

**Пространственно-временная  
изменчивость высотных струйных  
течений и ее связь с климатическими  
параметрами и аномальными  
погодными явлениями**

**Нерушев А.Ф., Вишератин К.Н., Ивангородский Р.В.**

**Научно-производственное объединение «Тайфун»**

**Обнинск**

# Интерес к высотным струйным течениям, как одному из возможных факторов, влияющих на возникновение аномальных погодных явлений.

- *Petoukhov V., Rahmstorf S., Petri S., Schellnhuber H.J.* Quasiresonant amplification of planetary waves and recent Northern Hemisphere weather extremes//Proc. Natl. Acad. Sci. USA. **2013**; vol. 110(14), pp. 5336–5341.
- *Coumou D., Petoukhov V., Rahmstorf S., Petri S., and Schellnhuber H.J.* Quasi-resonant circulation regimes and hemispheric synchronization of extreme weather in boreal summer//Proc. Natl. Acad. Sci. U S A. **2014** Aug 26; vol. 111(34), pp. 12331–12336.
- *Screen J.A., Simmonds I.* Amplified mid-latitude planetary waves favour particular regional weather extremes// Nature Climate Change. **2014**, vol. 4, p. 704–709.
- *Джефф Мастерс.* Струйное течение становится фатальным//В мире науки. **2015**. №2. С. 61-68.
- *Hall R., Jones J., Hanna E., Scaife A., Erdélyi R.* Drivers and potential predictability of summer time North Atlantic polar front jet variability//Clim. Dyn. **2016**. doi:10.1007/s00382-016-3307.

# Цель доклада

- Проанализировать основные закономерности пространственно-временной изменчивости характеристик струйных течений в верхней тропосфере Северного и Южного полушарий Земли в зоне обзора европейских геостационарных метеорологических спутников за 10-летний период и их связь с некоторыми климатическими параметрами и аномальными погодными явлениями.

# Используемые данные

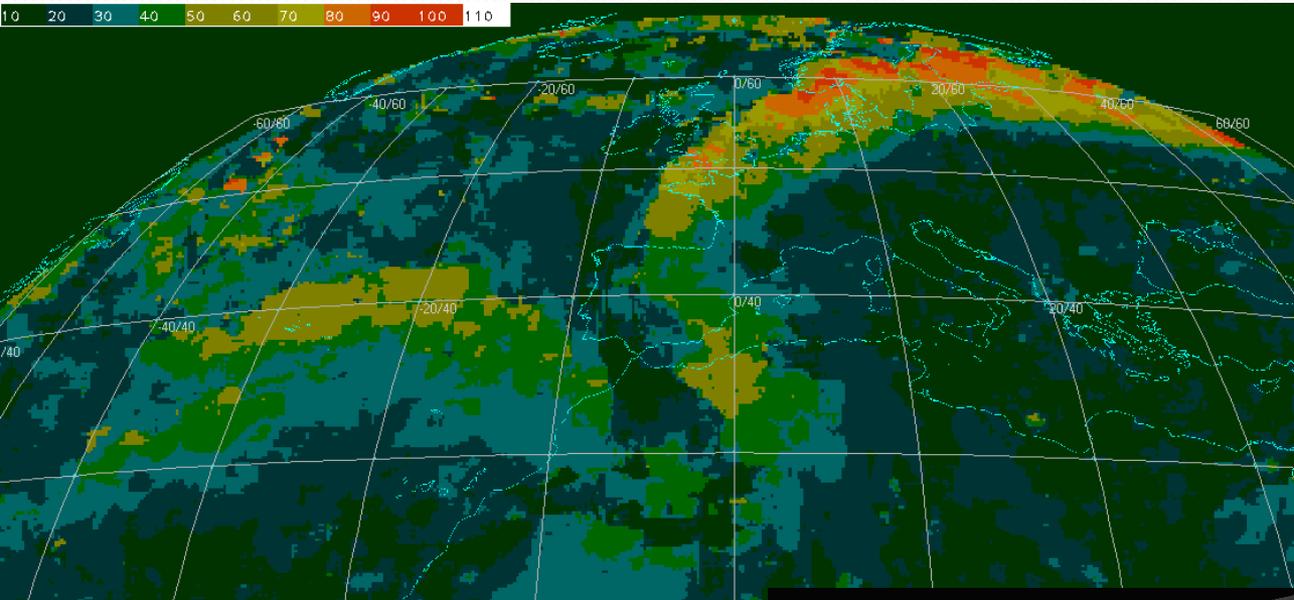
- Данные зондирования атмосферы радиометром SEVIRI европейских геостационарных метеорологических спутников второго поколения Meteosat 8 – Meteosat 10 в канале водяного пара 6.2 мкм с временным интервалом 15 мин за 2007 - 2016 гг.
- Среднемесячные значения квазизональной температуры в широтных зонах по 10 град в Северном и Южном полушариях на уровнях 300, 400 и 500 гПа по данным реанализа NCEP/NCAR.
- Среднемесячные значения площади морского льда в Арктике и Антарктике по данным NOAA и НИЦ «Планета».
- Сведения об аномальных погодных явлениях в 2017 г. с сайта Гидрометцентра РФ.

# Спутниковый метод определения характеристик СТ

- Выявление зон СТ и определение их характеристик проводится на основе данных измерений радиометра SEVIRI европейских геостационарных метеорологических спутников 2-го поколения (MSG).
- Используется канал водяного пара с центром на 6.2 мкм. Максимум весовой функции для условий средних широт находится на уровне около 350 гПа (~ 8 км).
- Вычисляются поля горизонтальной скорости ветра ( $V$ ) в верхней тропосфере по перемещениям атмосферных трассеров (неоднородностей концентрации водяного пара) по 3-м последовательным снимкам с  $\Delta t = 15$  мин.

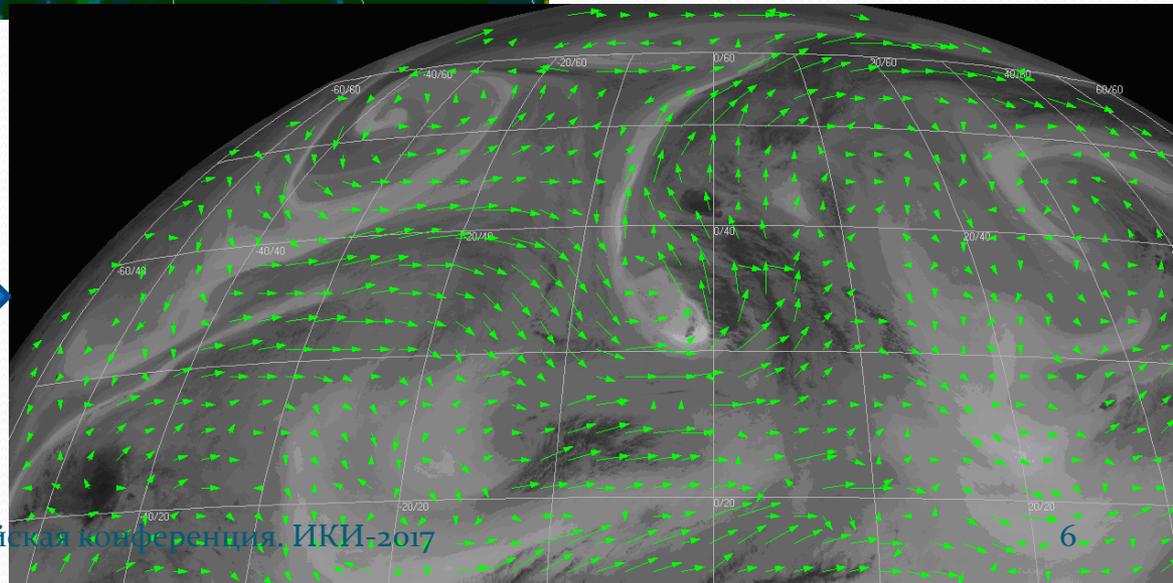
*(Нерушев А.Ф., Крамчанинова Е.К. Метод определения характеристик атмосферных движений по данным измерений метеорологических геостационарных спутников // Исследование Земли из космоса. 2011. № 1. – С. 3-13).*

# Спутниковый метод определения характеристик СТ



Поле модуля скорости горизонтального ветра по данным измерений в канале 6.2 мкм водяного пара за 12:00 UTC 20.10.2012 г.

