

Численное исследование динамики обрушения волн Россби при изменении климата

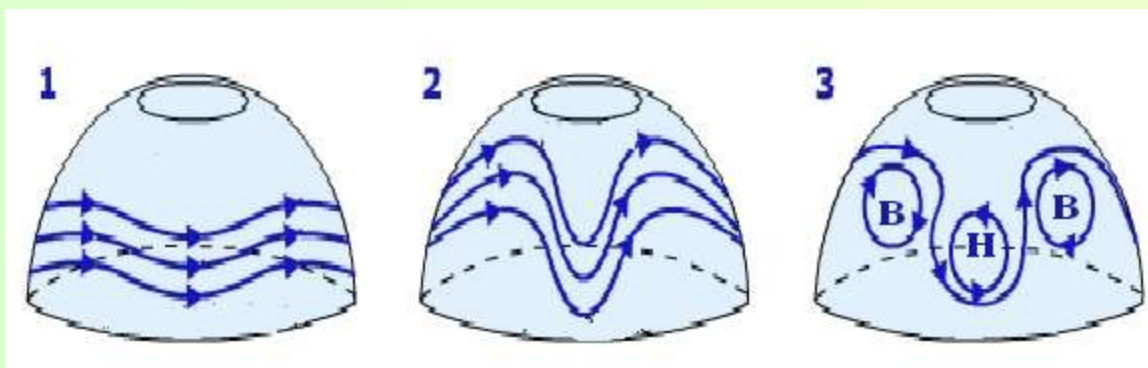
Боровко И.В. Крупчатников В. Н.

ИВМиМГ СО РАН

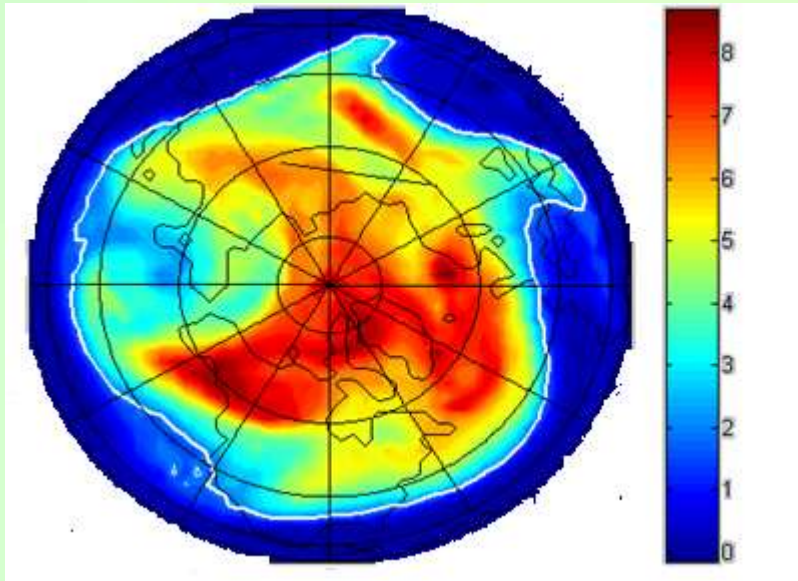
Работа выполнена в рамках Государственного задания ИВМиМГ СО
РАН (проект FWNM-2022-0003)

Обрушение волн Россби - это последняя стадия жизненного цикла бароклинных атмосферных возмущений. Эти события могут сильно влиять на крупномасштабную циркуляцию. Атмосферные блокирования часто являются следствием обрушения волн Россби. С ними связаны экстремальные погодные явления.

Блокирования могут быть следствием усиления стационарных Атлантического и Тихоокеанского теплых гребней. Полной теории формирования, эволюции и разрушения блокирующих антициклонов все еще нет.



