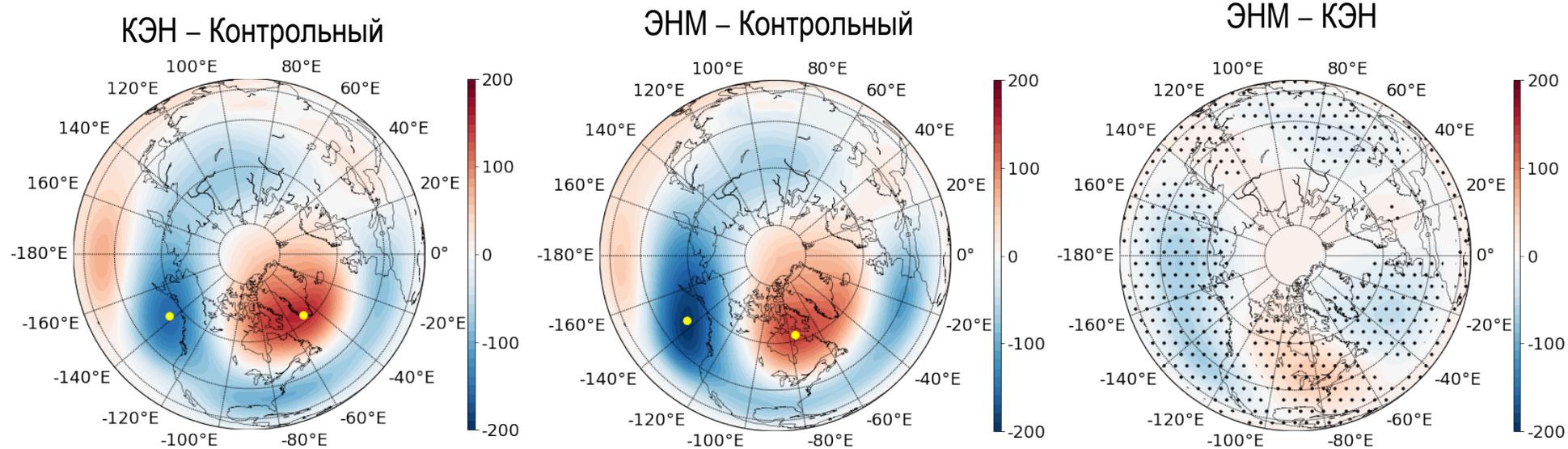


Дивергенция и осадки



Behera S., Yamagata T. Climate dynamics of ENSO Modoki phenomena //Oxford Research Encyclopedia of Climate Science. – 2018.

Геопотенциальная высота поверхности 850 гПа

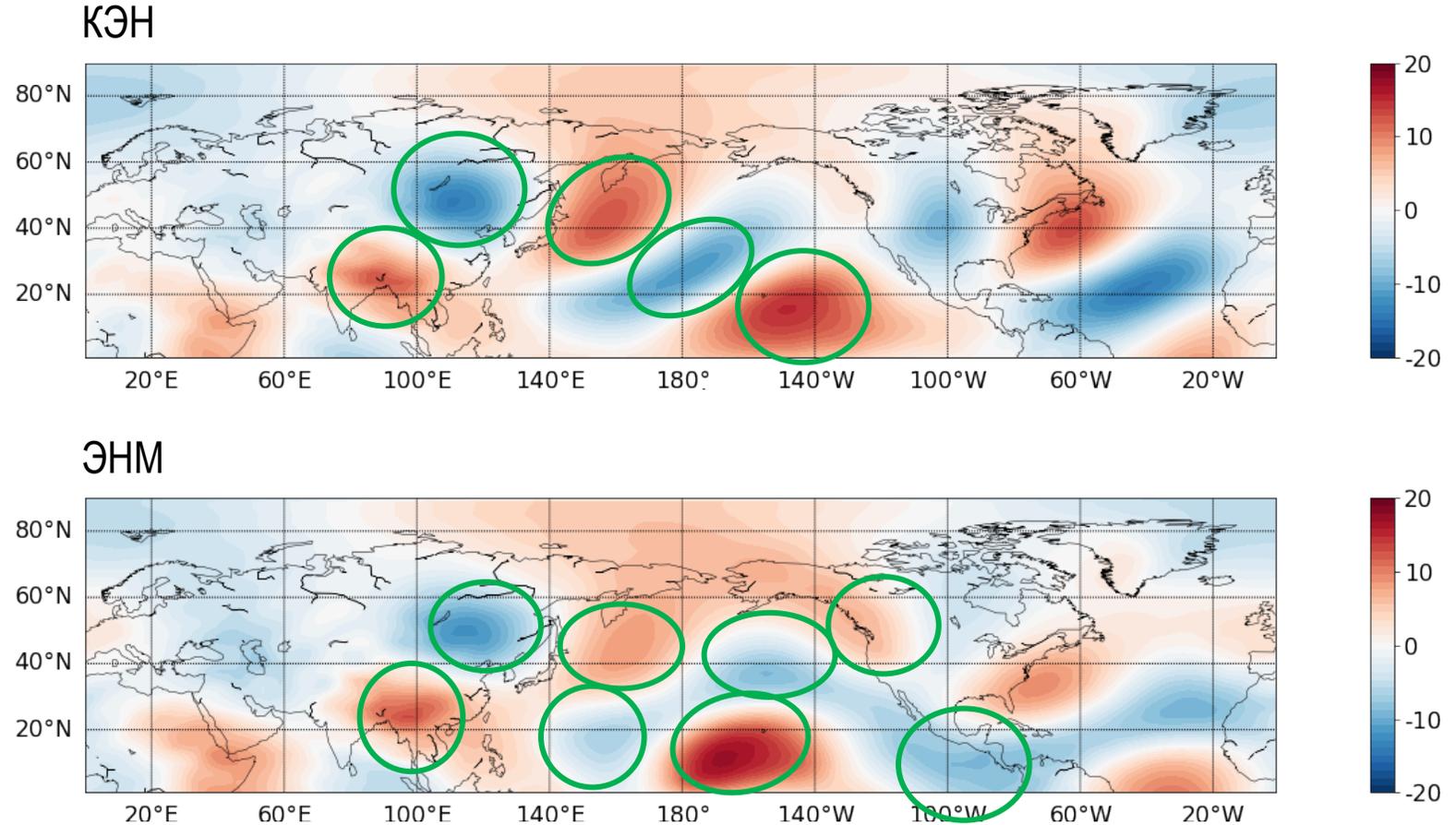


Тихоокеанское-Северо-Американское
колебание (PNA)

Меридиональная компонента скорости ветра, уровень 200 гПа

- КЭН: **одна волновая структура**, распространяющаяся с северо-запада на юго-восток над Тихим океаном.

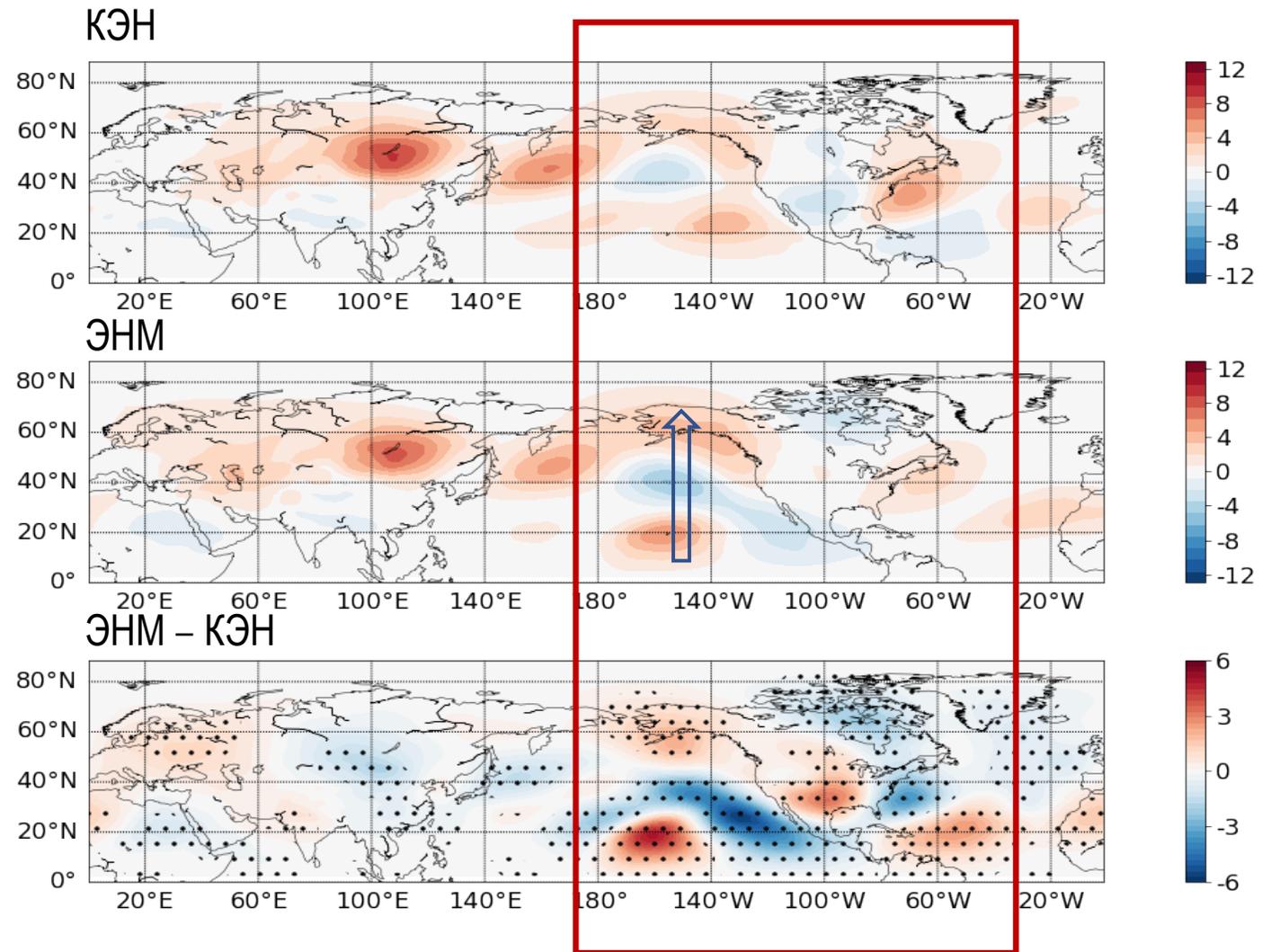
- ЭНМ: **две волновые структуры**, зонально ориентированные вдоль 20° с. ш. и 40° с. ш.



Вертикальная компонента потока Пламба, уровень 200 гПа

Период: 5-20 дней перед ВСП

- Более интенсивное распространение волны Россби в эксперименте ЭНМ по сравнению с экспериментом КЭН в регион-предиктор ВСП (Garfinkel et al., 2012).



Меридиональная компонента потока Пламба (F_y), уровень 200 гПа

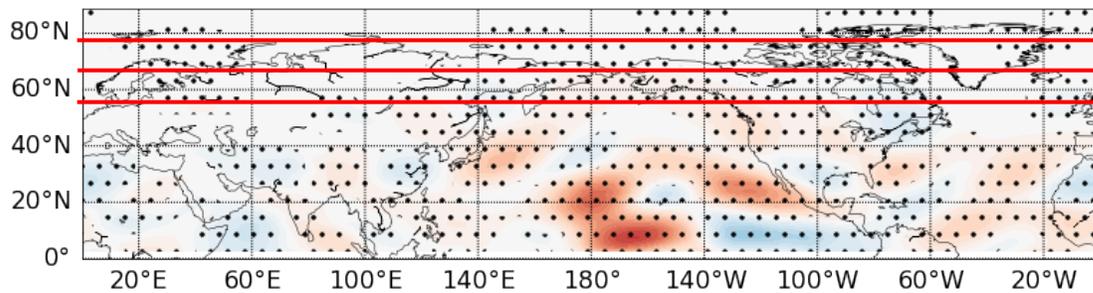
Зимний период: ДЯФ

Эксперимент	50°с.ш., м ² /с ²	60°с.ш., м ² /с ²	70°с.ш., м ² /с ²
КЭН	0.12	1.10	0.36
ЭНМ	0.51	1.35	0.52

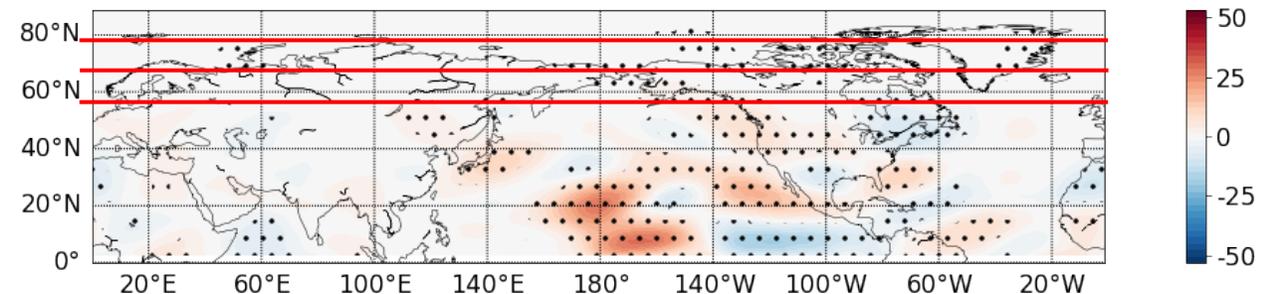
Период 5-20 дней до ВСП

Эксперимент	50°с.ш., м ² /с ²	60°с.ш., м ² /с ²	70°с.ш., м ² /с ²
КЭН	0.28	1.22	0.47
ЭНМ	0.27	1.39	0.59

$F_{y_ЭНМ} - F_{y_КЭН}$, 200 гПа, ДЯФ



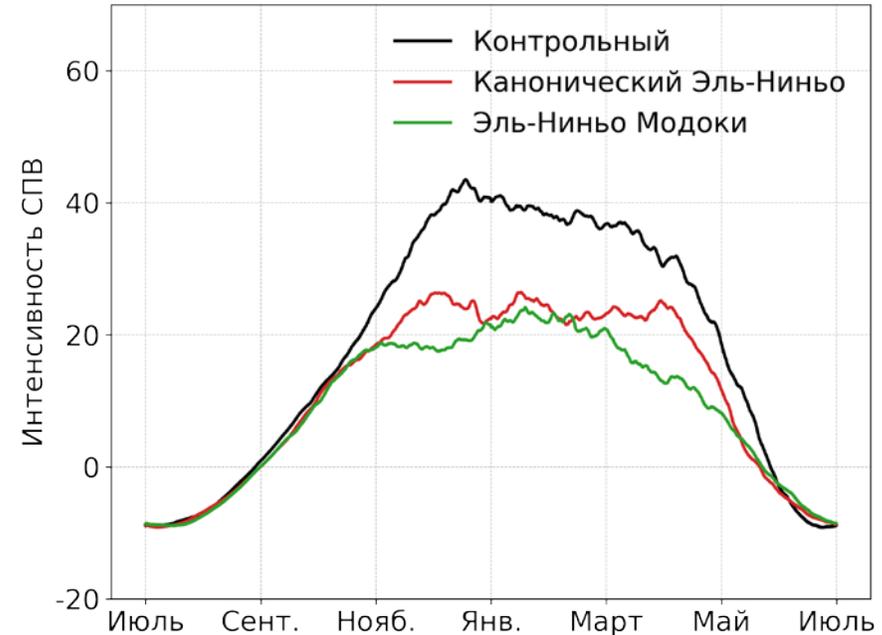
$F_{y_ЭНМ} - F_{y_КЭН}$, 200 гПа, 5-20 дней до ВСП



Средний меридиональный поток вдоль 60° с.ш., 70° с.ш. из тропиков Тихого океана в умеренные широты выше в эксперименте ЭНМ по сравнению с экспериментом КЭН как на зимнем периоде, так и на периоде перед ВСП.

Интенсивность СПВ

Зональноосредненный зональный ветер
60°с.ш., 10 гПа



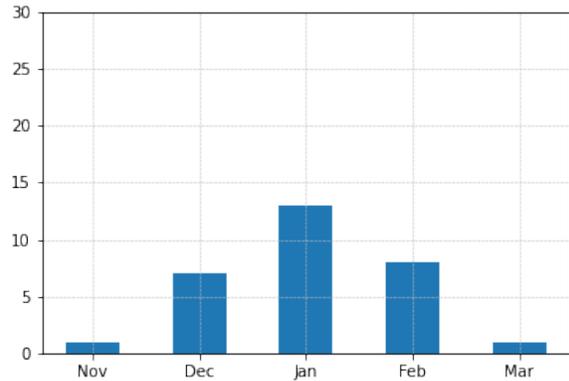
- И КЭН, и ЭНМ приводят к ослаблению интенсивности СПВ: на 40% в случае КЭН и на 50% в случае ЭНМ.
- Статистически значимые различия в экспериментах КЭН и ЭНМ наблюдаются в ноябре, декабре и марте, апреле.