Поле вектора скорости горизонтального ветра по данным измерений в канале 6.2 мкм водяного пара за 12:00 UTC 20.10.2012 г.



## Определяются следующие характеристики СТ с *временным шагом 1 час*:

- площадь ( $S$ );
- максимальная скорость ветра ( $V_m$ );
- широта ( $\varphi$ ) и долгота ( $\lambda$ ) центра области СТ;
- максимальный горизонтальный градиент скорости ветра ( $G_i$ )

$$G_i = (V_m - V_0)/R_i,$$

где  $R_i$  – координата поперек оси СТ,  $V_0 = 30$  м/с ;

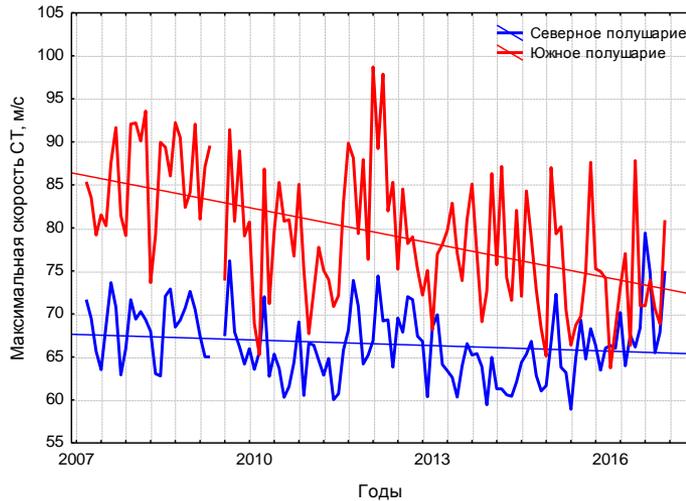
- характерное время «жизни» СТ ( $\tau$ ).



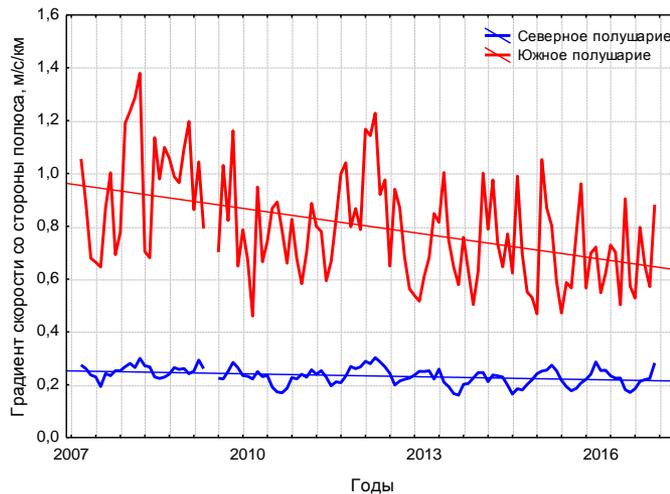
Под характерным временем жизни ( $\tau$ ) понимается промежуток времени, в течение которого сохраняются в определенных пределах некоторые интегральные характеристики СТ. (Ивангородский Р.В., Нерушев А.Ф. *Характеристики струйных течений верхней тропосферы по данным измерений европейских геостационарных метеорологических спутников*// *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11. № 1. С. 45-53)

# Межгодовая изменчивость среднемесячных характеристик СТ

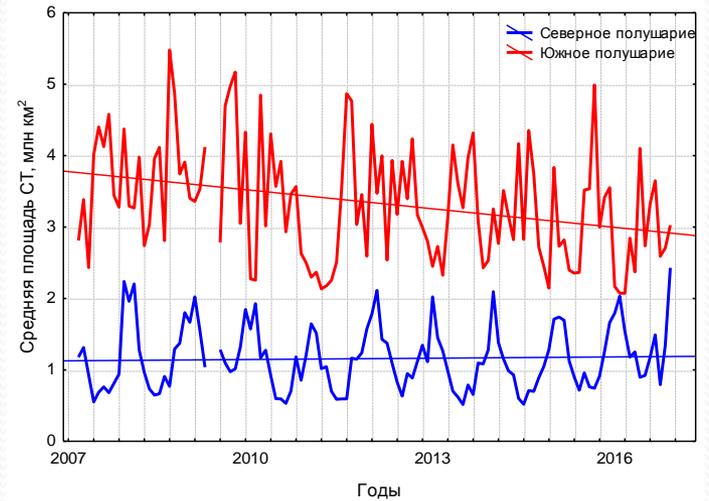
С.п. :  $\Delta = -3\%$  (не знач.). Ю.п.:  $\Delta = -16\%$