Потенциальный вихрь Эртеля



Пример карты потенциального
вихря Эртеля на поверхности

$$\theta = 330 \text{ K}$$

данные INMCM 48, белой линией
показан уровень $Q=2\text{PVU}$

$$Q = -g(\xi_p + f) \frac{\partial \theta}{\partial p}$$

$$\xi_p = u_y - v_x$$

-вертикальная компонента
относительного вихря

θ - потенциальная температура

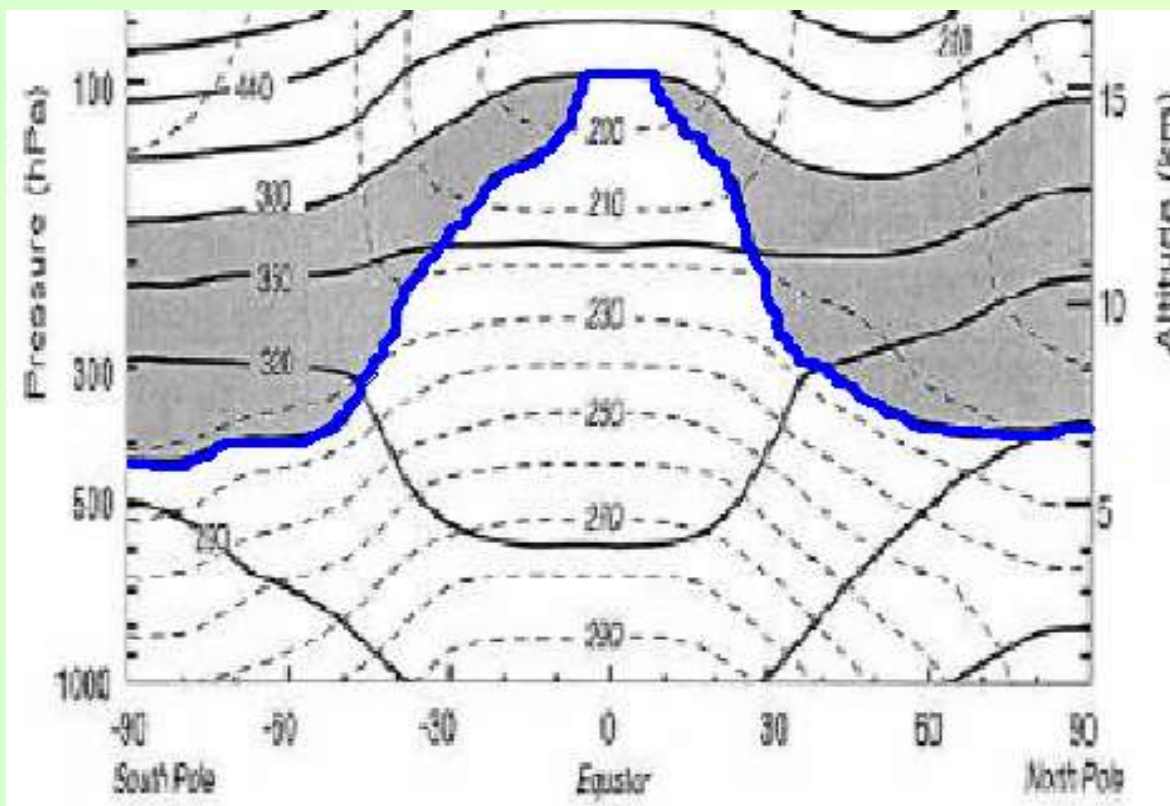
p - давление

f = параметр Кориолиса

Среднегодовое распределение потенциальной температуры

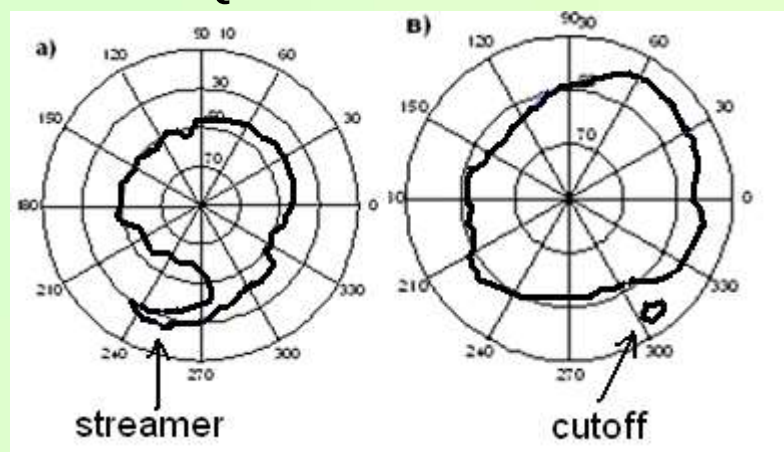
Синим цветом показана изолиния $Q=2PVU$ сплошными линиями - изолинии среднегодовой потенциальной температуры, пунктирными - изолинии температуры