	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
КЭН – Контрольный						
ЭНМ – Контрольный						
ЭНМ – КЭН						

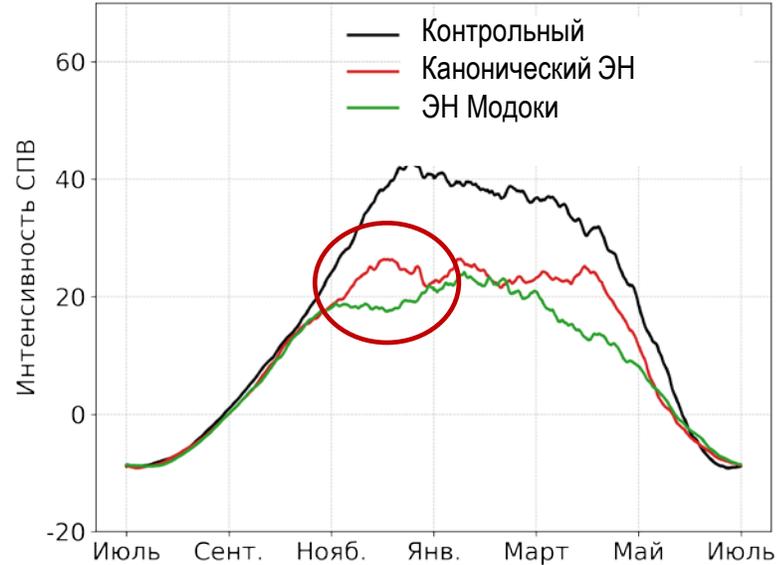
Статистически значимая
разность

Статистически не значимая
разность

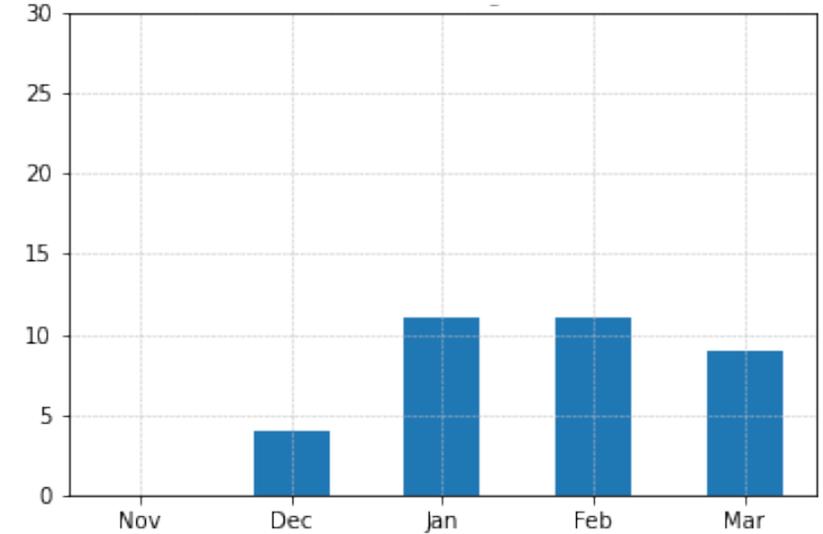
Внезапные стратосферные потепления



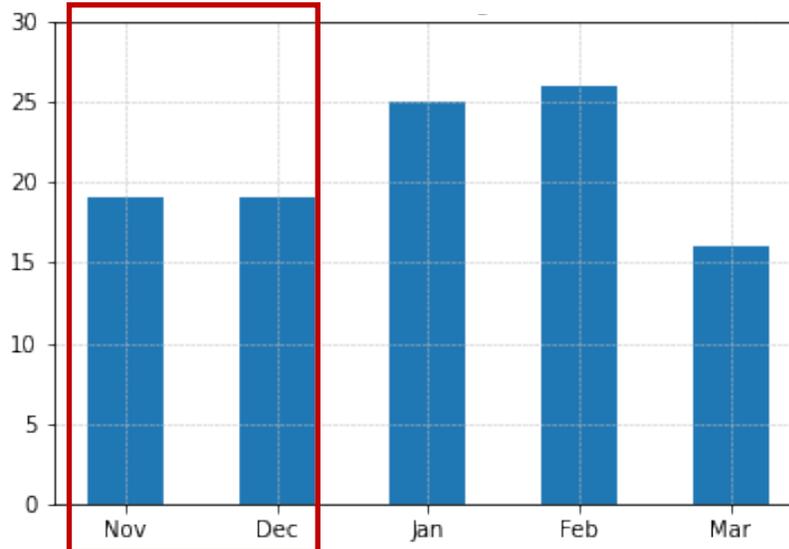
Данные реанализа JRA-55



Контрольный 35 ВСП / 100 лет

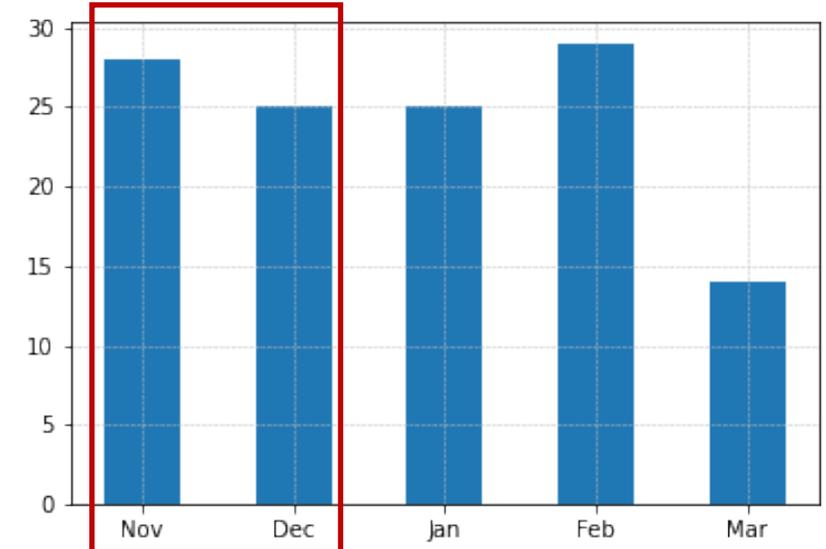


КЭН 105 ВСП / 100 лет

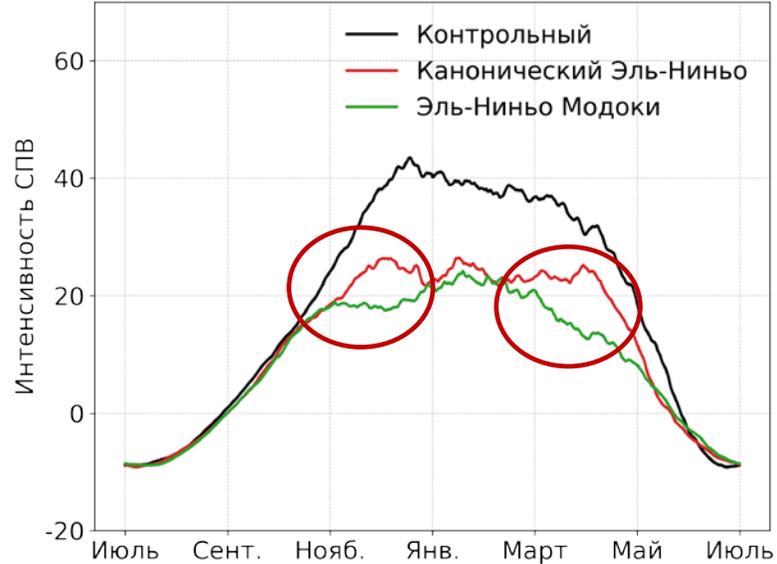


Частота ВСП
без учета финальных
потеплений

ЭНМ 121 ВСП / 100 лет

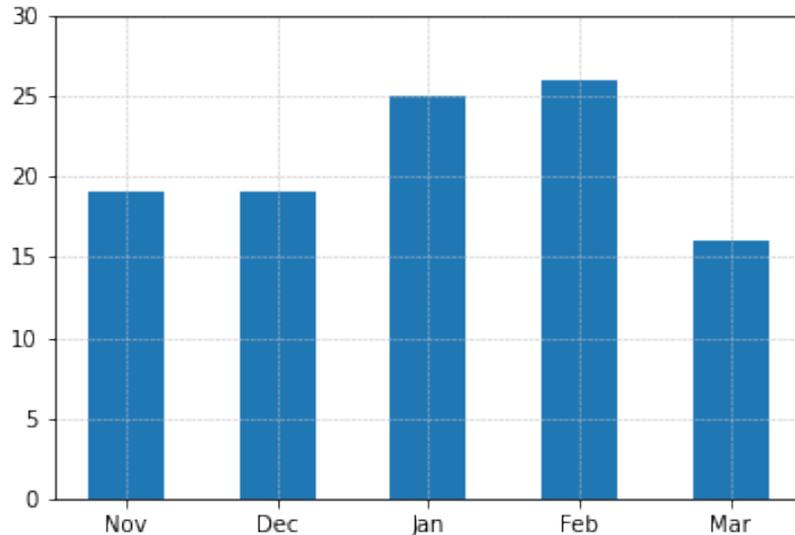


Внезапные стратосферные потепления



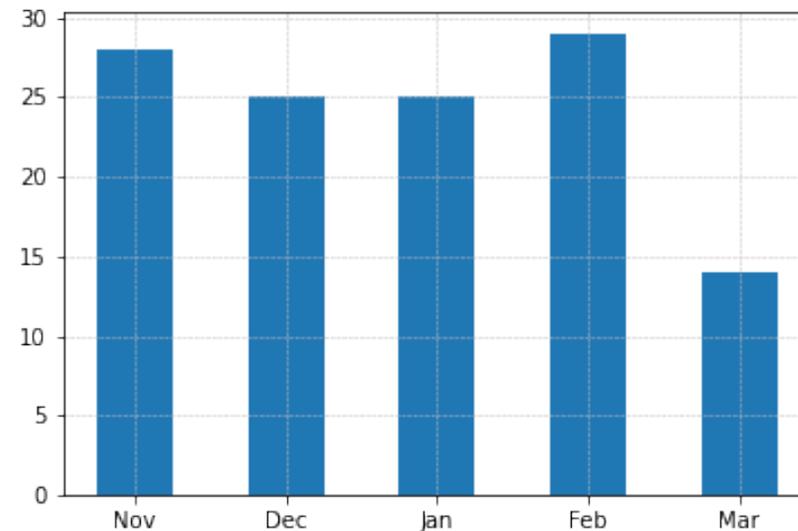
Финальные потепления в эксперименте ЭНМ наблюдаются **в 2 раза чаще**, чем в КЭН. Раннее разрушение вихря.

КЭН 105 ВСП / 100 лет



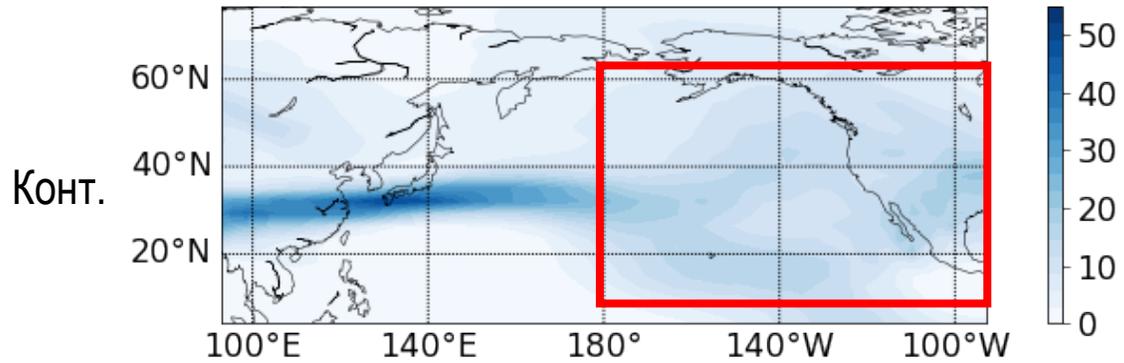
Частота ВСП
без учета финальных
потеплений

ЭНМ 121 ВСП / 100 лет



Струйные течения

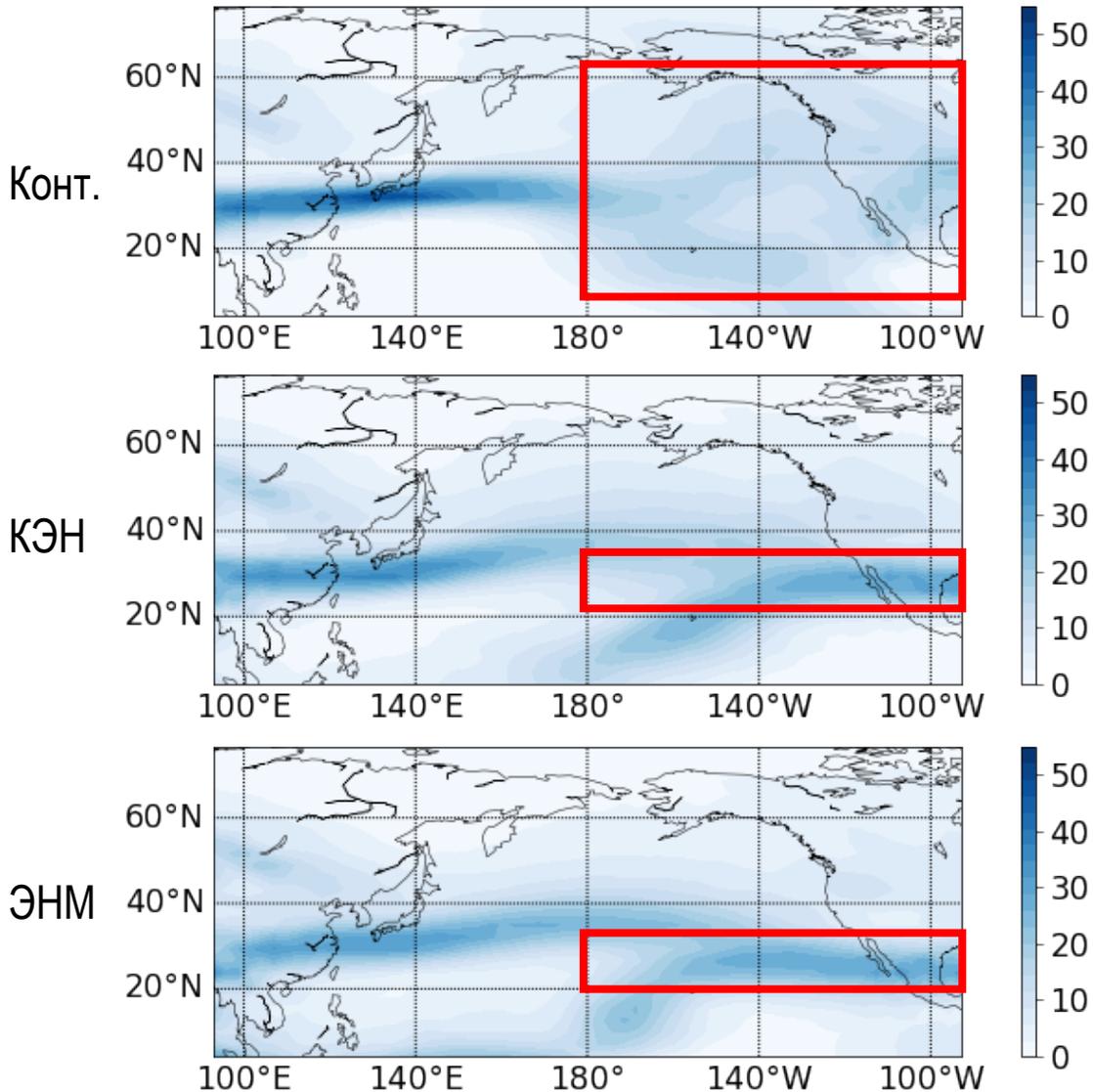
Повторяемость прохождения ядра
струйного течения



- Контрольный:
на западе Тихого океана – одно СТ в субтропиках,
на востоке – высокая изменчивость.

Струйные течения

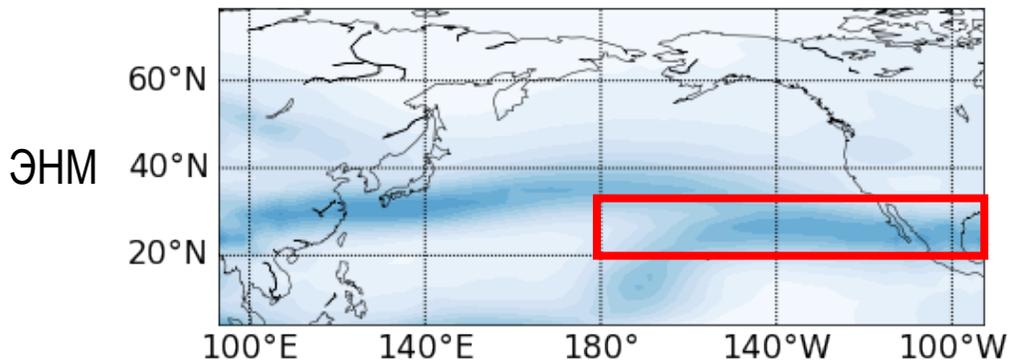
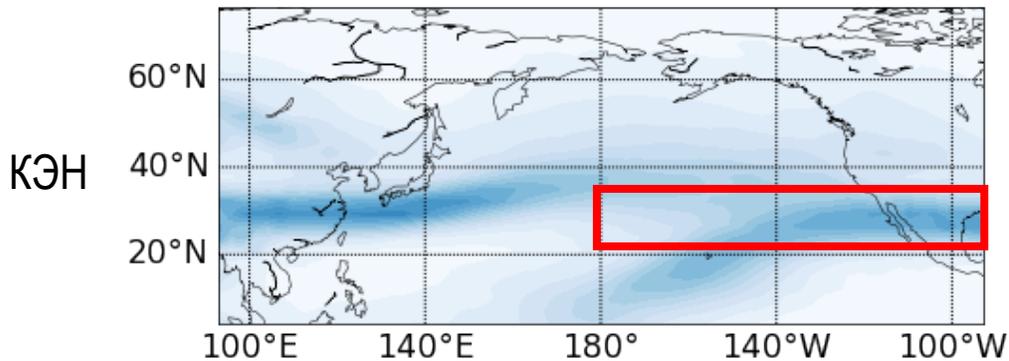
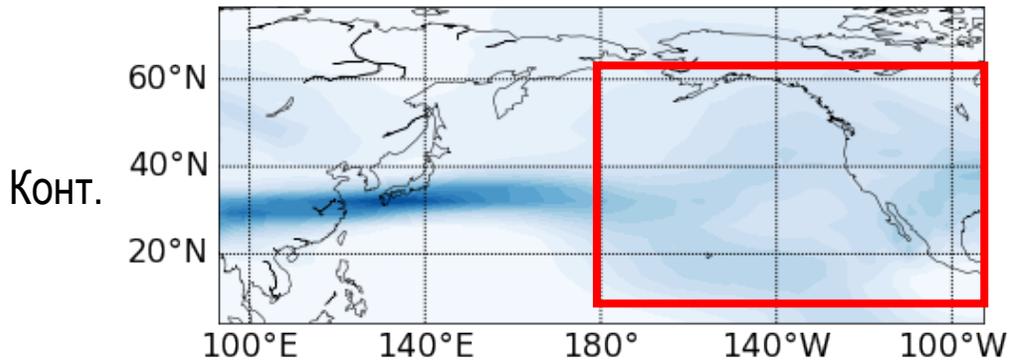
Повторяемость прохождения ядра
струйного течения



- Контрольный:
на западе Тихого океана – одно СТ в субтропиках,
на востоке – высокая изменчивость.
- КЭН и ЭНМ:
на востоке Тихого океана СТ наблюдается между
20° с. ш. и 30° с. ш. с вероятностью 30%.