С.п. :  $\Delta = -14\%$  . Ю.п.:  $\Delta = -32\%$



С.п.:  $\Delta = 5\%$  (не знач.). Ю.п.:  $\Delta = -23\%$

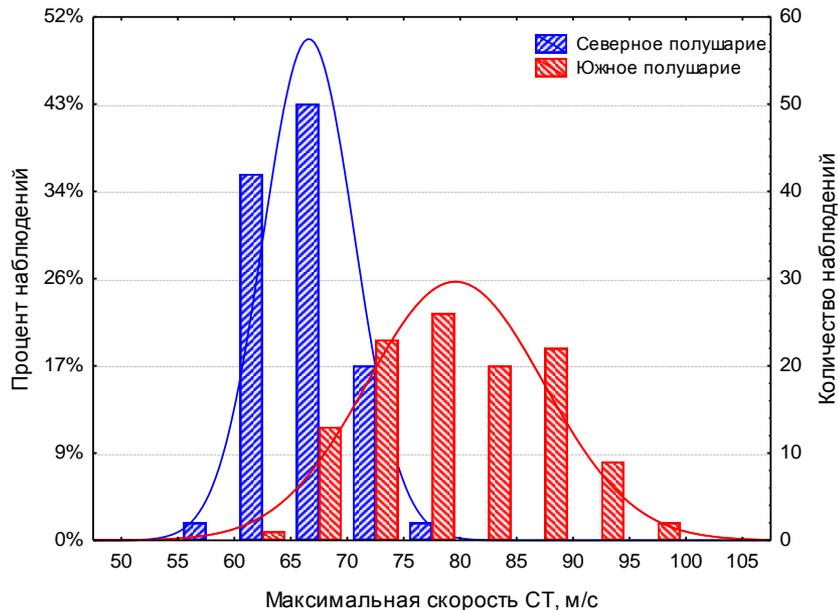


С.п.:  $\Delta = 0.5\%$  (не знач.). Ю.п.:  $\Delta = -9\%$



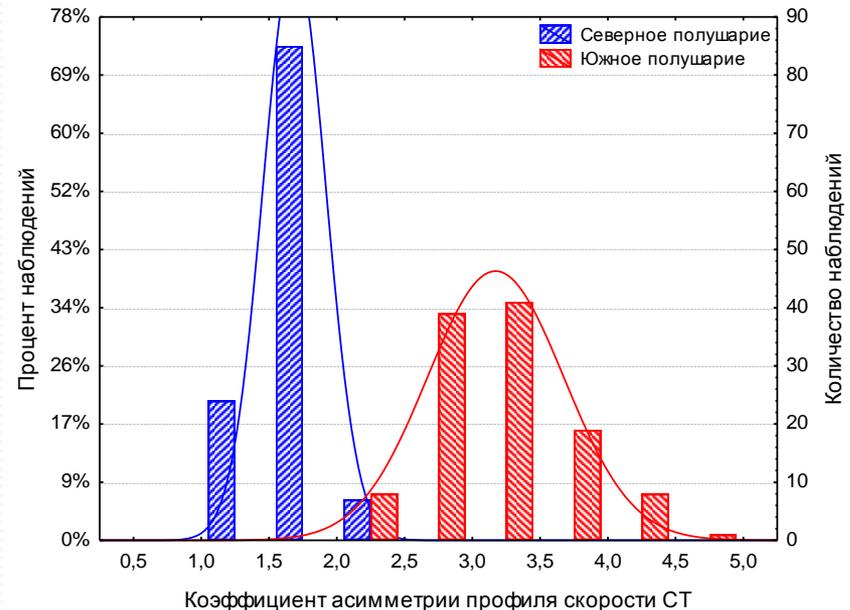
# Сравнение характеристик СТ в Северном и Южном полушариях

## Среднемесячные значения максимальной скорости струйного течения



С.п. :  $(V_m)_{\text{mod}} = 66.5 \text{ м/с}$ ; СКО = 4.0 м/с  
 Ю.п. :  $(V_m)_{\text{mod}} = 79.4 \text{ м/с}$ ; СКО = 7.8 м/с

## Среднемесячные значения коэффициента асимметрии горизонтального профиля скорости струйного течения

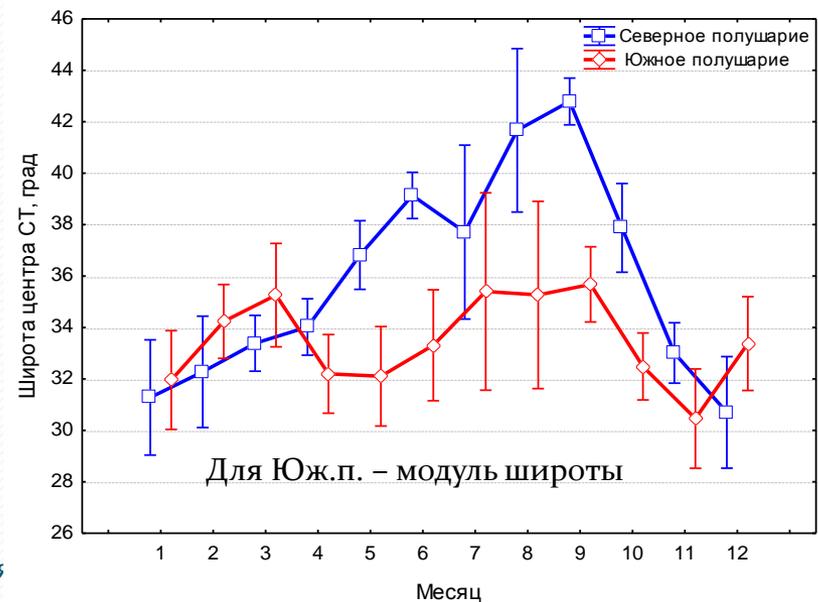
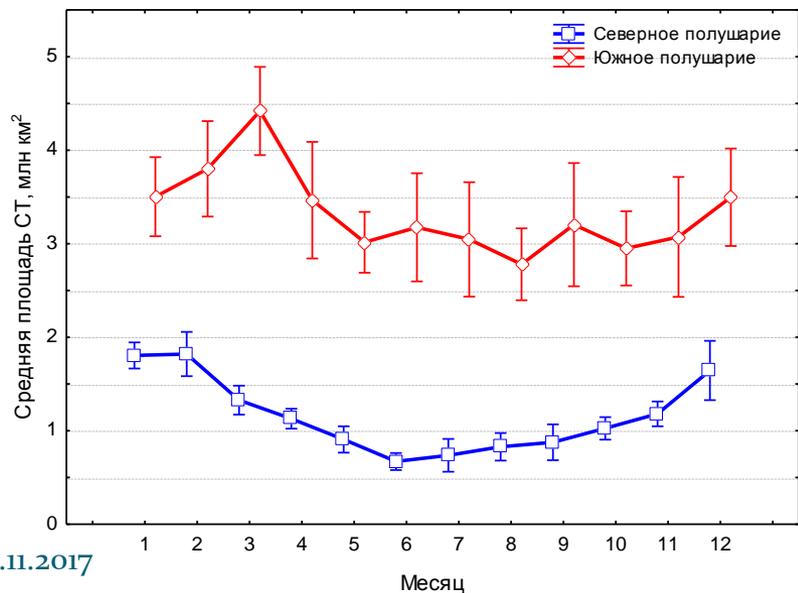
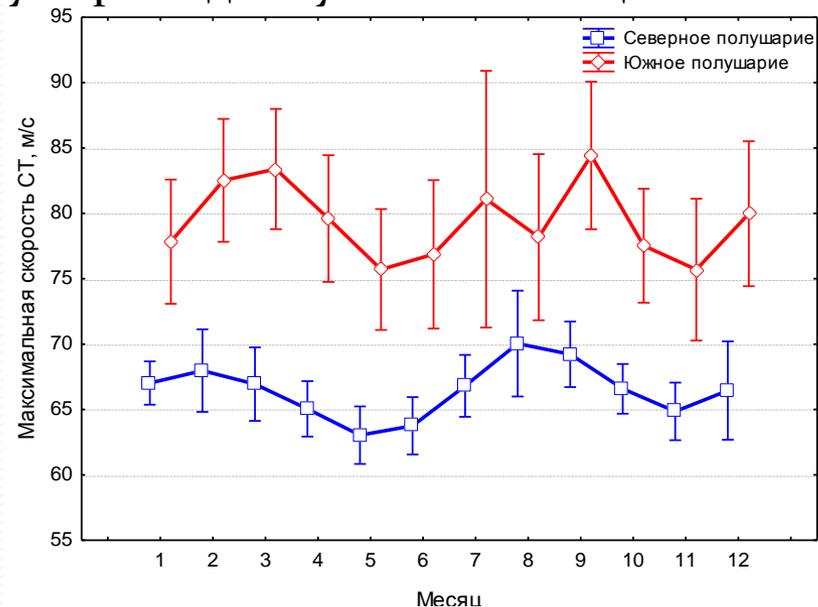
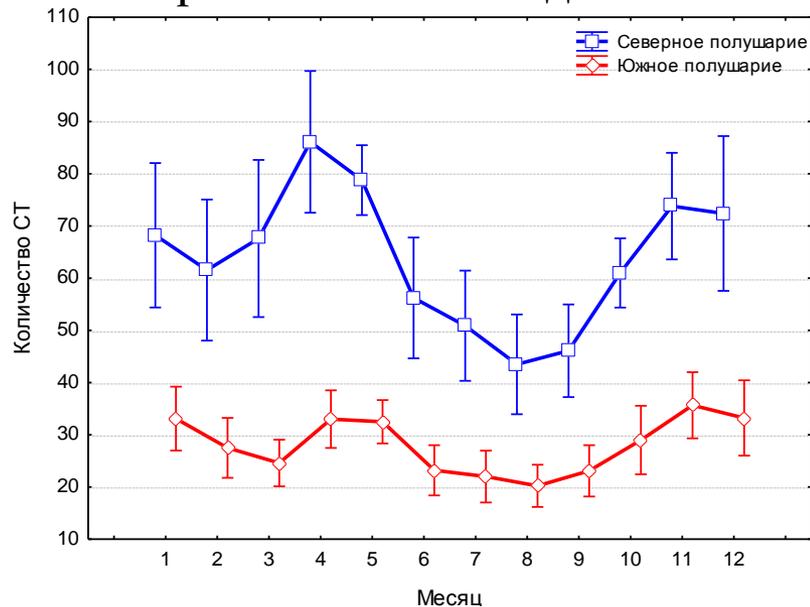