Области,закрашенные серым цветом, можно считать полярным вихрем, а синюю линию – динамической тропопаузой

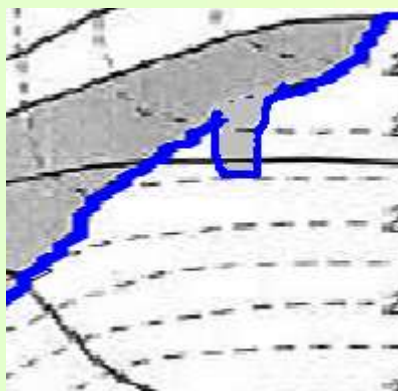


Признаки опрокидывания волн:

Чёрной сплошной линией показана
изолиния $Q=2PVU$



Отсечения (cutoff)

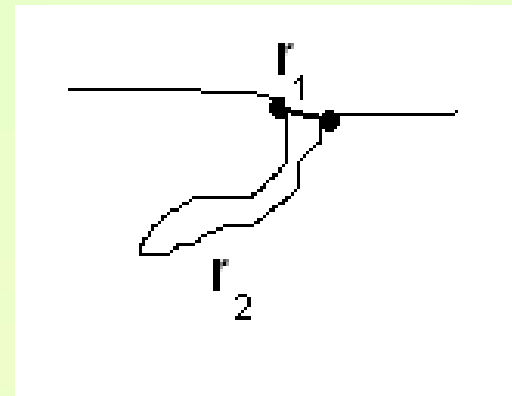


Данные, представленные в виде набора значений потенциального вихря на регулярной сетке, переписывались в виде контуров с одинаковым значением целевой функции.

Определение стримеров:

$$r_1 < d \quad r_2 > l$$

Синоптический масштаб: $d = 800$ км,
 $l = 1500$ км



Wernli, H., and M. Sprenger. Identification and ERA-15 Climatology of Potential Vorticity Streamers and Cutoffs near the Extratropical Tropopause. // J. Atmos. Sci., 2007, V.64, p.1569–1586, doi:10.1175/JAS3912.1.

Была исследована частота стримеров для модельных данных

INMCM48 - используемая модель климатической системы

Воспроизводит динамику атмосферы, океана, морского льда, растительности и почвы с учетом парниковых газов

Океанический блок имеет разрешение 1×0.5 градусов и 40 уровней по вертикали.

Разрешение атмосферного блока 2×1.5 градуса по долготе и широте и 21 уровень по вертикали.

(*) Volodin E.M., Mortikov E.V., Kostykin S.V., Galin V.Ya, Lykossov V.N., Gritsun A.S., Diansky N.A., Gusev A.V., Iakovlev N.G., Shestakova A.A., Emelina S.V. Simulation of the modern climate using the INM-CM48 climate model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2018. V. 33. №6. P. 367–374.

Численный эксперимент

Альбедо снега и льда A :