Струйные течения

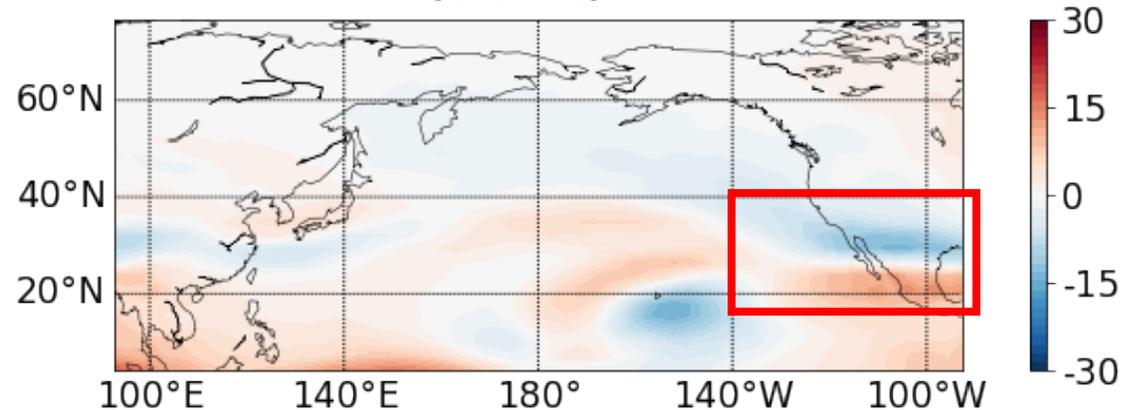
Повторяемость прохождения ядра
струйного течения



- Контрольный:
на западе Тихого океана – одно СТ в субтропиках,
на востоке – высокая изменчивость.
- КЭН и ЭНМ:
на востоке Тихого океана СТ наблюдается между
20° с. ш. и 30° с. ш. с вероятностью 30%.

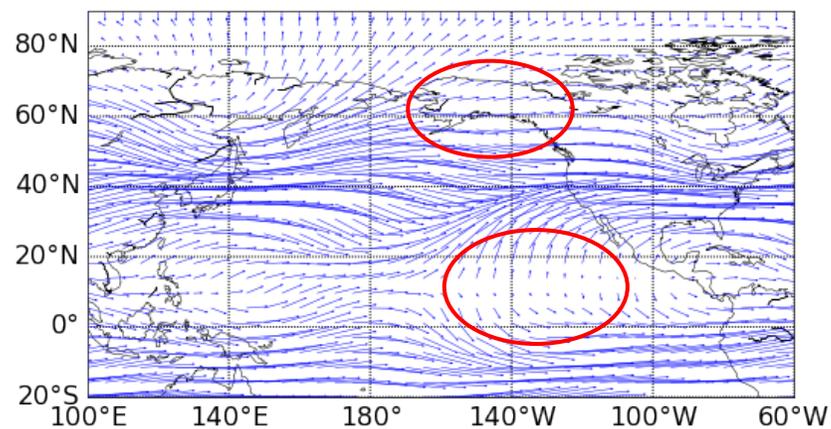
В ЭНМ СТ в районе Мексики находится южнее, чем в КЭН.

ЭНМ – КЭН

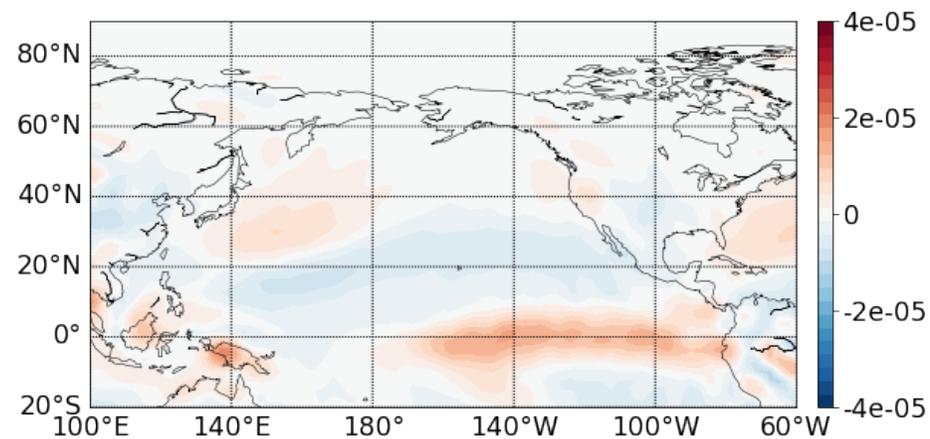


Тропосферная циркуляция

Скорость ветра, 175 гПа

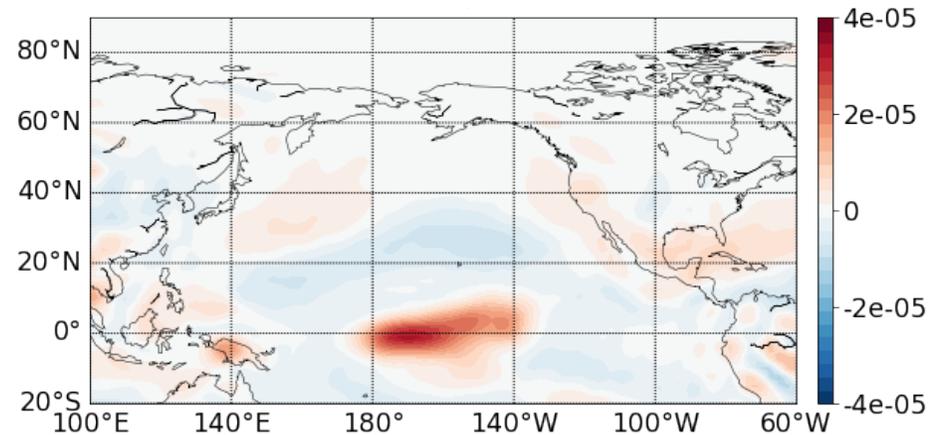
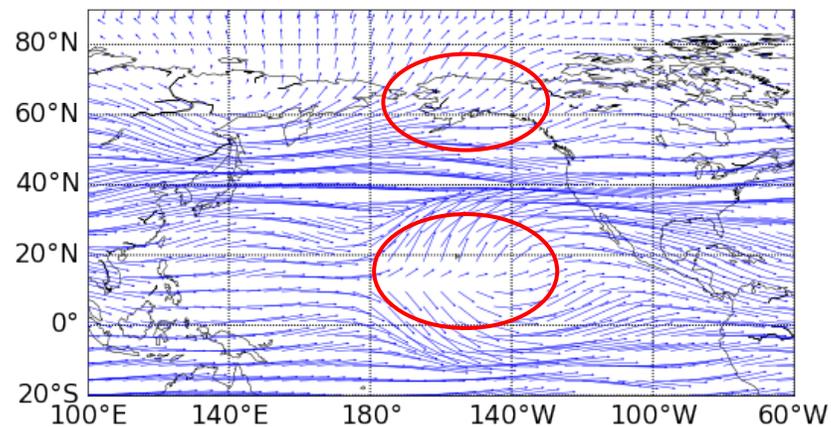


Дивергенция, 175 гПа



Канонический ЭН

ЭН Модоки

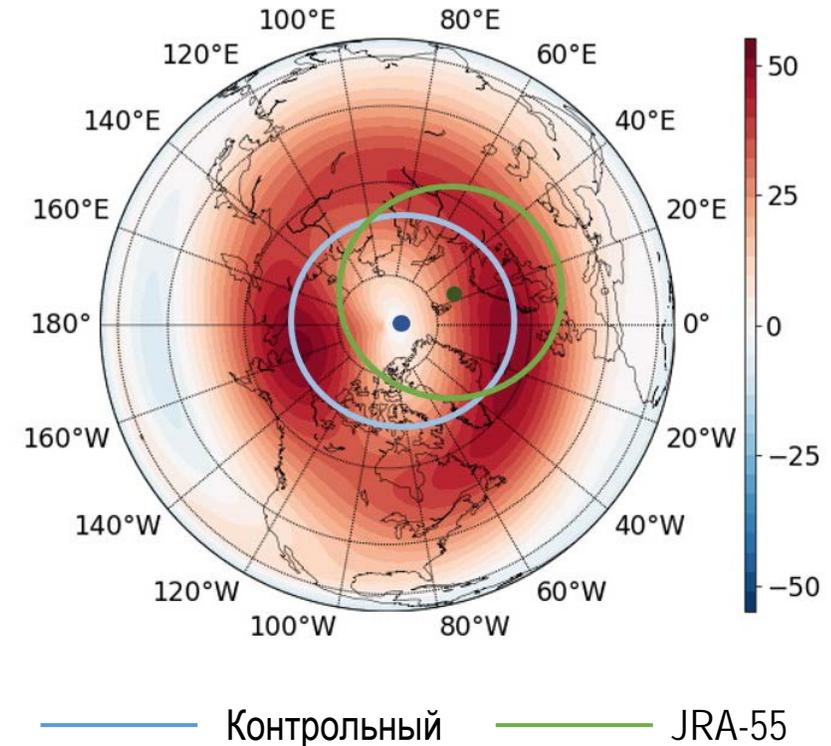
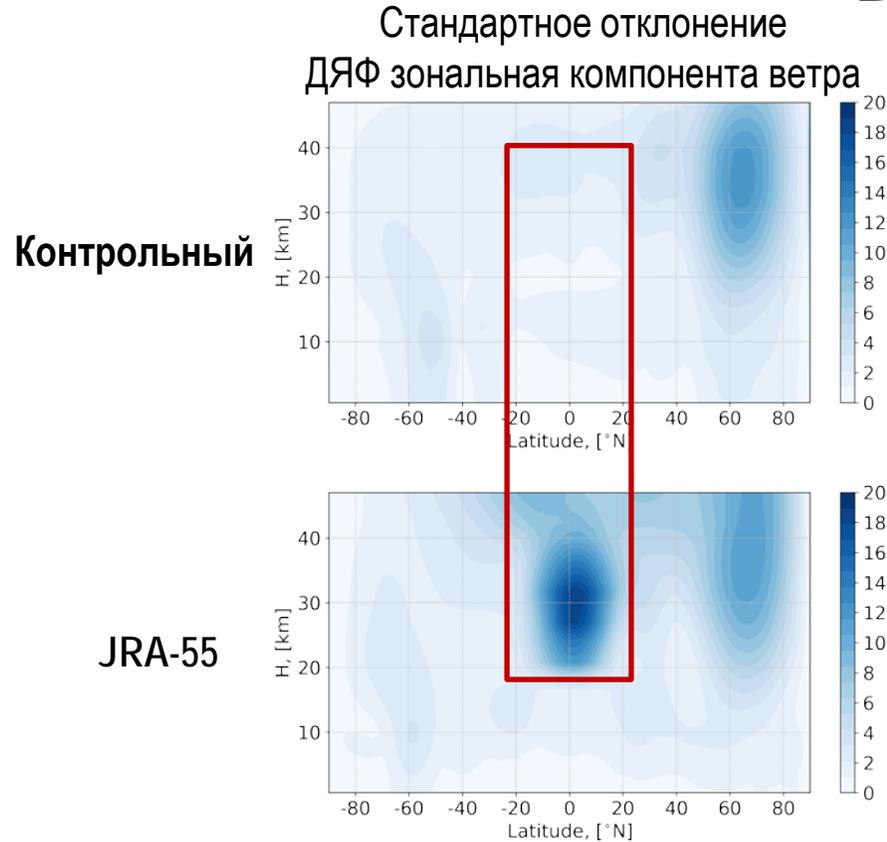


Выводы

- В эксперименте ЭНМ наблюдается более интенсивное и структурированное распространение волны Россби из тропиков в умеренные и полярные широты по сравнению с КЭН, что может объяснять более ослабленный СПВ в ЭНМ по сравнению с КЭН.
- При локализации аномалий ТПО, соответствующей КЭН, в средней тропосфере в зимний период формируется одна волновая структура, в то время как при локализации аномалий ТПО, соответствующей ЭНМ, наблюдается две зонально ориентированные волновые структуры вдоль 20° с.ш. и 40° с.ш.
- В условиях ЭНМ более западное положение дивергенции в средней тропосфере приводит к формированию северо-западных ветров над Мексиканским заливом, тогда как при КЭН в этом регионе наблюдаются слабые западные ветра.
- Область дивергенции в средней тропосфере в КЭН протягивается в экваториальном Тихом океане от 80° з.д. до 180° з.д., в то время как в ЭНМ она локализована между 140° – 180° з.д., что соответствует формированию двух волновых структур.

Спасибо за внимание!

Валидация модели



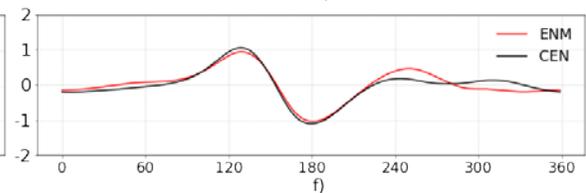
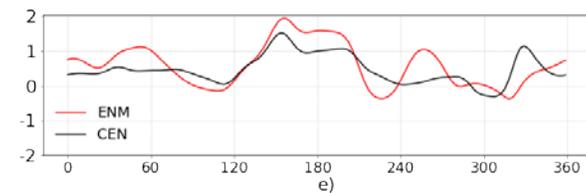
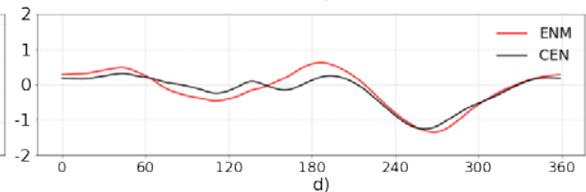
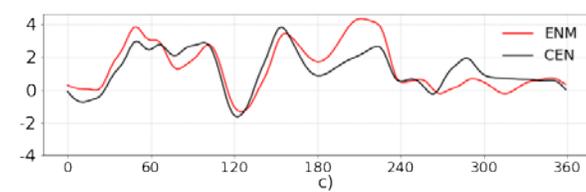
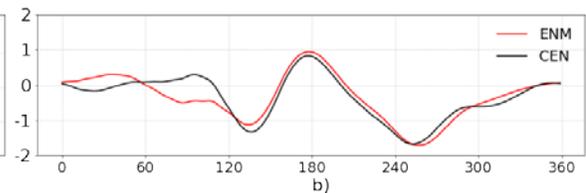
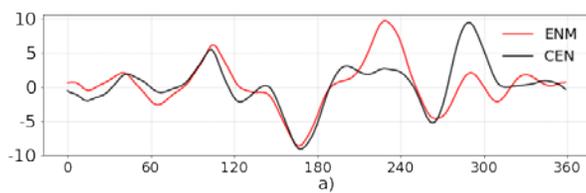
В модельных данных:

- Не воспроизводится КДК* (необходимо разрешение в нижней стратосфере меньше 1км и параметризация достаточно сильного сигнала неорографических гравитационных волн) (Anstey J. A. et al, 2016).
- СПВ более центрирован по сравнению с данными JRA-55.

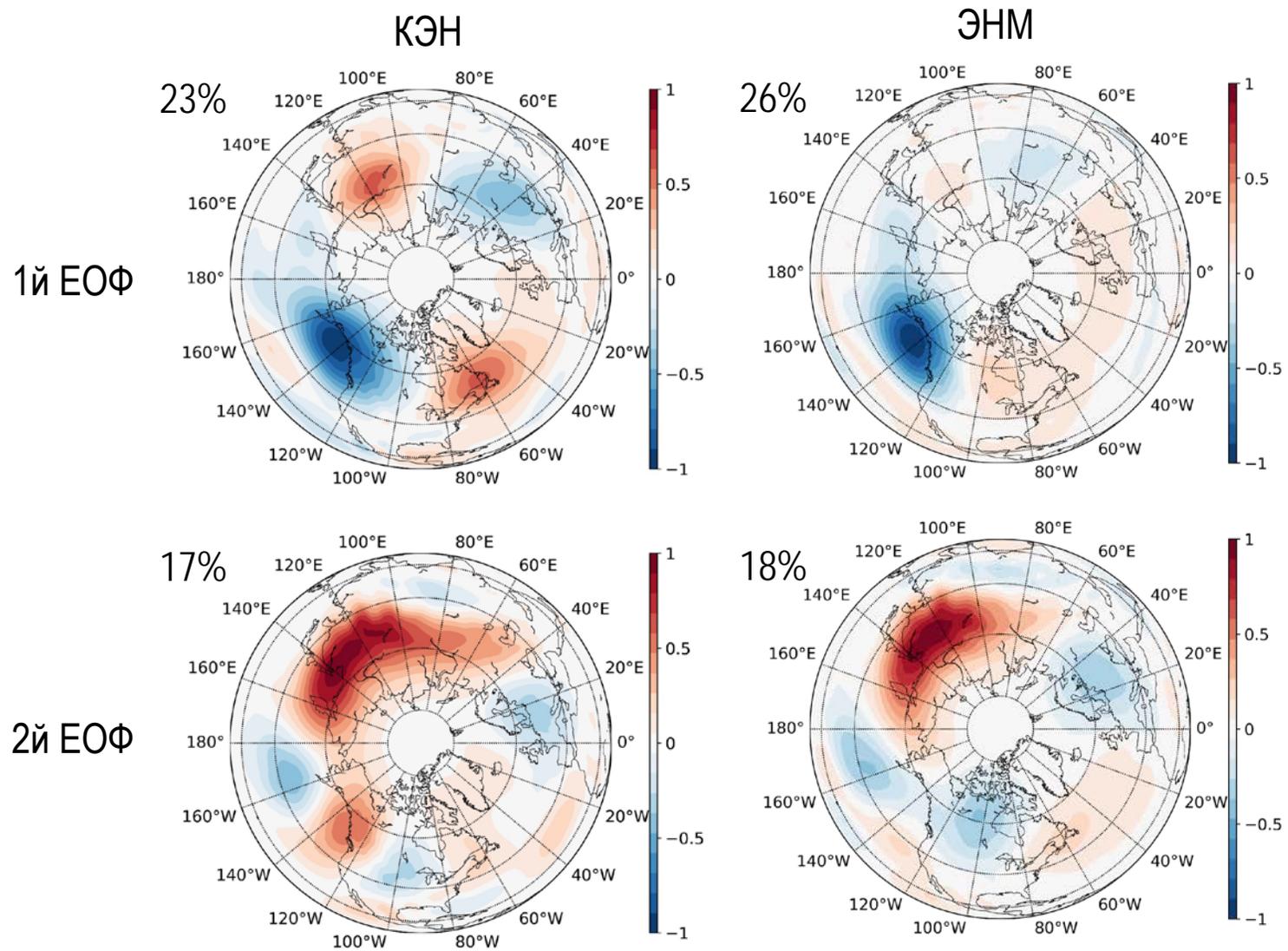


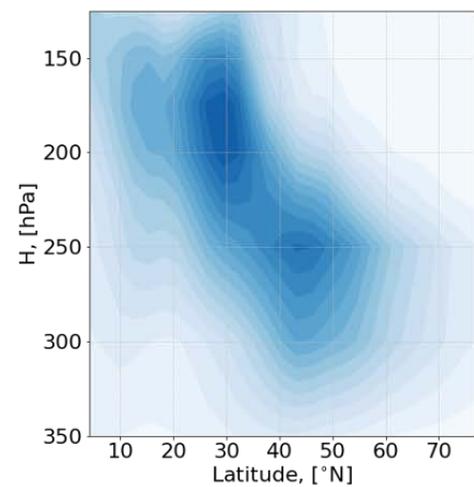
Более подробную информацию о валидации модели можно найти в статье:

Sobaeva, D., Zyulyaeva, Y., & Gulev, S. (2023). ENSO and PDO Effect on Stratospheric Dynamics in Isca Numerical Experiments. *Atmosphere*, 14(3), 459.