$$As = G_p / G_{fp}$$

С.п. :  $(As)_{\text{mod}} = 1.7$ ; СКО = 0.2  
 Ю.п. :  $(As)_{\text{mod}} = 3.2$ ; СКО = 0.5

# Годовой ход средних многолетних характеристик СТ

## Временная шкала для Южного полушария сдвинута на 6 месяцев



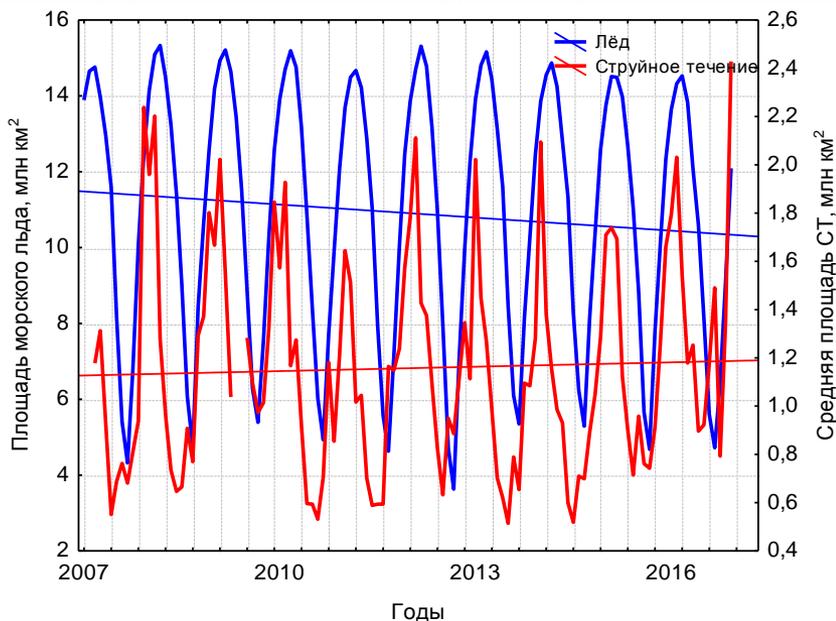
# Связь характеристик СТ с площадью морского льда

## Характер межгодовой изменчивости

### Арктика

Лёд:  $\Delta = -10\%$  (не знач.)

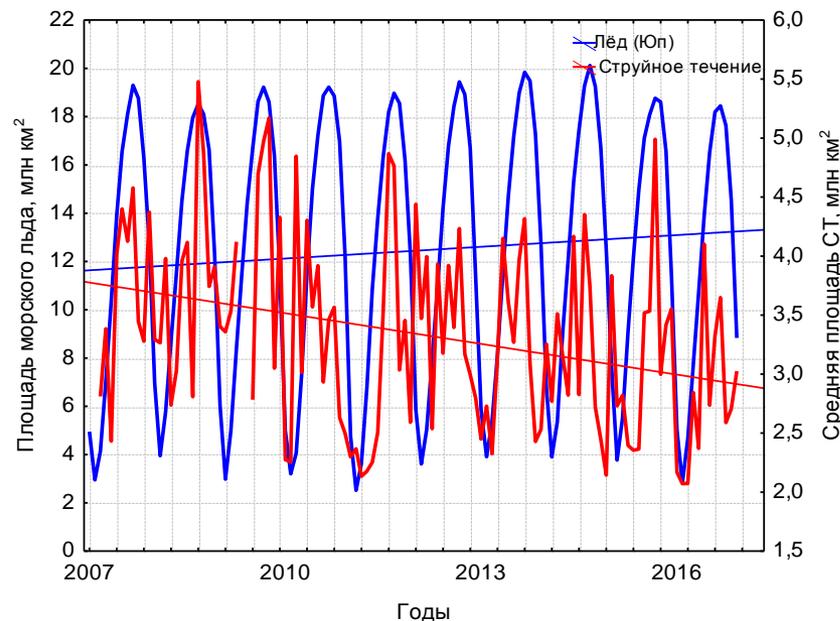
СТ:  $\Delta = 5\%$  (не знач.).  **$R = 0.55$**



### Антарктика

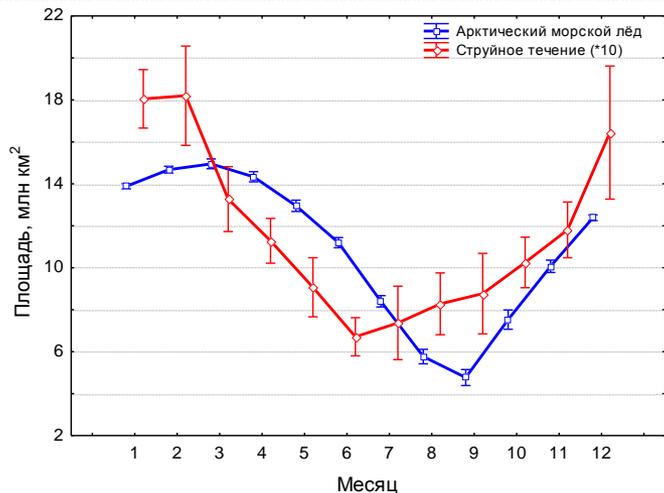
Лёд:  $\Delta = 14\%$  (не знач.)