$A = A_m$ при температуре таяния T_m

$A = A_f$ при $T_s < T_f$, где T_s -температура поверхности, T_f
=263.15 К

$$A = A_f - (A_f - A_m) \frac{T_s - T_f}{T_m - T_f}$$

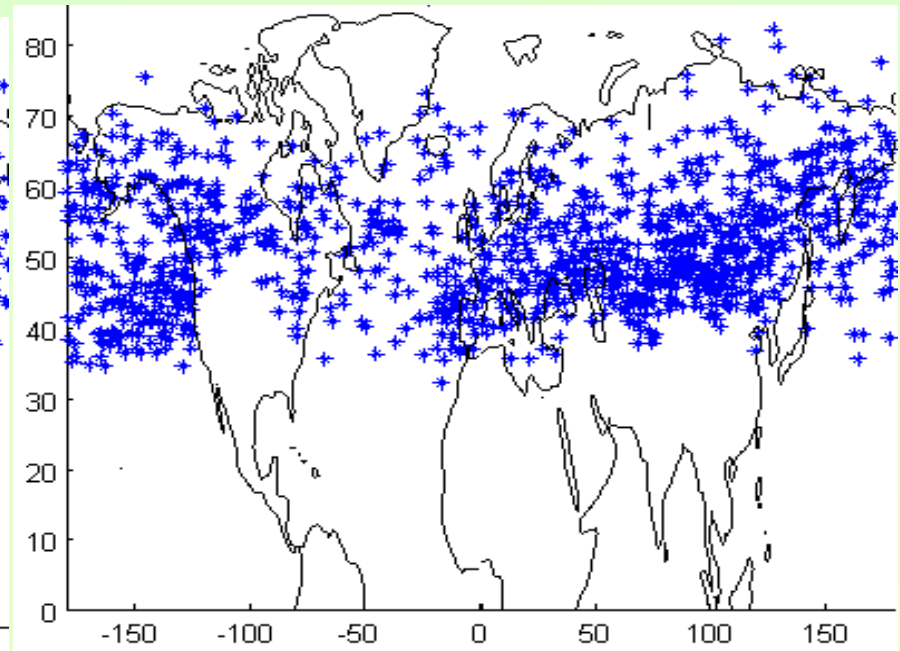
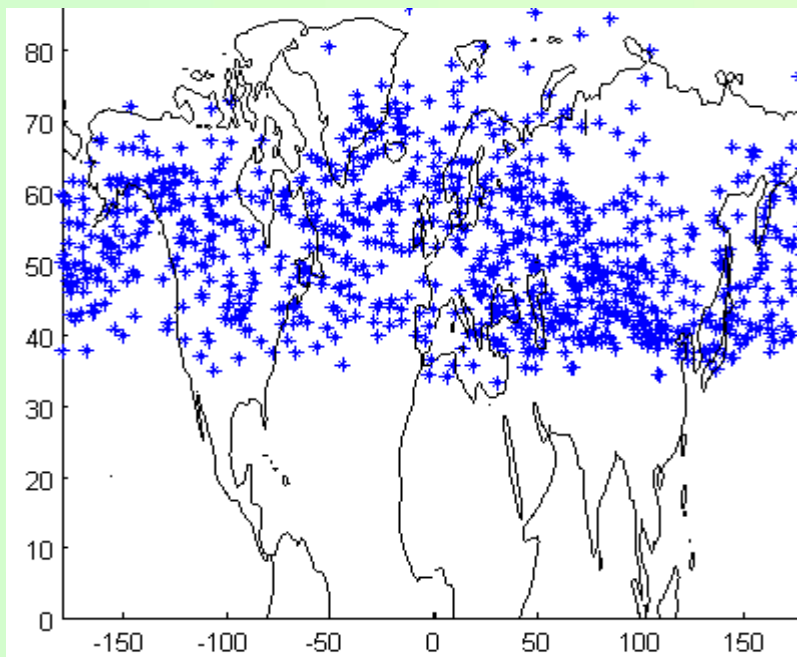
$$T_f < T_s < T_m$$

В базовом эксперименте(B0) $A_f = 0.8$ и $A_m = 0.6$, концентрация CO2 360 ppm

В эксперименте (A2) A_f и A_m уменьшены до 0.7 и 0.5.