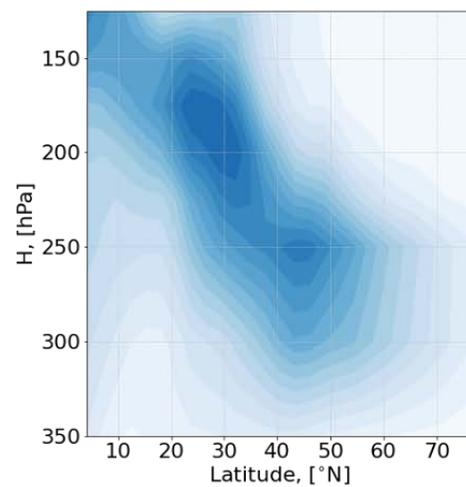


ЕОФ вертикальной компоненты потока Пламба на 100 гПа

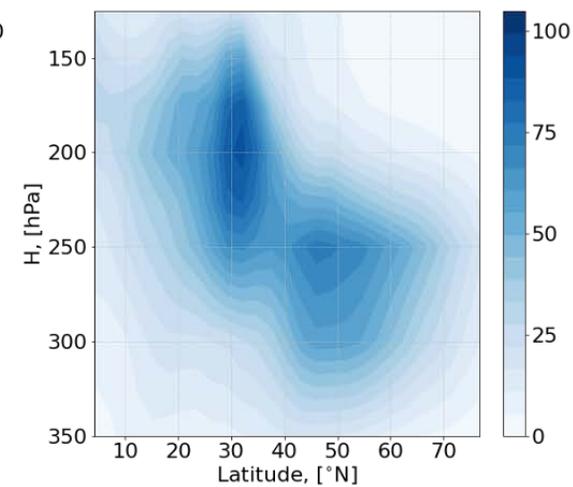




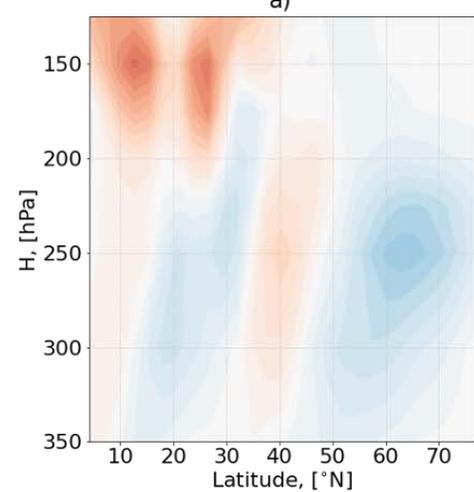
a)



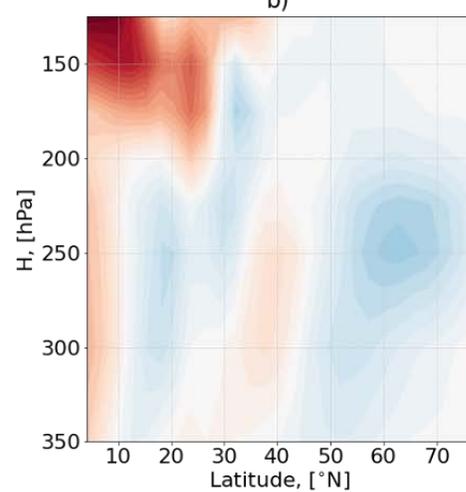
b)



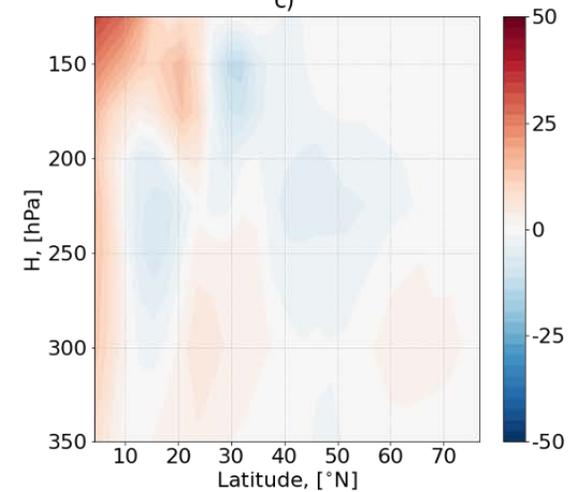
c)



d)

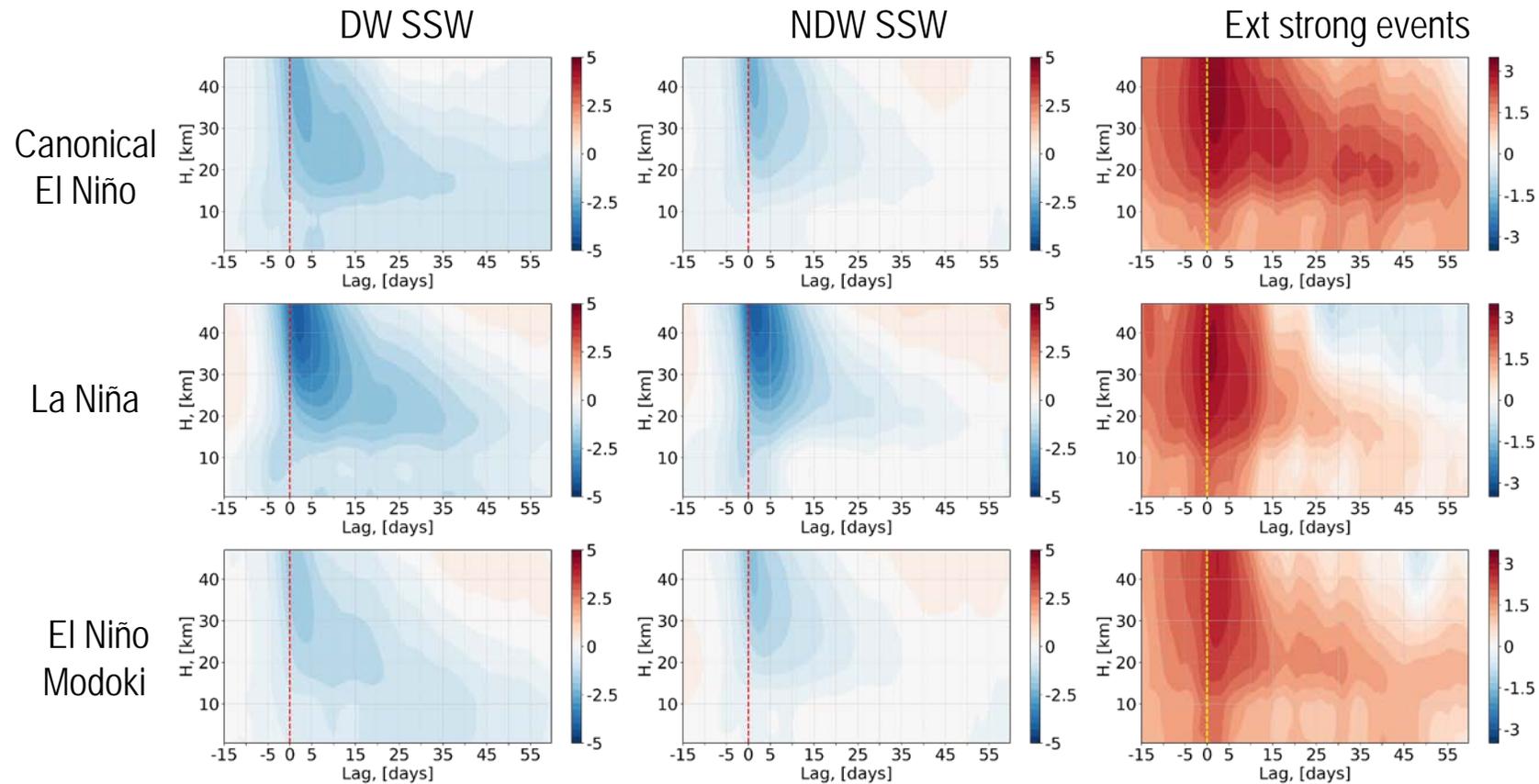


e)



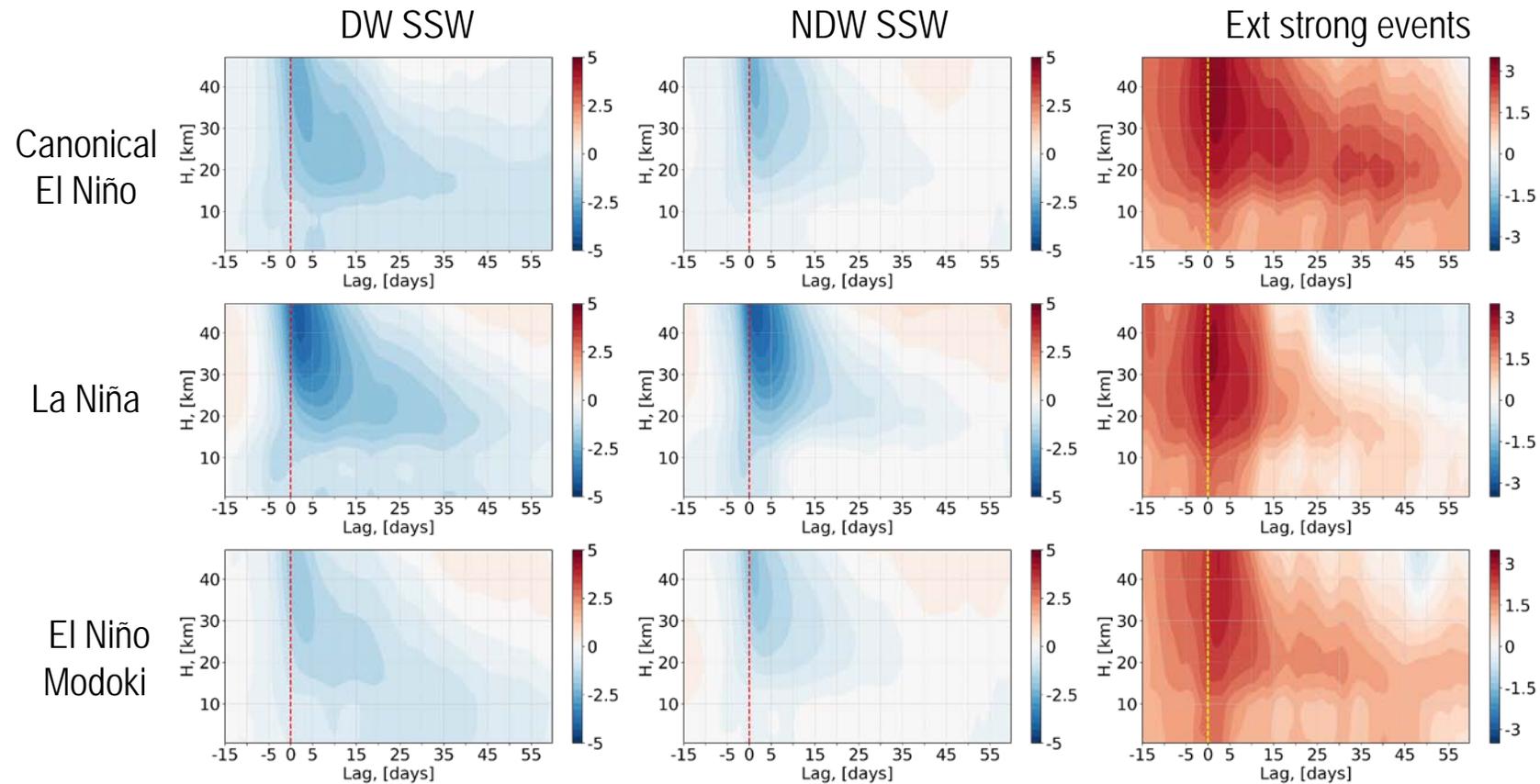
f)

Sudden stratospheric warmings



Experiment	SSW (nov-mar)	DW, %	NDW, %	Ext strong events
CTRL	40	65	35	13
El Niño	110	35	65	19
El Niño Modoki	134	38	62	16
La Niña	76	51	49	13

Sudden stratospheric warmings



Experiment	SSW (nov-mar)	DW, %	NDW, %	Ext strong events
CTRL	40	65	35	13
El Niño	110	35	65	19
El Niño Modoki	134	38	62	16
La Niña	76	51	49	13

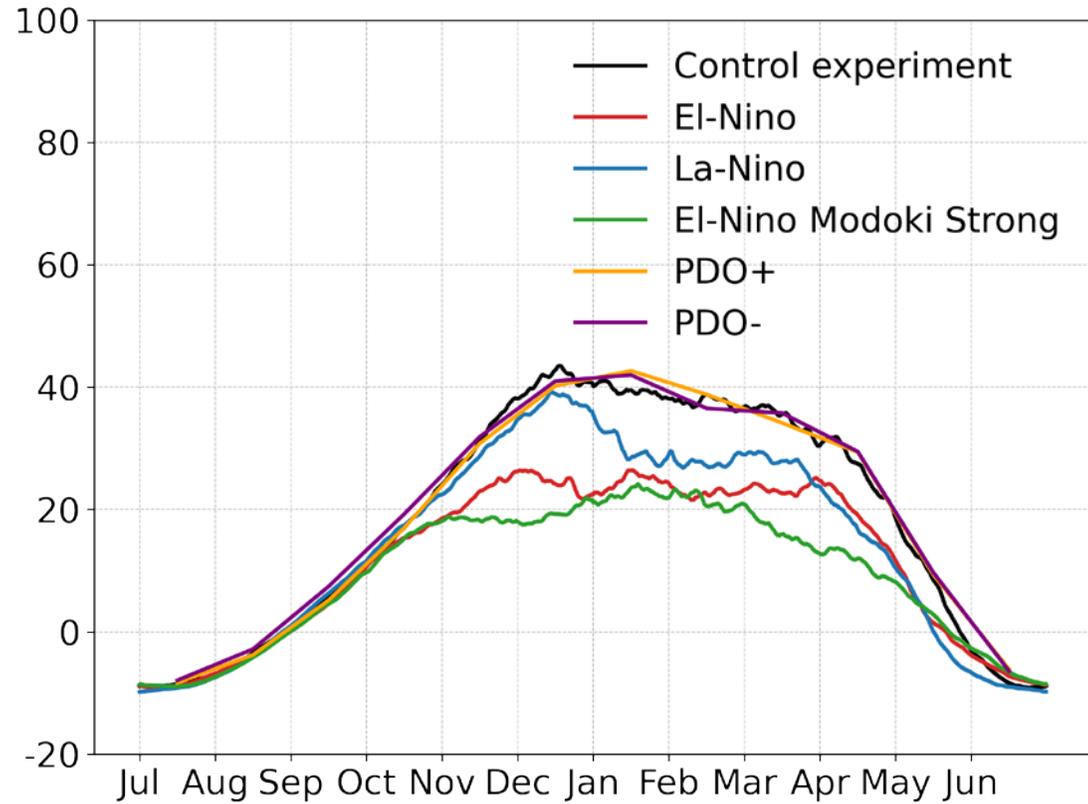
12 July 2023, 16:00-16:15

Troposphere-stratosphere interaction during different ENSO and PDO phases in idealised model experiments
 Y. Zyulyaeva, D. Sobaeva, S. Gulev

Intensity of the SPV

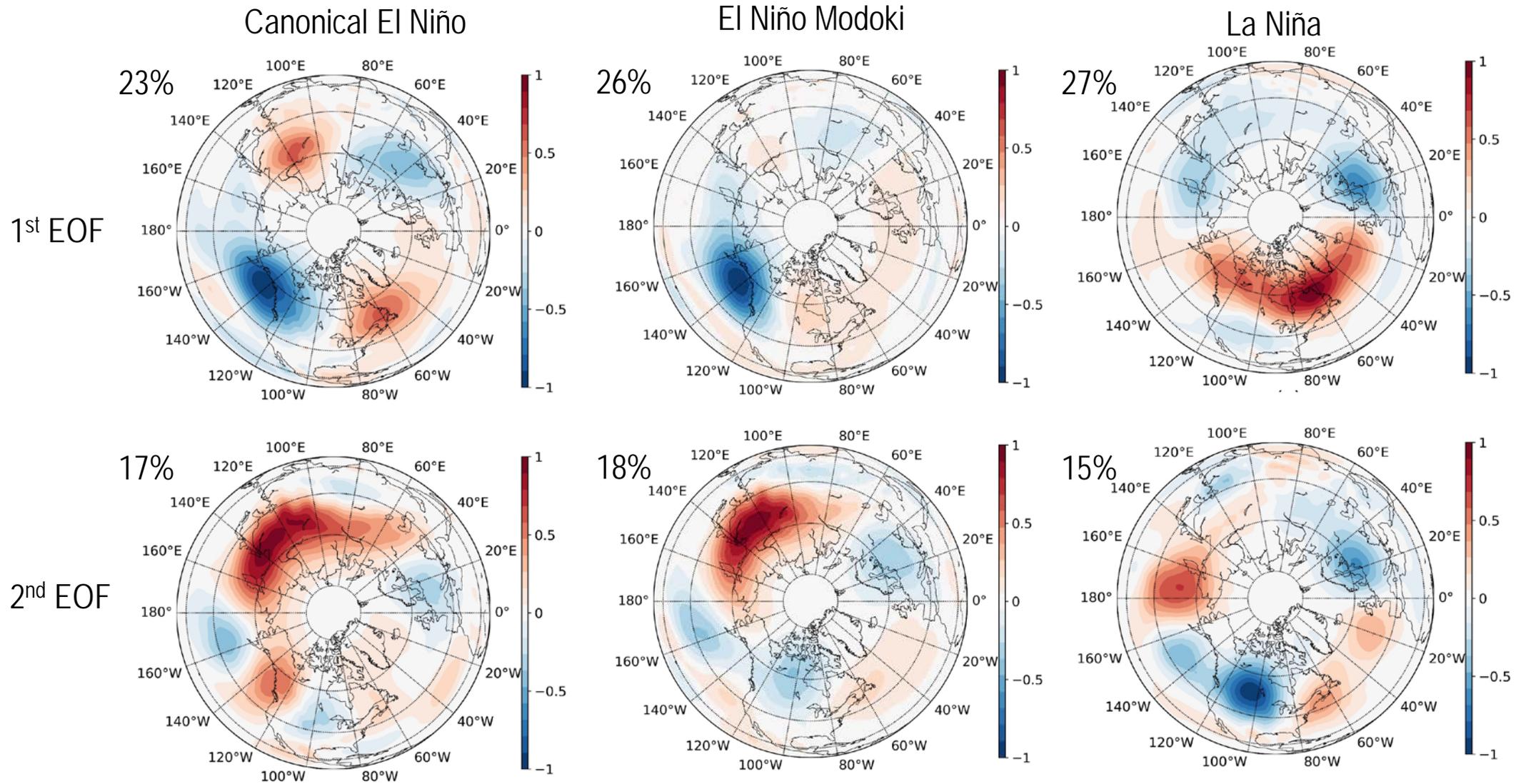
- No significant influence from the PDO.
- Canonical El Niño, El Niño Modoki, La Niña weaken the intensity of the SPV.
- Statistically significant differences in November, December, March in experiments CEN and ENM.
- SPV is weaker in spring in ENM experiment.