СТ:  $\Delta = -23\%$ .  **$R = 0.40$**

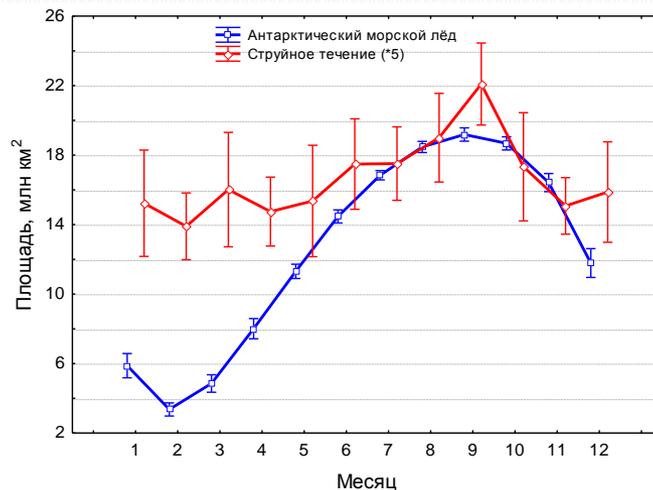


# Связь характеристик СТ с площадью морского льда

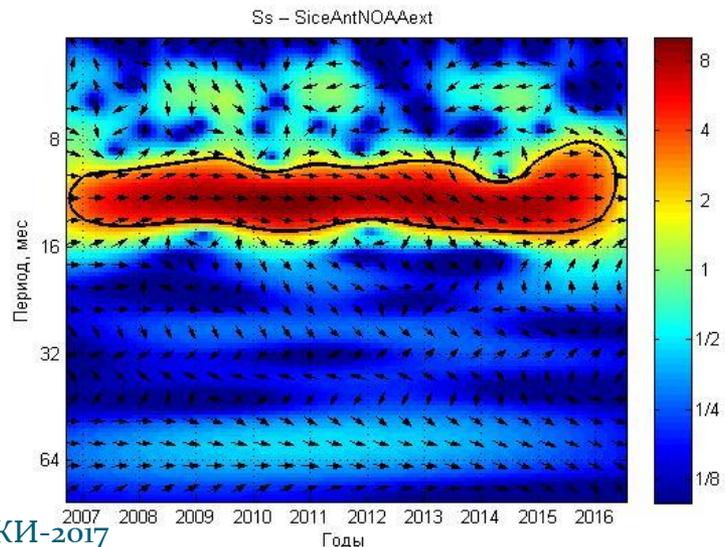
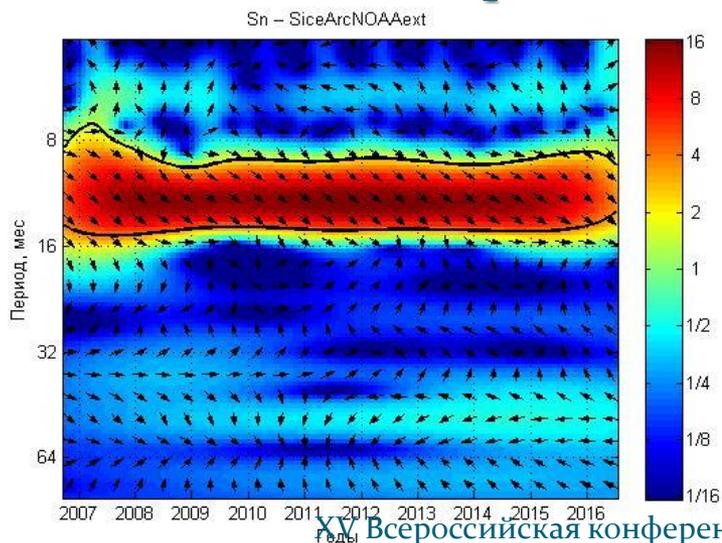
## Годовой ход средних многолетних среднемесячных значений Арктика



## Антарктика

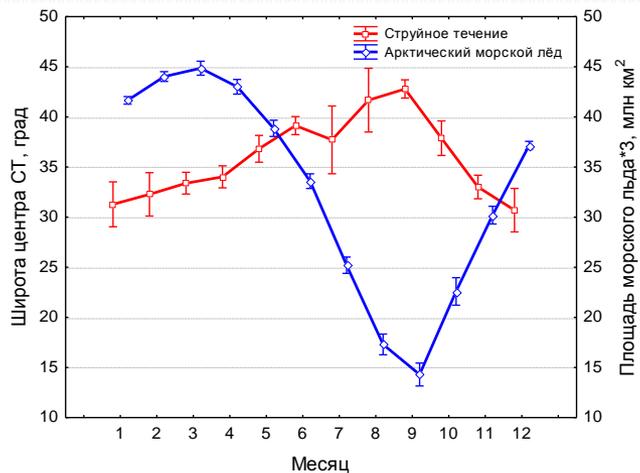


## Кросс-вейвлетный анализ

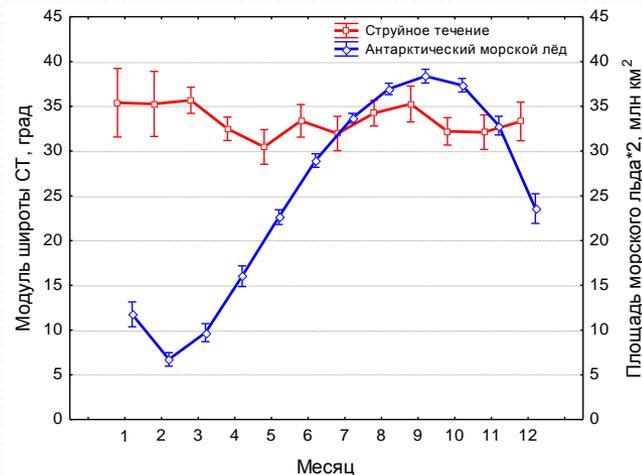


# Связь характеристик СТ с площадью морского льда

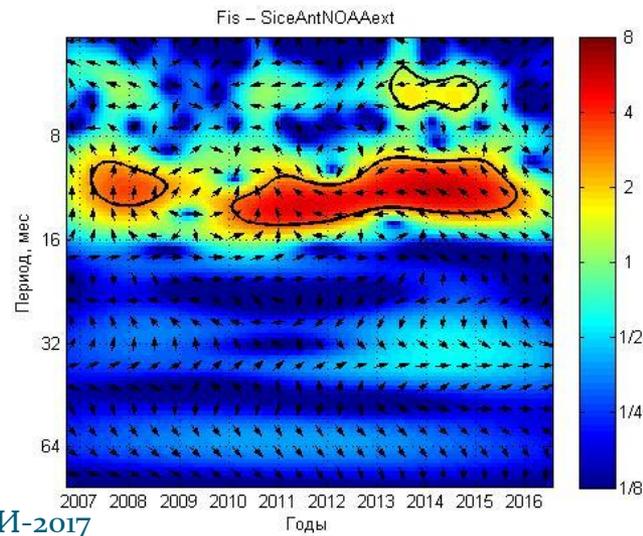
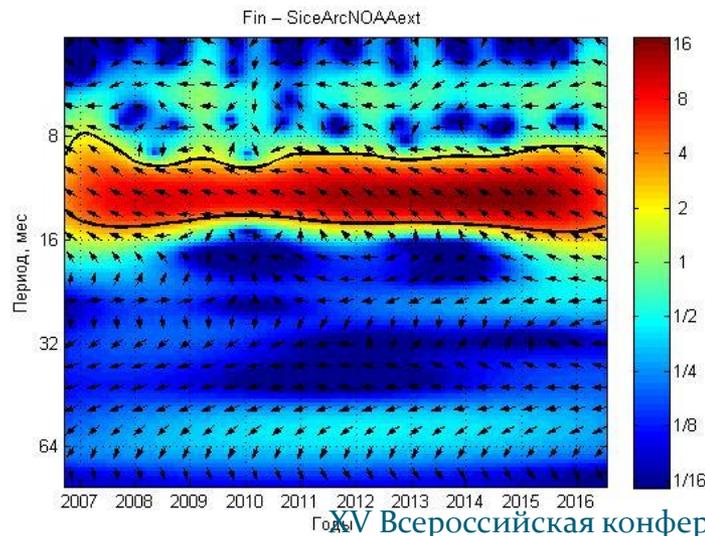
## Годовой ход средних многолетних среднемесячных значений Арктика