В (C1), концентрация углекислого газа была увеличена до 450 ppm

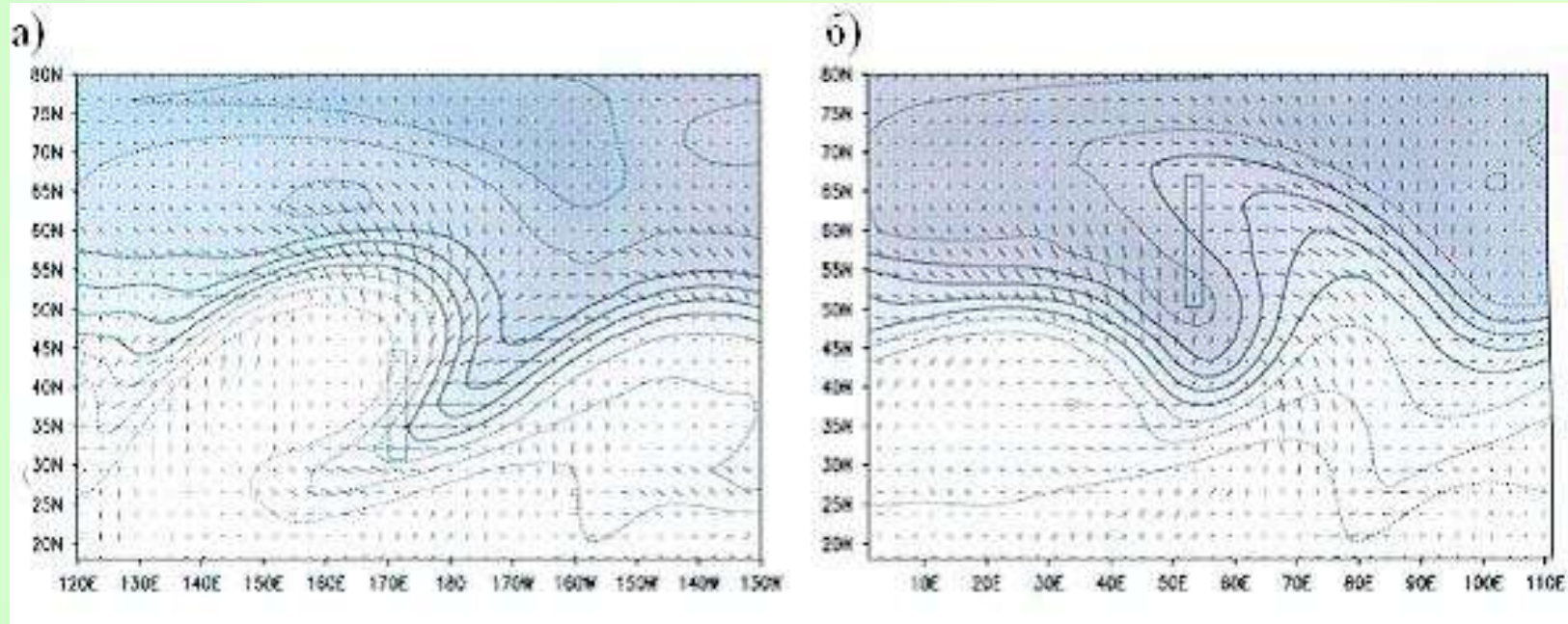
Местоположение стримеров изолинии $Q=2PVU$ в базовом эксперименте