60°N zonal mean zonal wind at 10 hPa



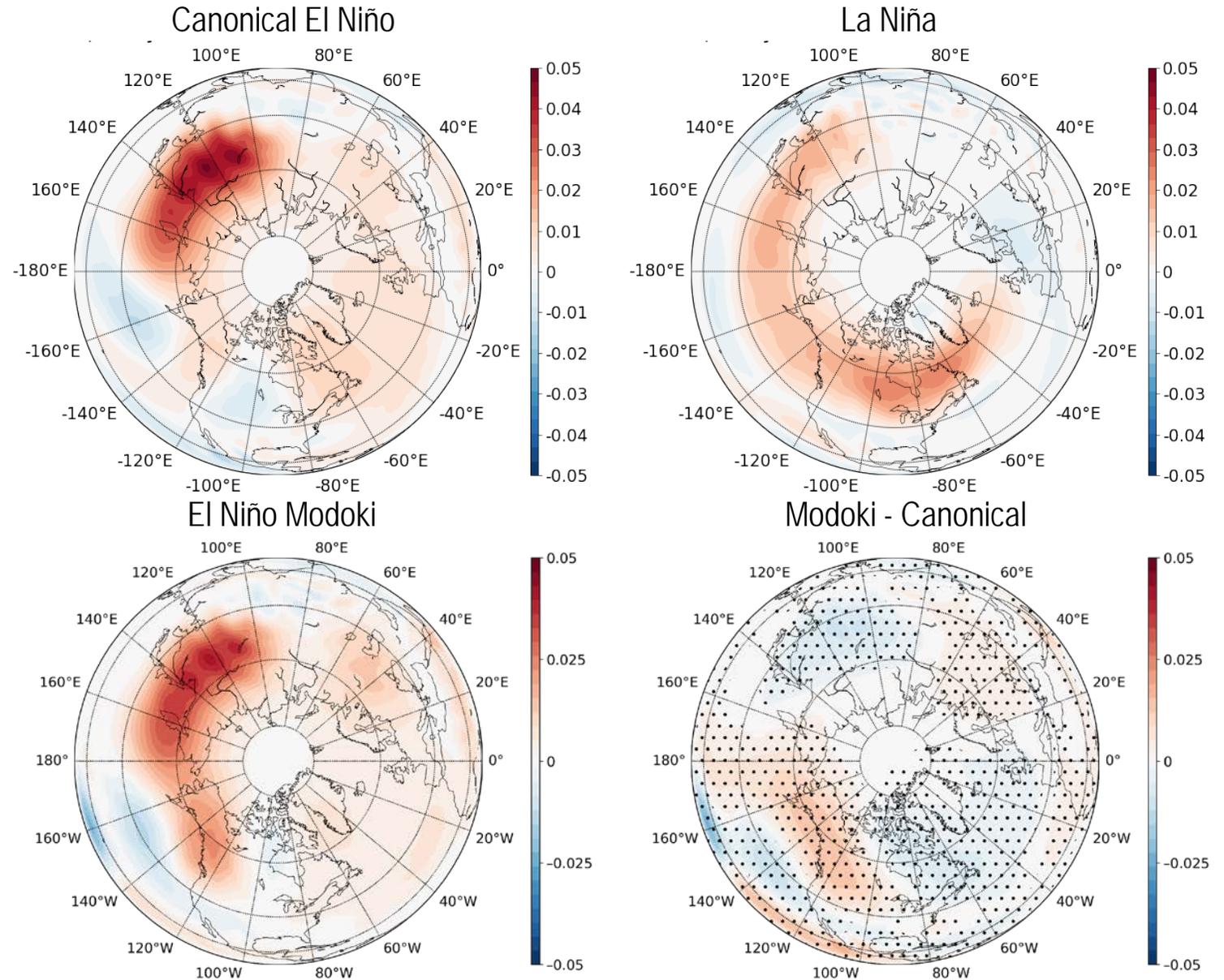
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
Canonical EN – CTRL						
EN Modoki – CTRL						
LN – CTRL						

EOF of the vertical component of the Plumb flux at 100 hPa



Vertical component of the Plumb flux at 100 hPa

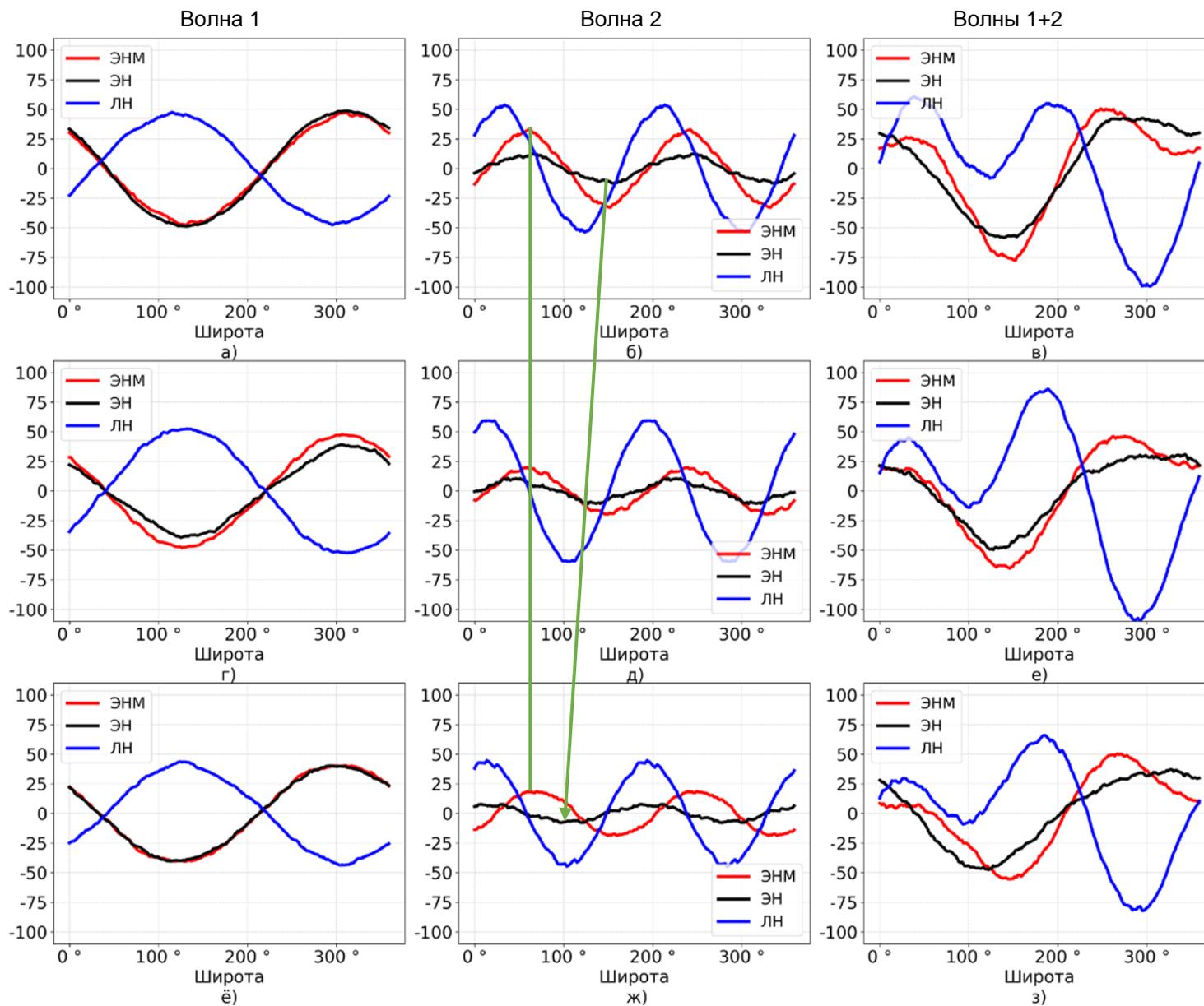
- The highest intensity of the vertical component is in CEN experiment.
- Different regions of intensification:
 Canonical EN – eastern Siberia
 EN Modoki – eastern Siberia and north-west Canada near Vancouver island
 LN – Labrador peninsula



Thank you for your attention!

Are there any questions left?
Please refer to our article.

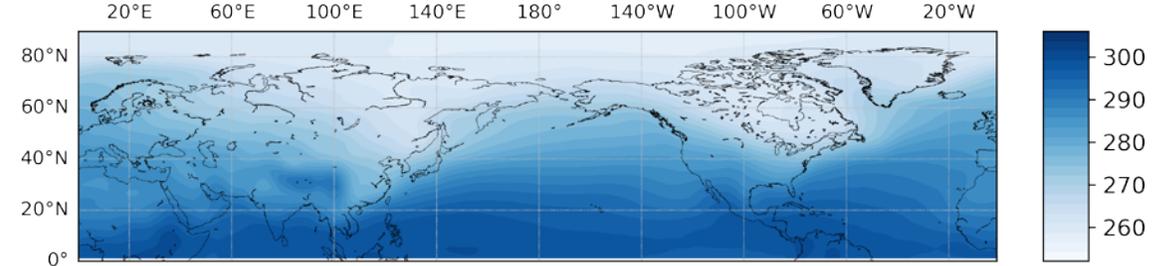




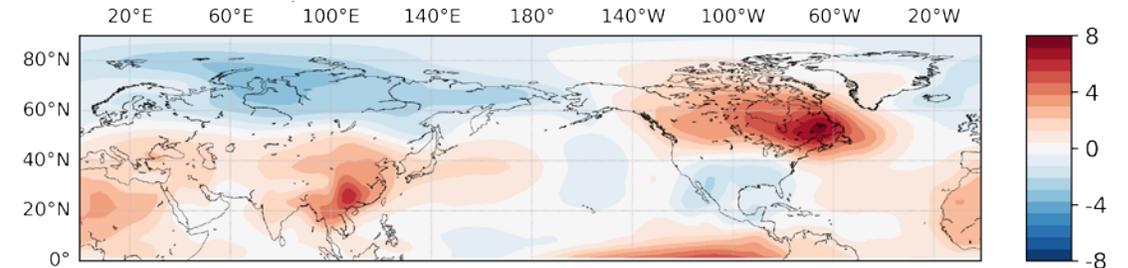
Temperature at 1000 hPa

- Higher temperature anomalies over North America (except Labrador peninsula) and Europe in ENM experiment compared to EN.
- Lower temperature anomalies over western part of North Atlantic ocean in ENM experiment compared to EN.

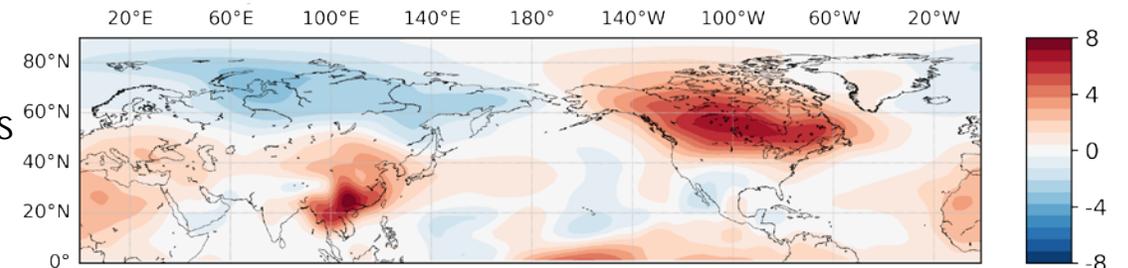
CTRL DJF T
1000 hPa



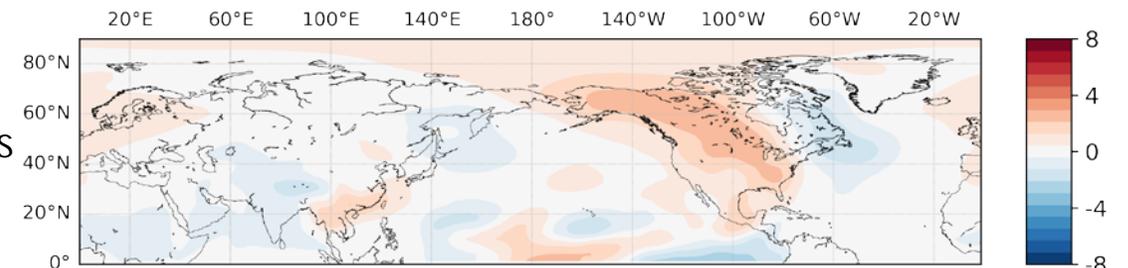
DJF T anomalies
EN - CTRL



DJF T anomalies
ENM - CTRL



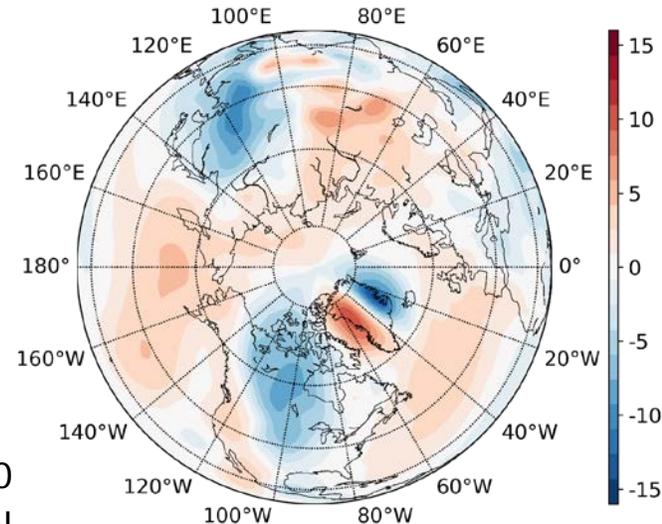
DJF T anomalies
ENM - EN



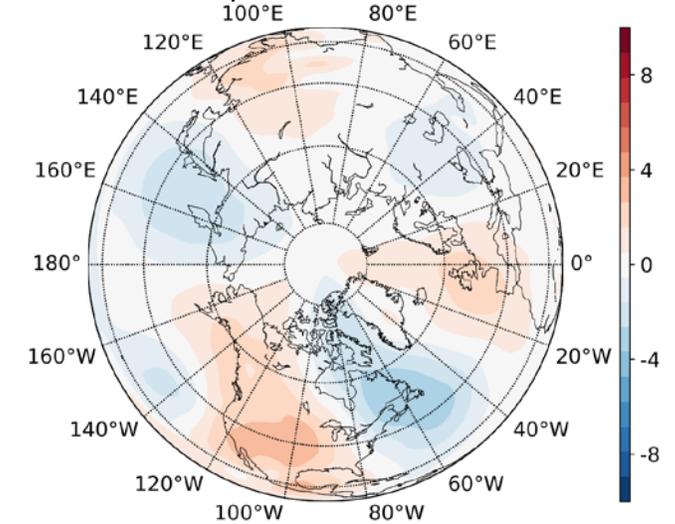
Wind meridional component at 850 hPa

- Increased wave propagation from tropics to mid-latitudes in Modoki compared to Canonical EN experiment.