## Антарктика



## Кросс-вейвлетный анализ



# Связь характеристик СТ с температурой тропосферы

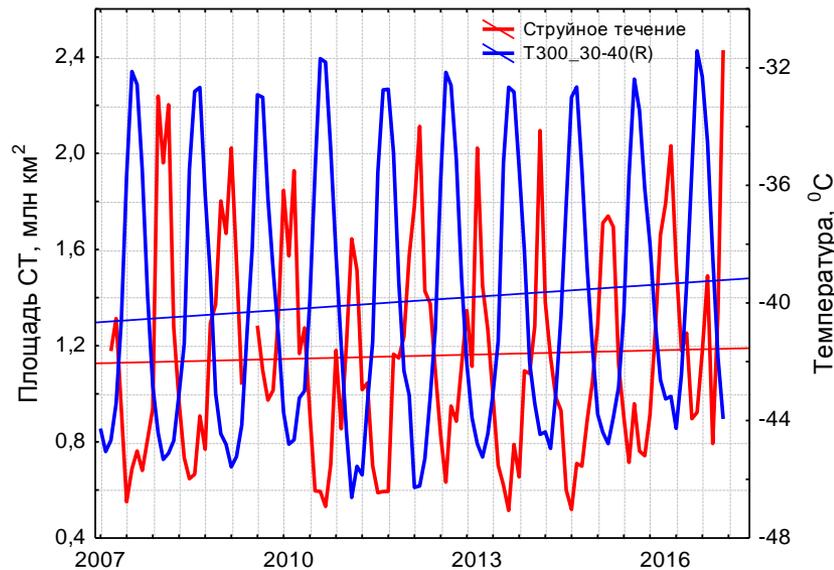
## Характер межгодовой изменчивости

Северное полушарие

$T_{300}$ :  $\Delta = 1.4$  град (не знач.).

СТ:  $\Delta = 5\%$  (не знач.).

$R = -0.73$

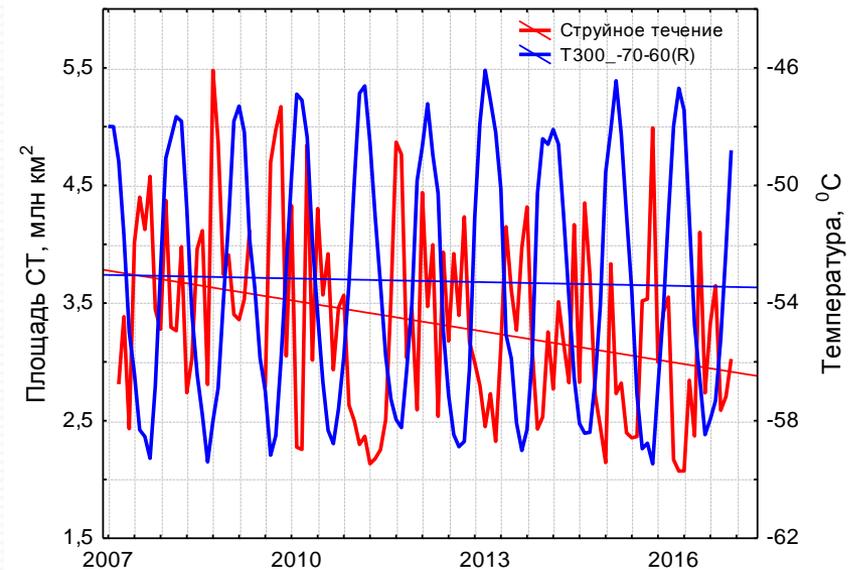


Южное полушарие

$T_{300}$ :  $\Delta = -0.4$  град (не знач.).

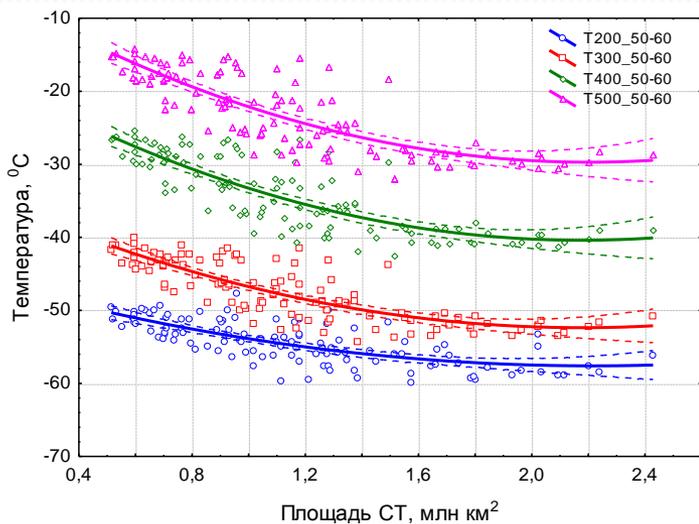
СТ:  $\Delta = -23\%$ .