слева : $\theta=310K$, зима

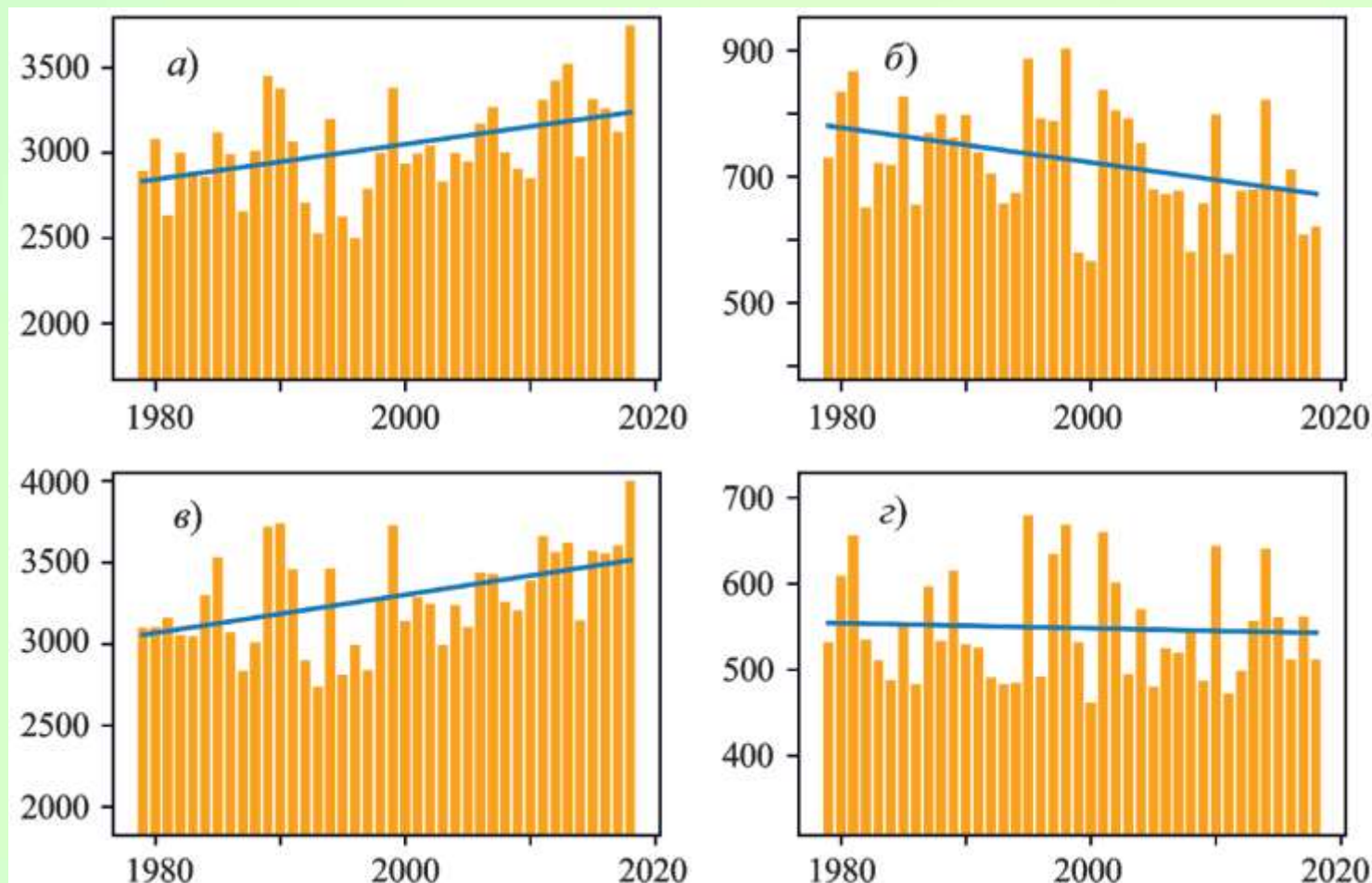
справа : $\theta=330K$, лето

Примеры антициклонического (слева) и циклонического (справа) обрушения волн в поле потенциальной завихренности. Прямоугольниками выделены области с наиболее резкой сменой знака