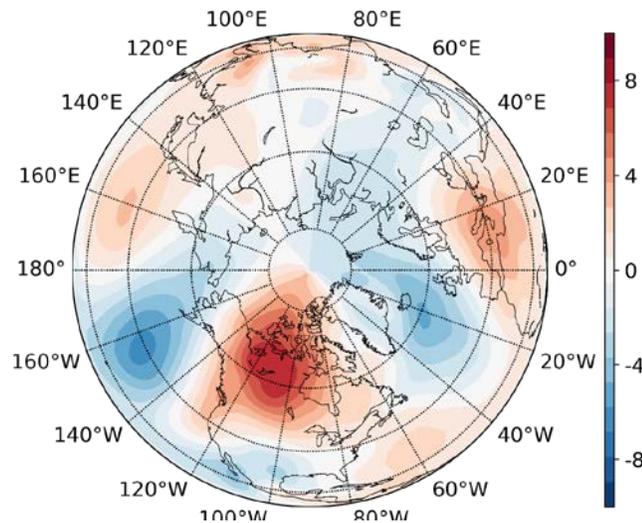
CTRL DJF vcomp, 850 hPa



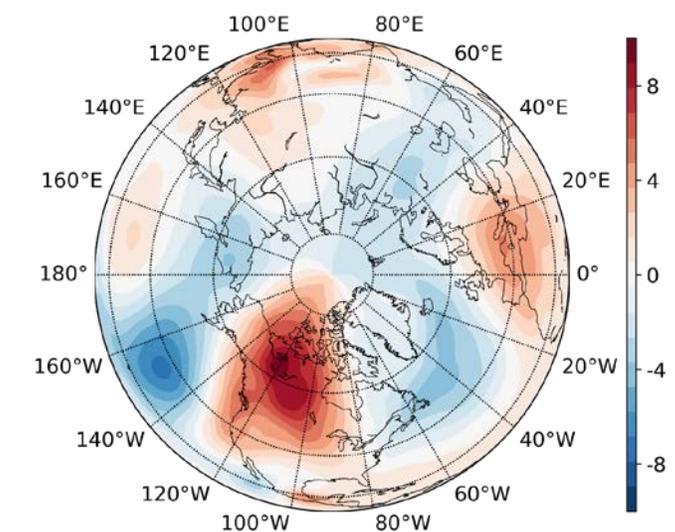
Modoki - Canonical DJF
vcomp anomalies, 850 hPa



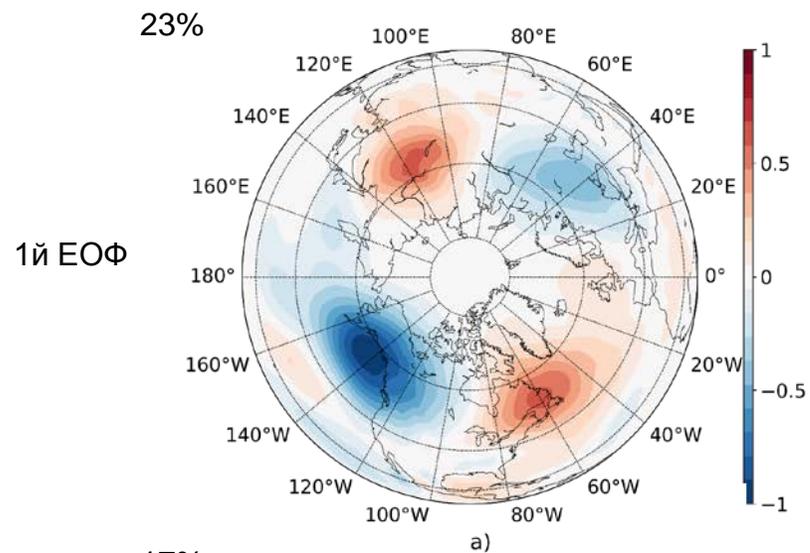
Canonical EN - CTRL DJF
vcomp anomalies, 850 hPa



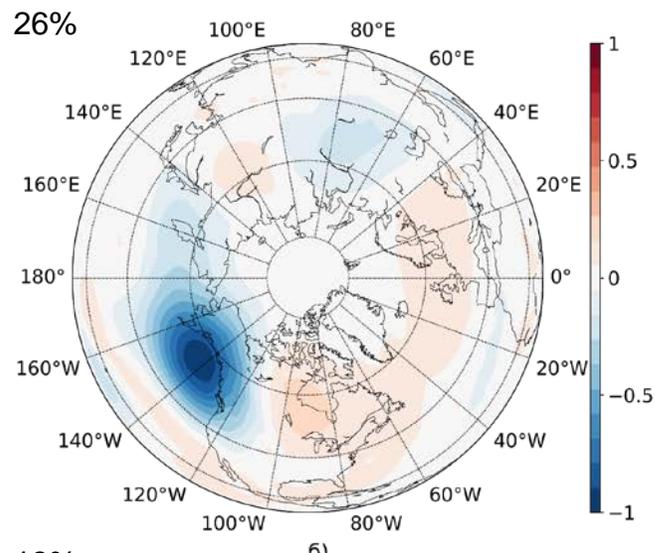
EN Modoki - CTRL DJF
vcomp anomalies, 850 hPa



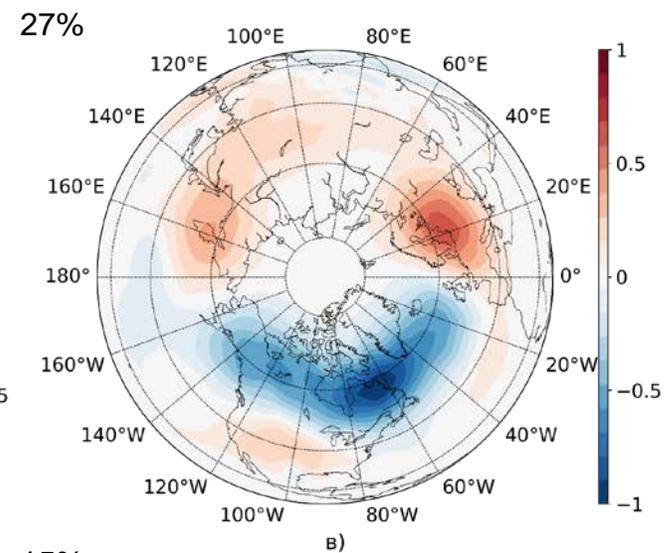
Каноническое Эль-Ниньо



Эль-Ниньо Модоки

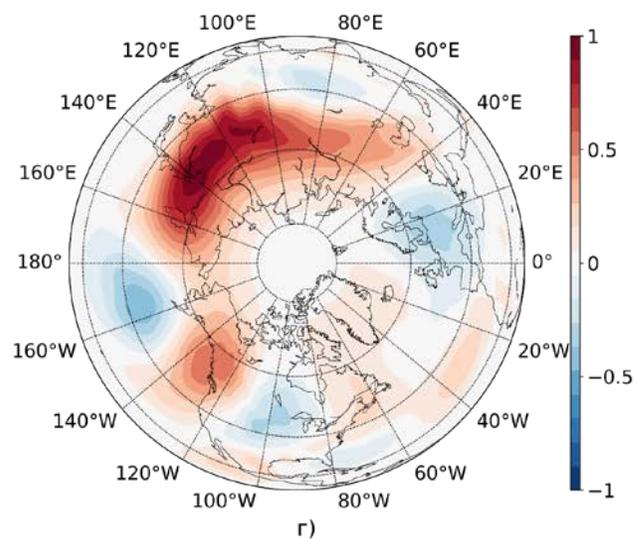


Ла-Нинья

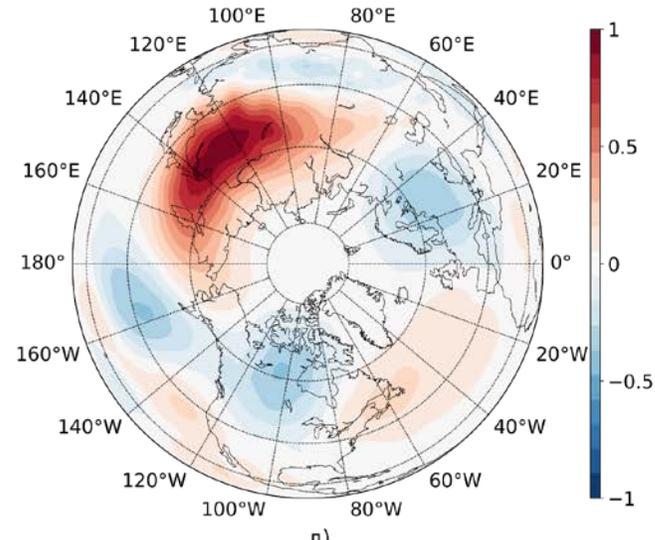


17%

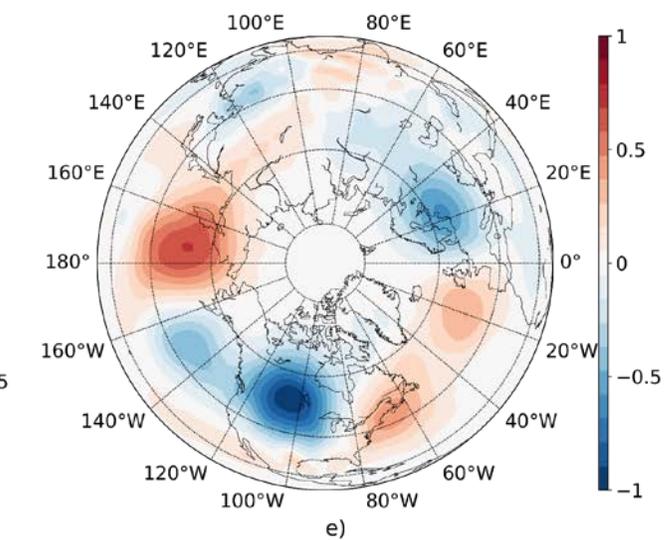
2й ЕОФ

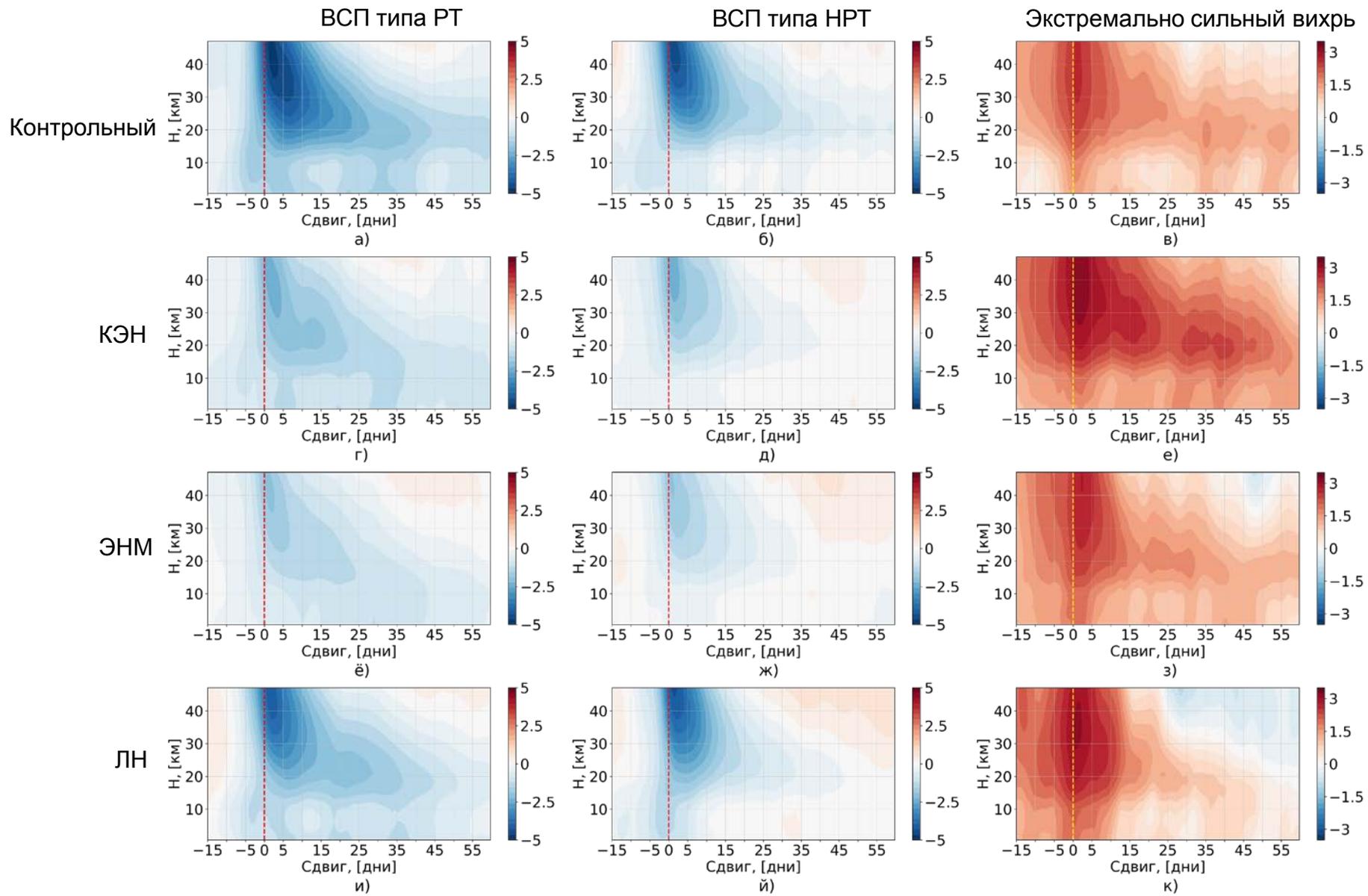


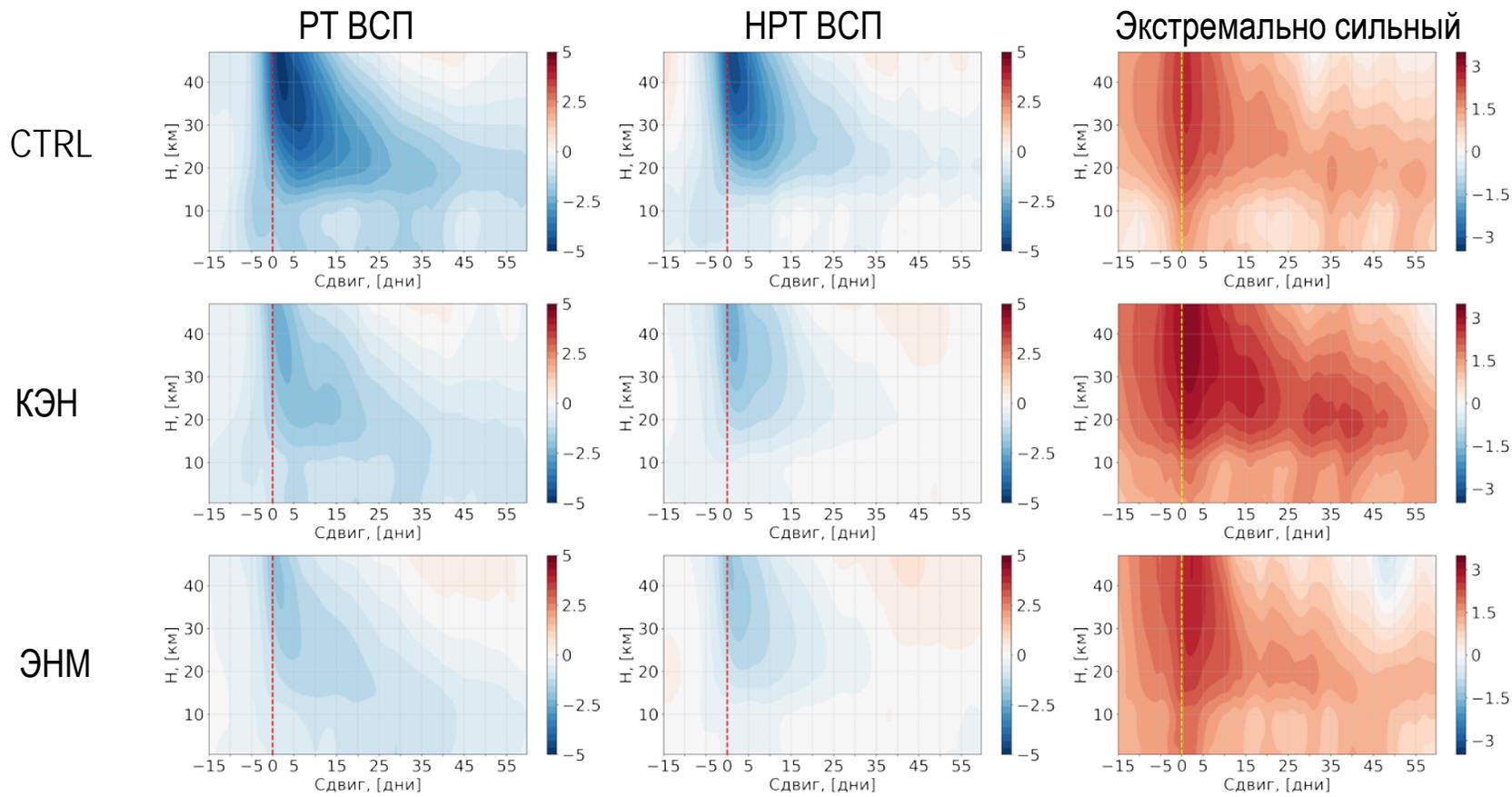
18%



15%

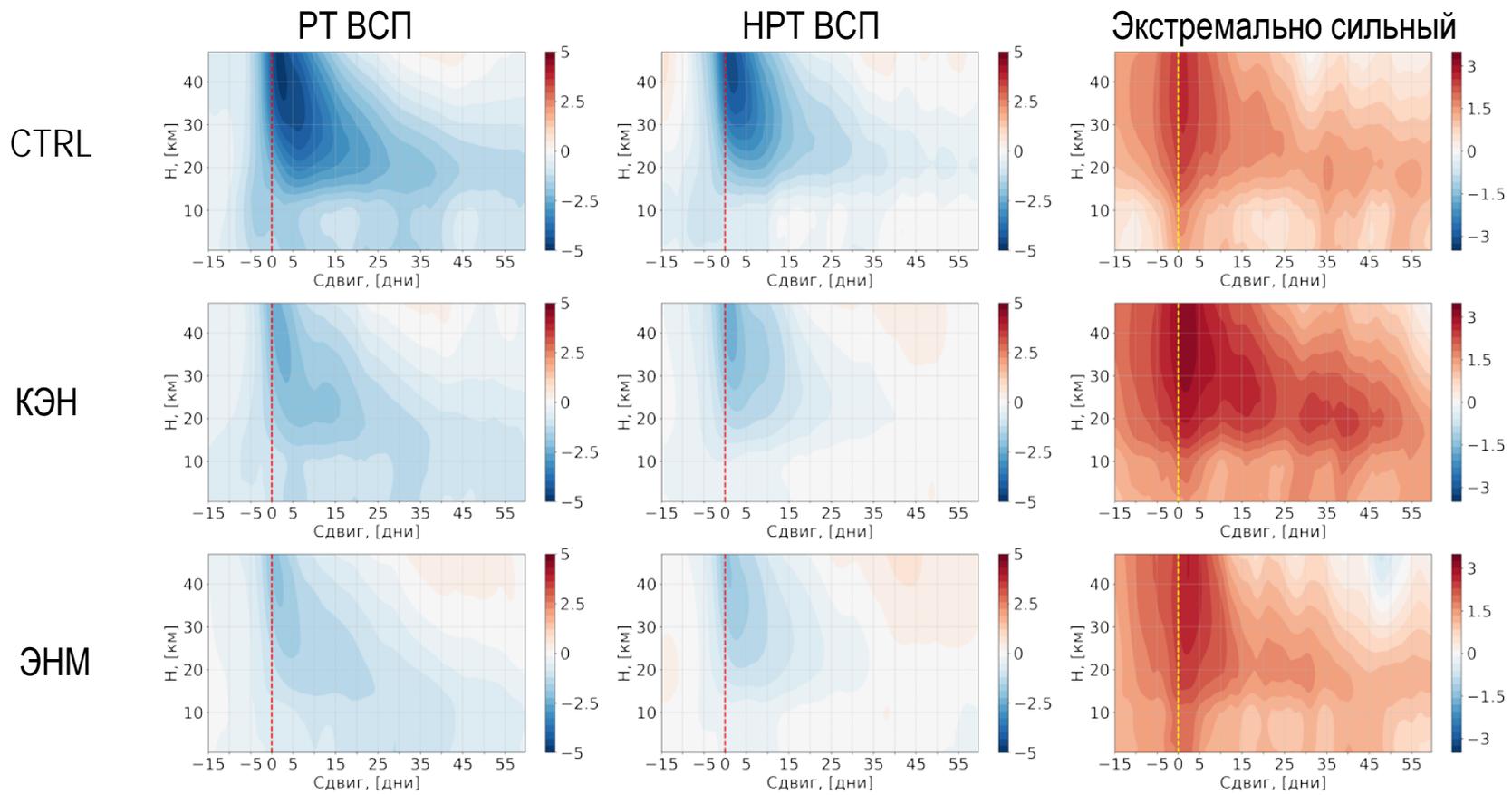






Эксперимент	ВСП (ноябрь-март)	РТ, %	НРТ, %	Экстремально сильный
CTRL	35	63	37	13
КЭН	105	35	65	19
ЭНМ	121	37	63	16
ЛН	69	49	51	13