$R = -0.45$

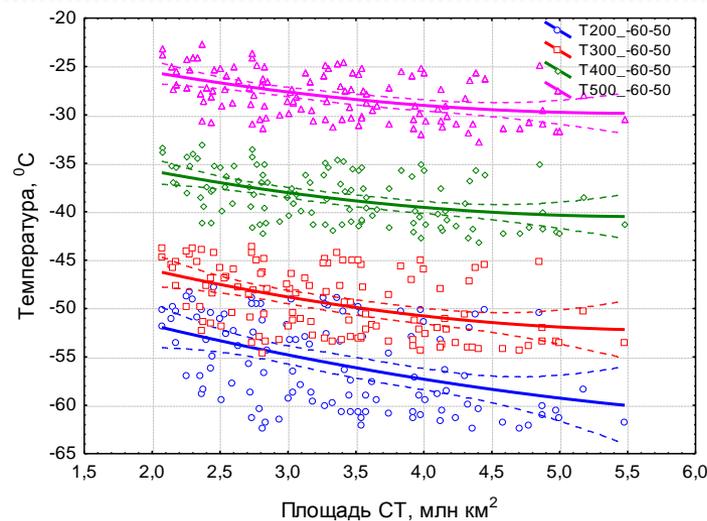


# Связь характеристик СТ с температурой тропосферы

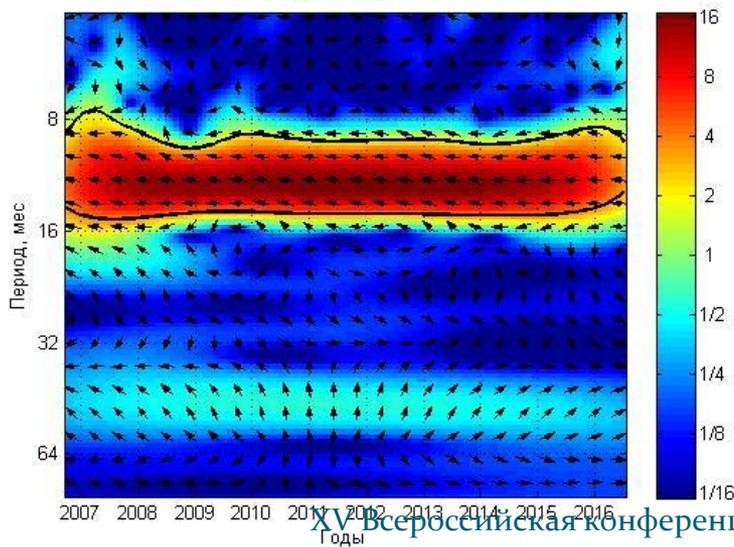
Сев. полушарие,  $R(T,S)=(-0.7)-(-0.8)$



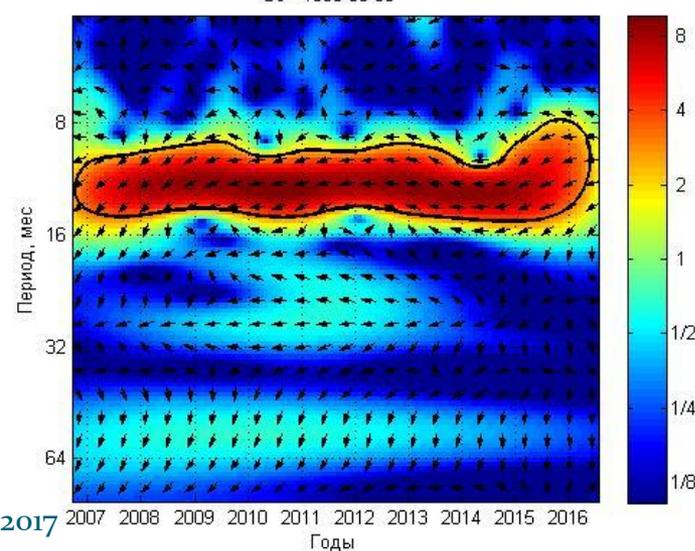
Юж. полушарие,  $R(T,S)=(-0.4)-(-0.5)$



Sn - T300 50-60

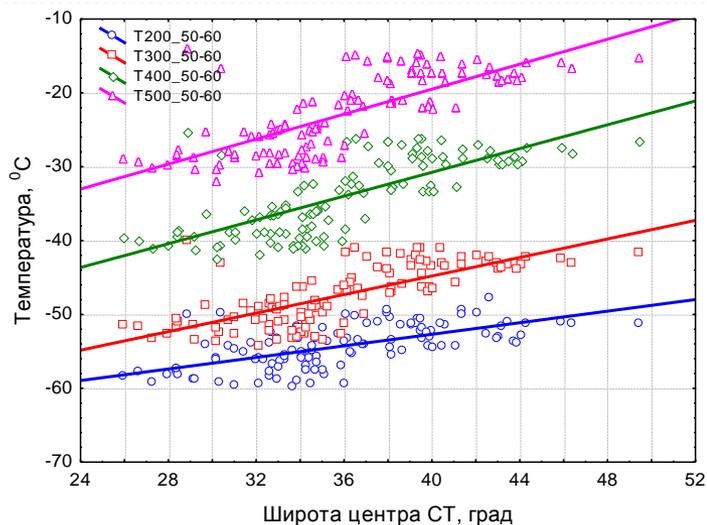


Ss - T300 50-60

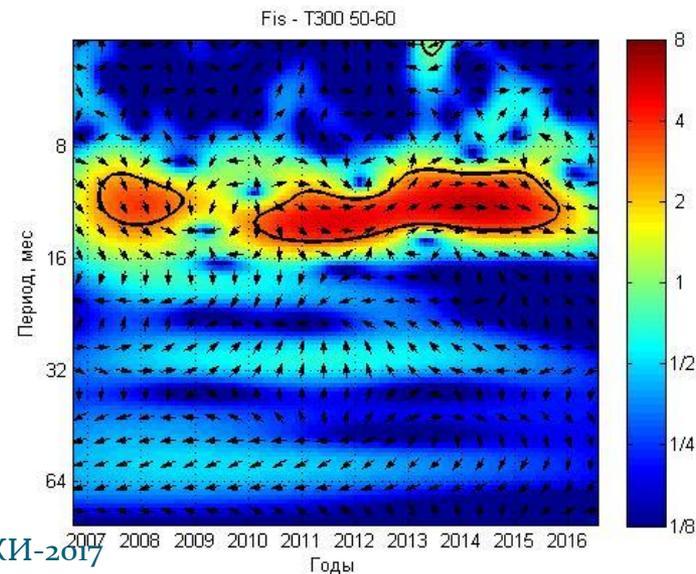
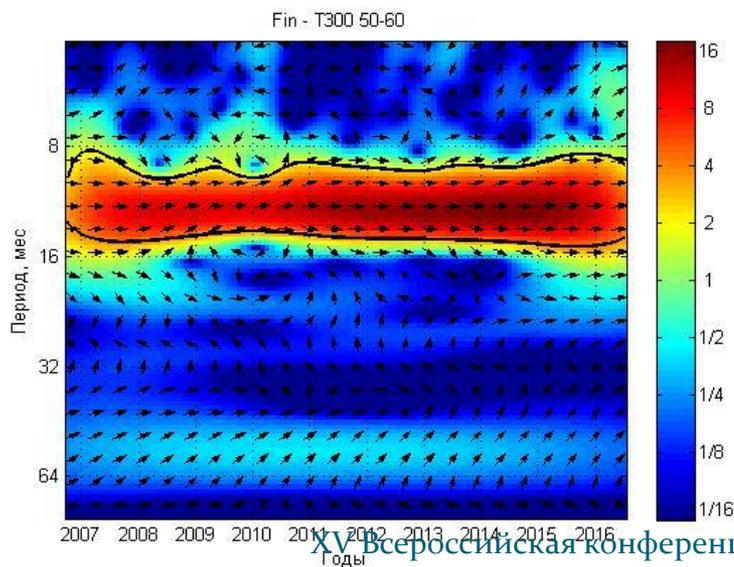
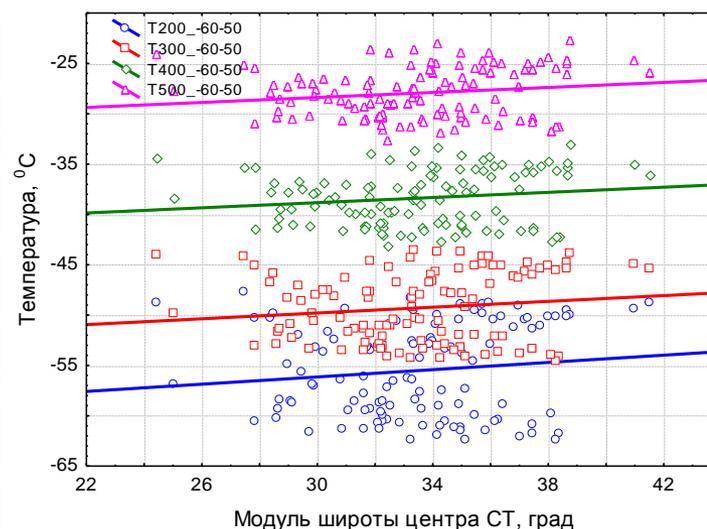