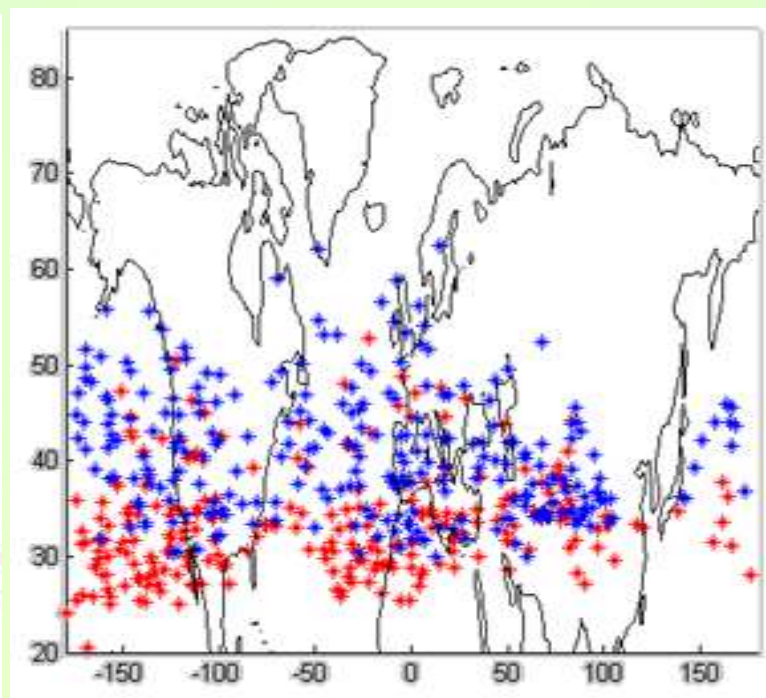
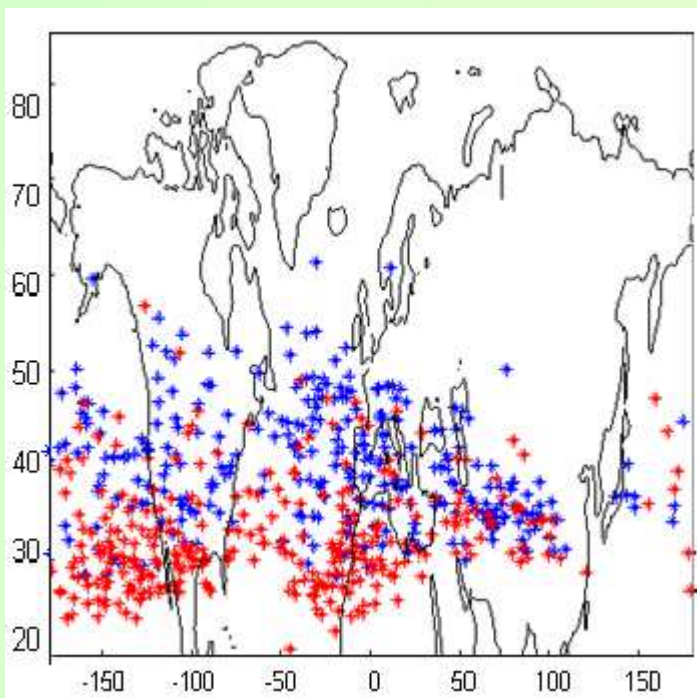
Kunz T., Fraedrich K., Lunkeit F. Synoptic scale wave breaking and its potential to drive NAO-like circulation dipoles: a simplified GCM approach // Quart. J. Roy. Met. Soc. – 2009. – Vol. 135. – P. 1–19.

Изменчивость годового количества опрокидываний АС-типа(а,в) и С-типа (б,г) для Северного полушария на основании данных ERA-Interim (а, б) и ERA5 (в,г)



Gochakov, A.V., Antokhina, O.Yu., Krupchatnikov, V.N., Martynova, Yu.V. Long-term variability of Rossby wave breaking in the subtropical jet stream area // *Russ. Meteorol. and Hydrol.*, 2022. V.47, №.2, p. 79-88

Стимеры изолинии $Q=2\text{PVU}$ на поверхности $\theta=330\text{K}$ за зимний период (красный цвет- стратосферные, синий –тропосферные.) Слева- B0, справа – A2



эксперимент	Сезон	количество вихревых структур	
		тропосферные стримеры	стратосферные стримеры
В0	зима	299	306
А2	зима	264	252
С1	зима	200	234
В0	лето	480	643
А2	лето	489	571
С1	лето	439	469

Заключение

Метод, который основан на контурном алгоритме поиска нитевидных вихревых структур, является гибким инструментом для изучения топологии полярного вихря и позволяет исследовать особенности воспроизведения циркуляции атмосферы моделью

В численном эксперименте наблюдается уменьшение количества опрокидываний контуров потенциального вихря при уменьшении количества льда в Арктике.