Внезапные стратосферные потепления



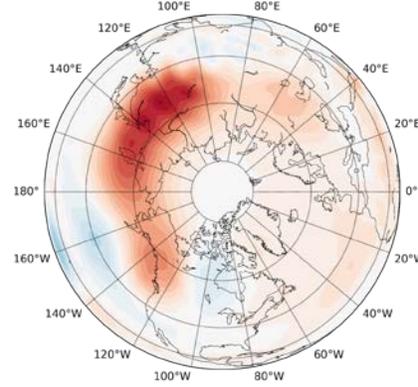
Эксперимент	ВСП (ноябрь-март)	РТ, %	НРТ, %	Экстремально сильный
CTRL	35	63	37	13
КЭН	105	35	65	19
ЭНМ	121	37	63	16
ЛН	69	49	51	13

65% – 35%

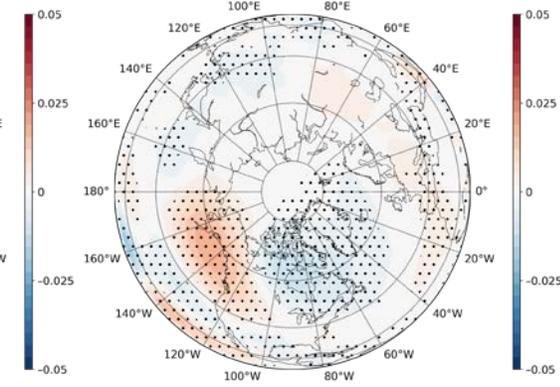
35% – 65%

50% – 50%

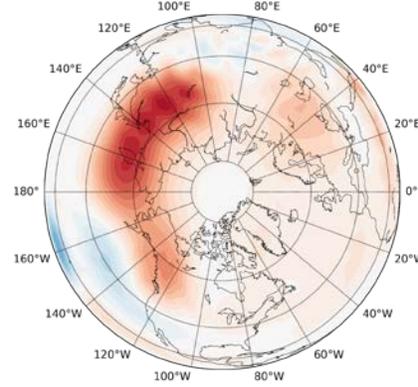
El Nino Modoki Fz dec, 100 hPa



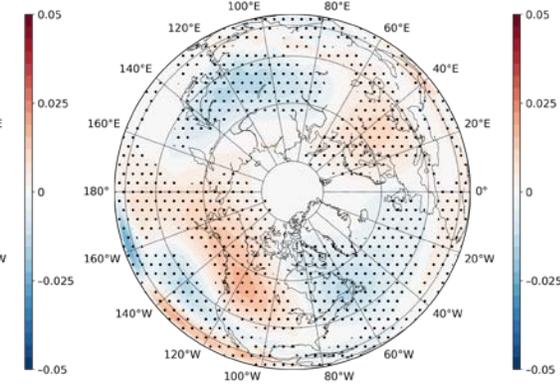
El Nino Modoki and El Nino Fz dec diff, 100 hPa



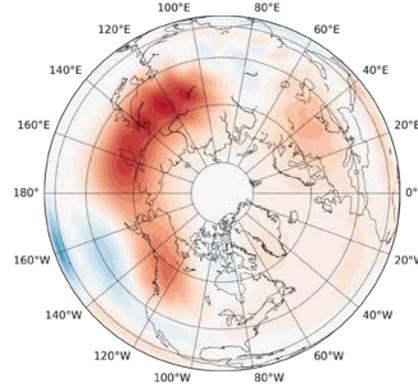
El Nino Modoki Fz jan, 100 hPa



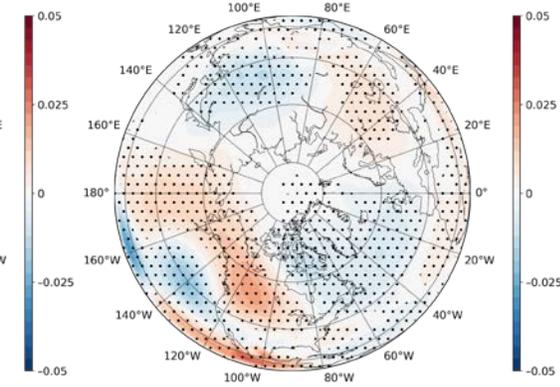
El Nino Modoki and El Nino Fz jan diff, 100 hPa



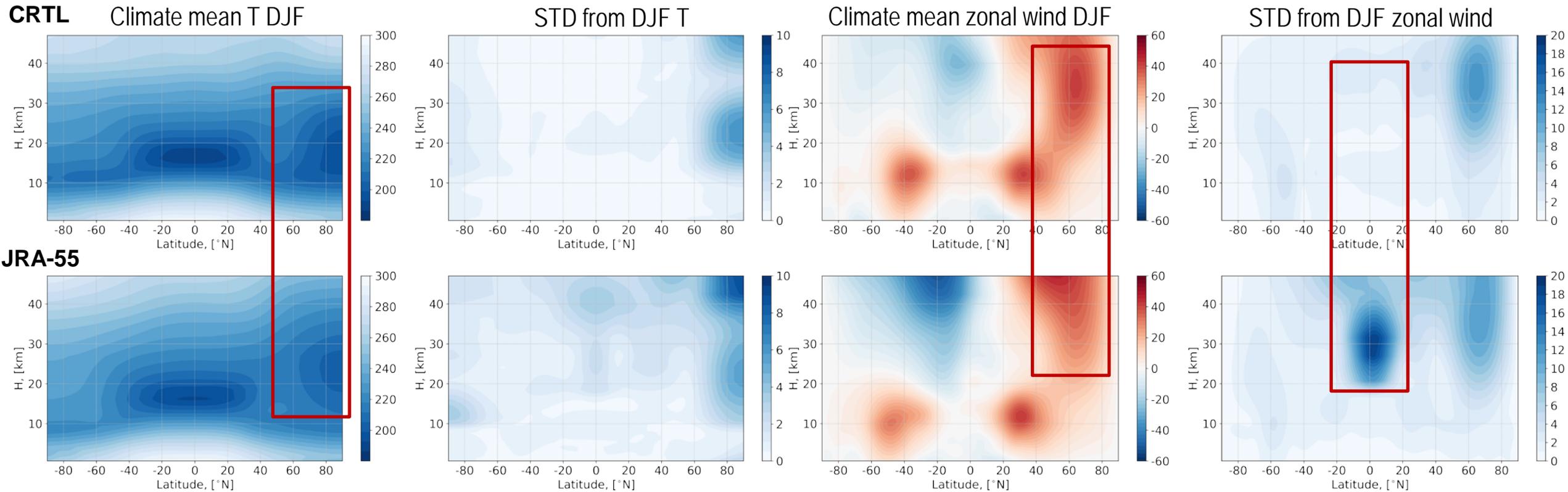
El Nino Modoki Fz feb, 100 hPa



El Nino Modoki and El Nino Fz feb diff, 100 hPa



Model validation: zonal structure

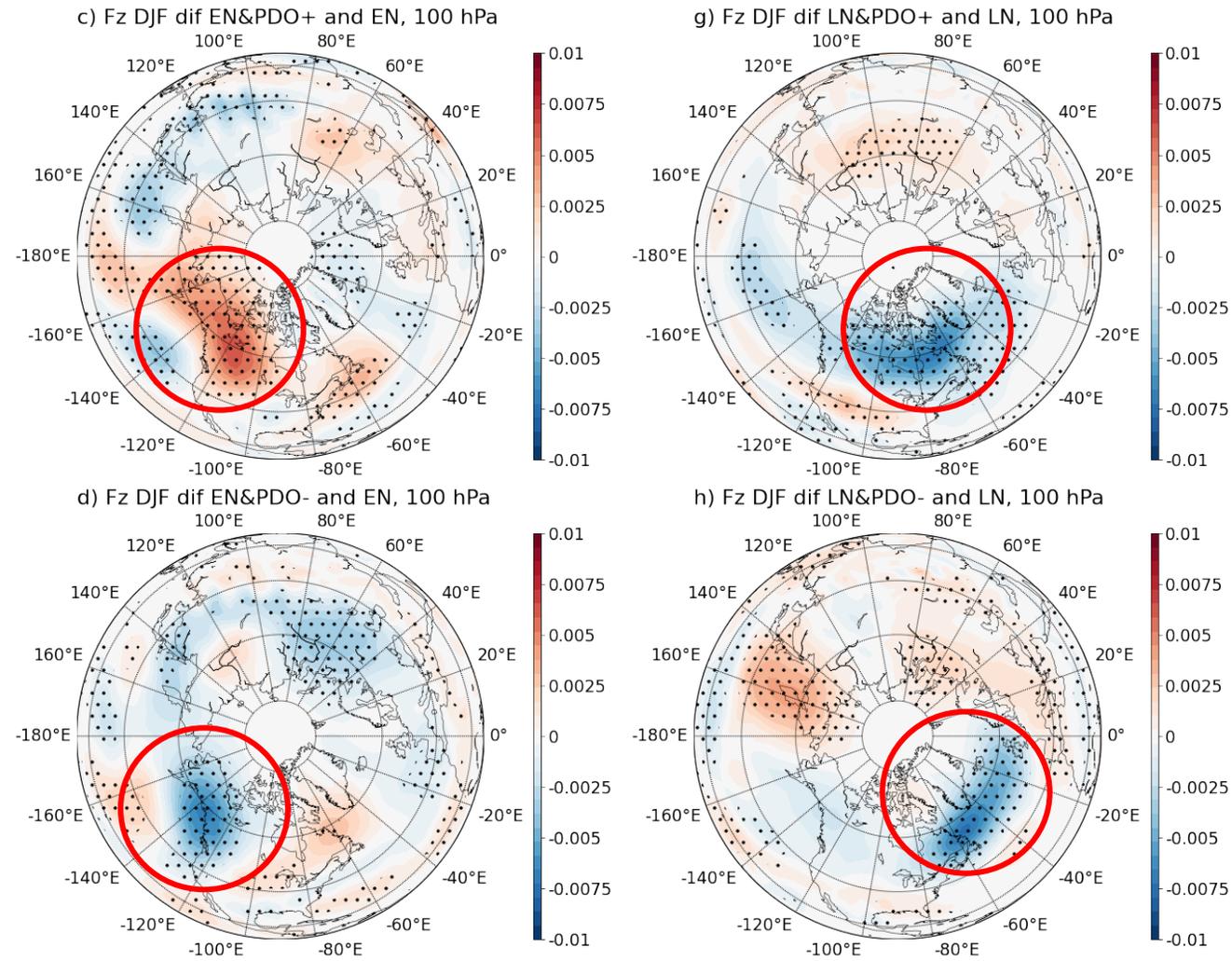


In model data:

- Polar stratosphere is colder (less disturbed stratosphere)
- Jet axis is lower (upper boundary lid)
- No QBO (more precise vertical resolution is needed in the lower tropical stratosphere and sufficiently strong forcing by parameterized nonorographic gravity wave drag)*

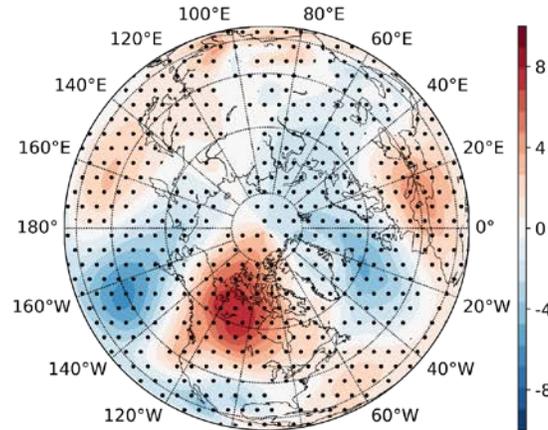
* Anstey J. A., Scinocca J. F., Keller M. Simulating the QBO in an atmospheric general circulation model: Sensitivity to resolved and parameterized forcing //Journal of the Atmospheric Sciences. – 2016. – T. 73. – №. 4. – C. 1649-1665.

Vertical component of the Plumb flux at 100 hPa

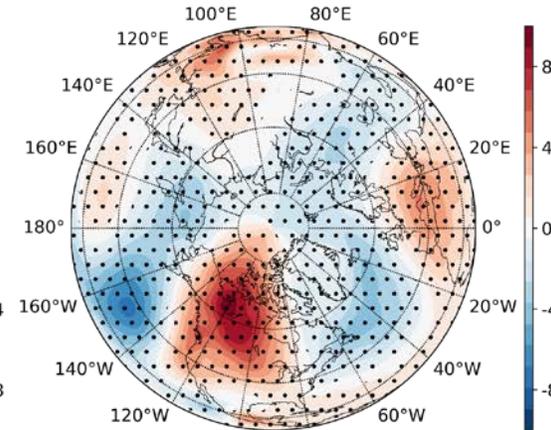


DJF vcomp anomalies at 850 hPa

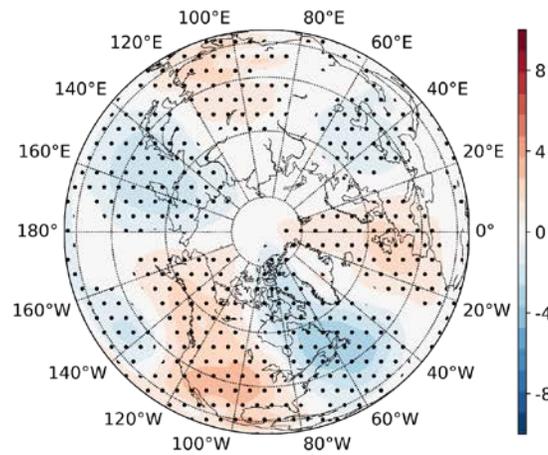
DJF vcomp anomalies,
El Nino - Control, 850hPa



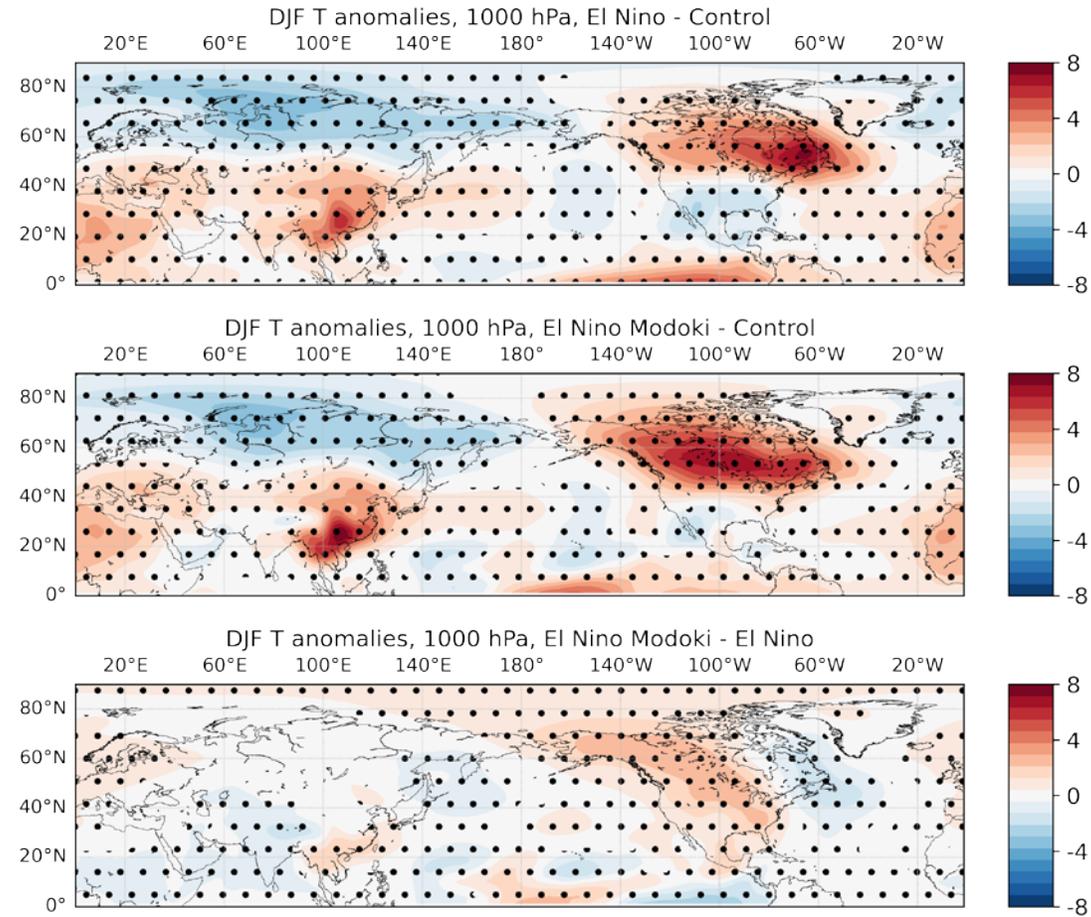
DJF vcomp anomalies,
El Nino Modoki - Control, 850hPa

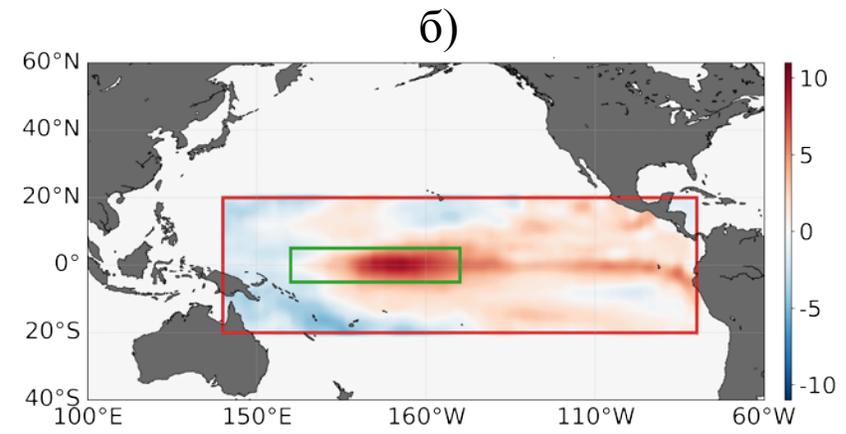
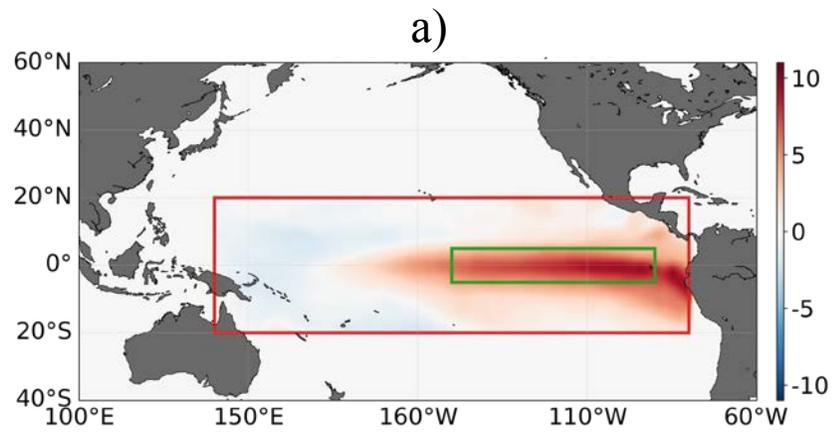
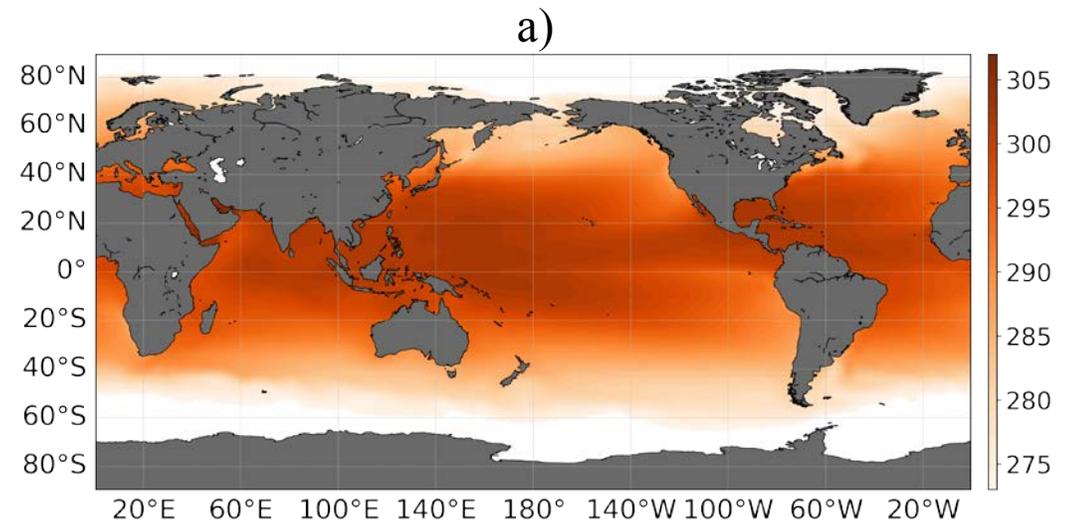


DJF vcomp anomalies,
El Nino Modoki - El Nino, 850hPa

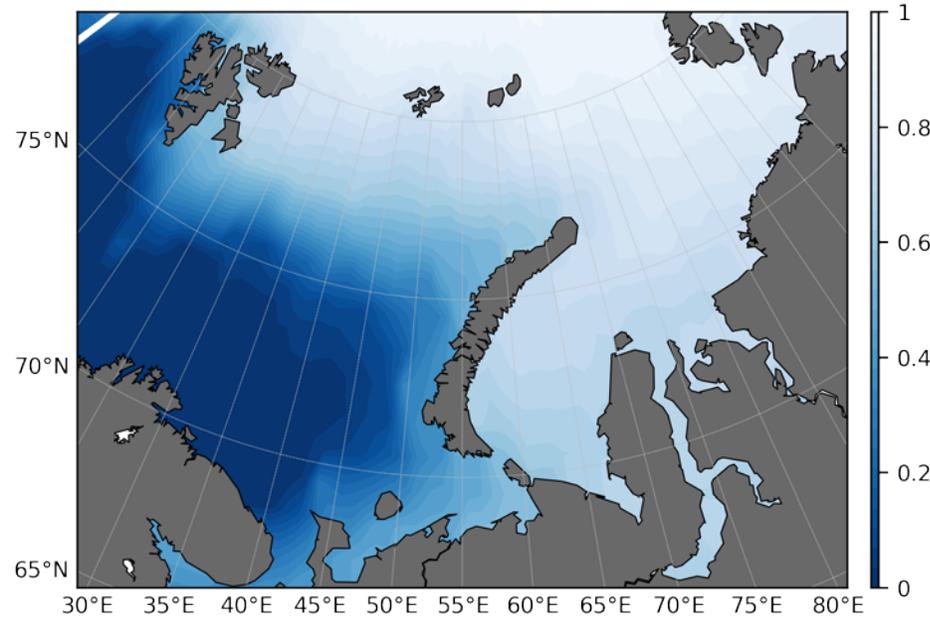


DJF temperature anomalies at 850 hPa

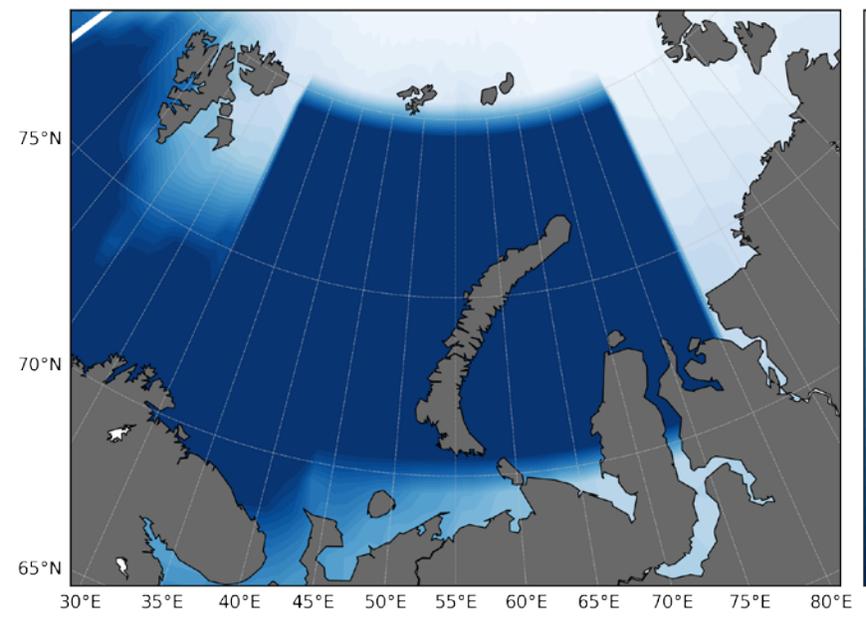




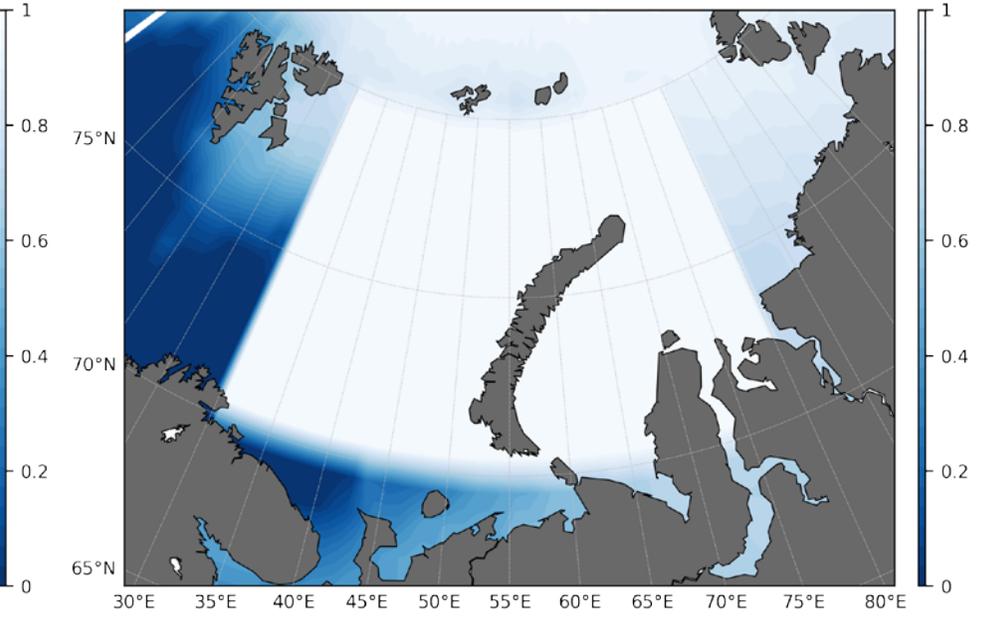
a)
SIC CTRL



b)
SIC 0%

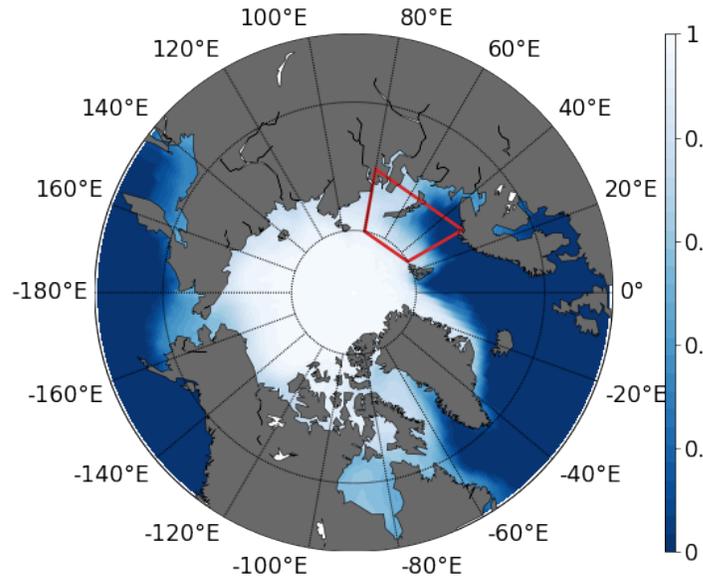


B)
SIC 100%



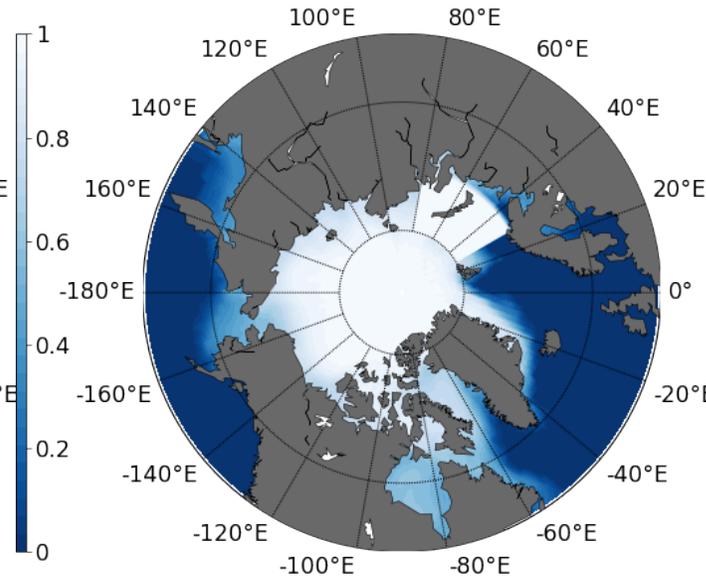
a)

SIC CTRL



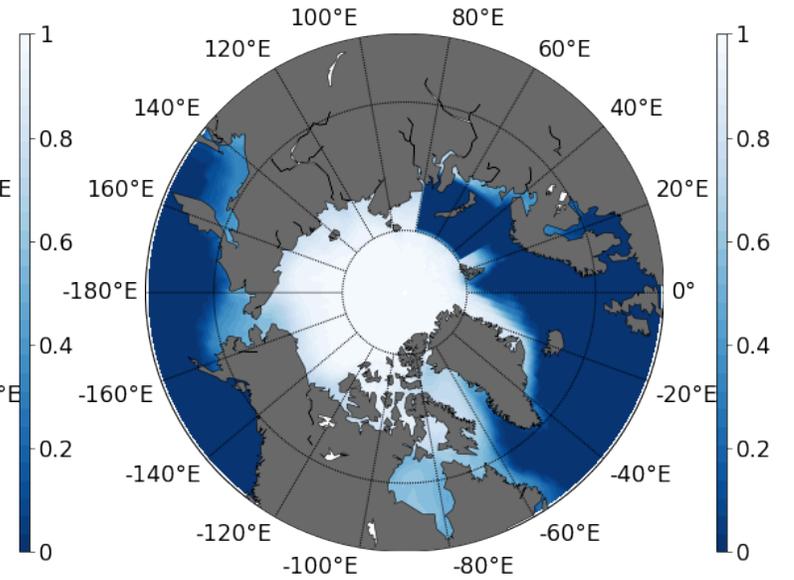
б)

SIC 100%

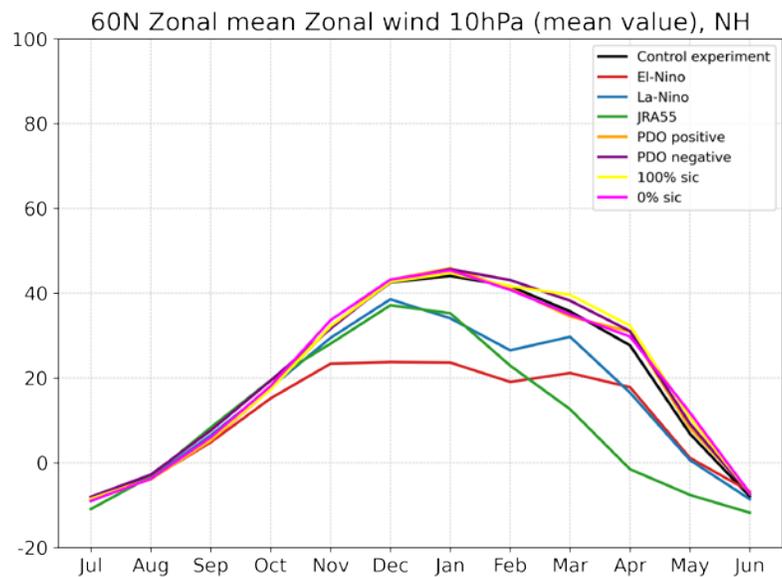


B)

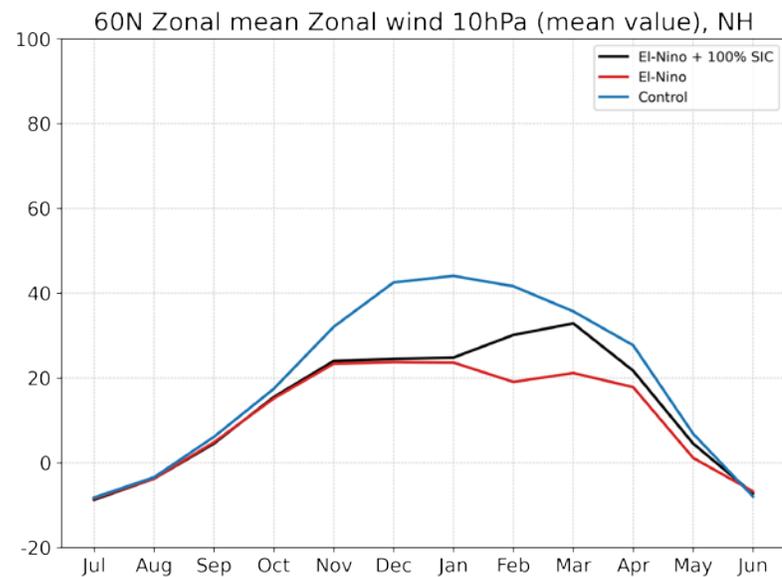
SIC 0%



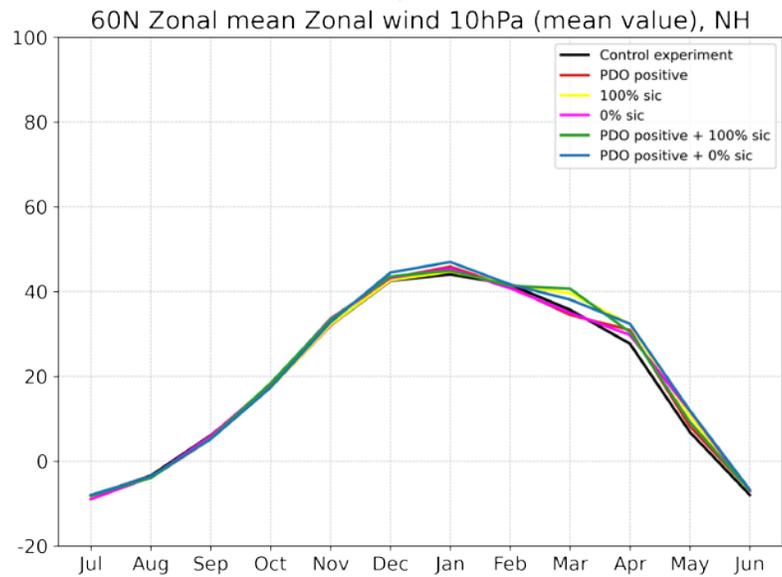
a)



б)



B)



Г)