# Связь характеристик СТ с температурой тропосферы

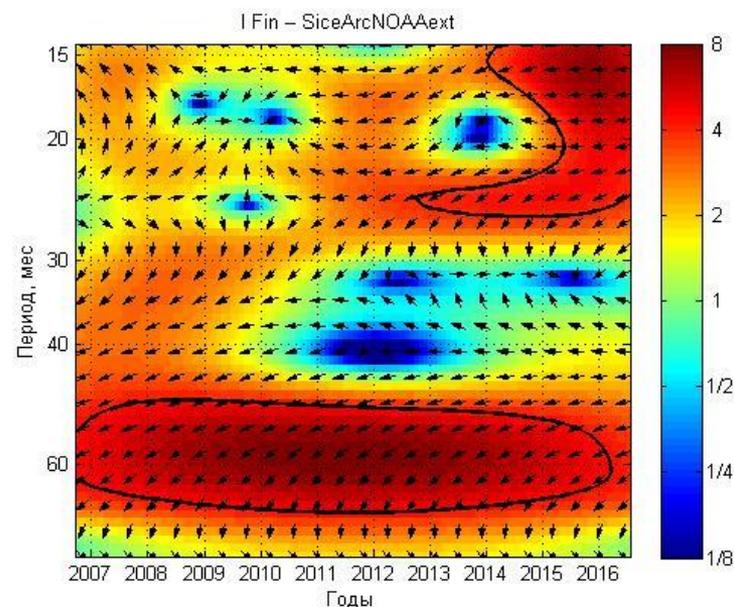
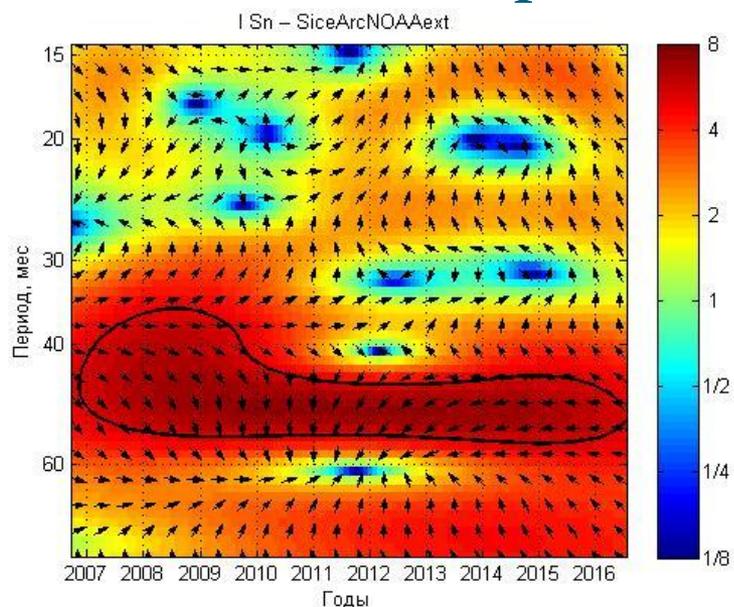
Сев. полушарие,  $R(T,Fi)=(0.66)-(0.77)$



Юж. полушарие,  $R(T,Fi)$  – не значимы

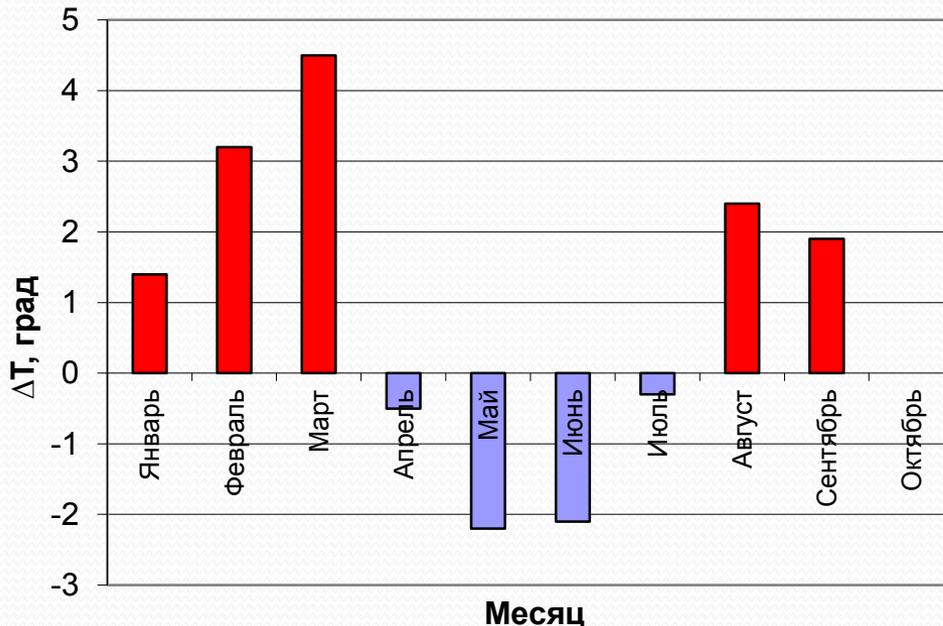


- Кросс-вейвлетный анализ отфильтрованных рядов (исключены колебания с периодами 3-14 мес) выявляет дополнительные связи в области периодов 50-60 мес., которые проявляются в большинстве анализируемых рядов.
- Представляет интерес анализ этих колебаний и их связь с вариациями характеристик других крупномасштабных явлений (Эль-Нинья-Южное Колебание и др.).

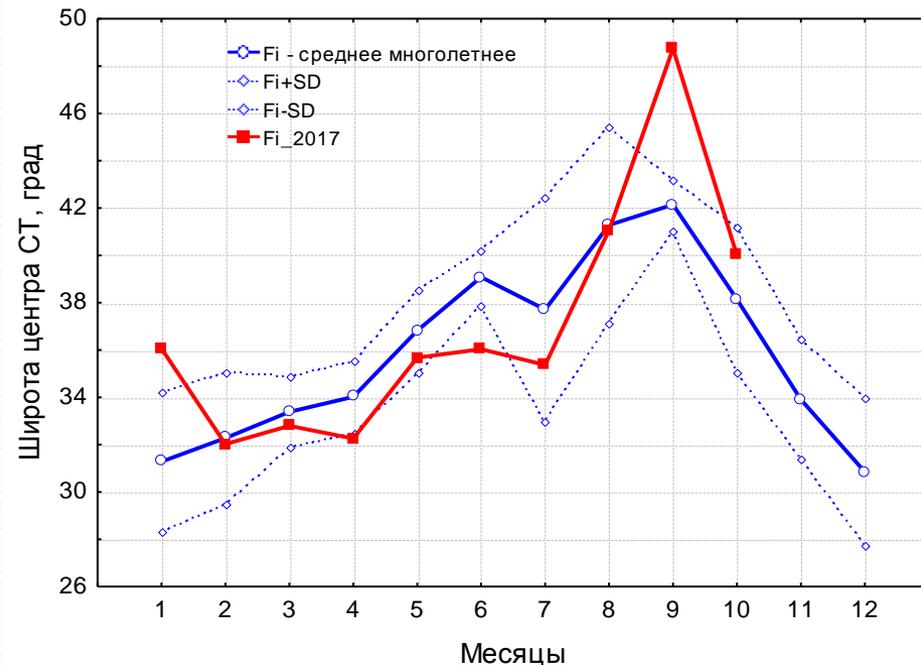


# Погодные аномалии и аномалии характеристик струйных течений

Среднемесячные аномалии температуры в Москве в 2017 г.



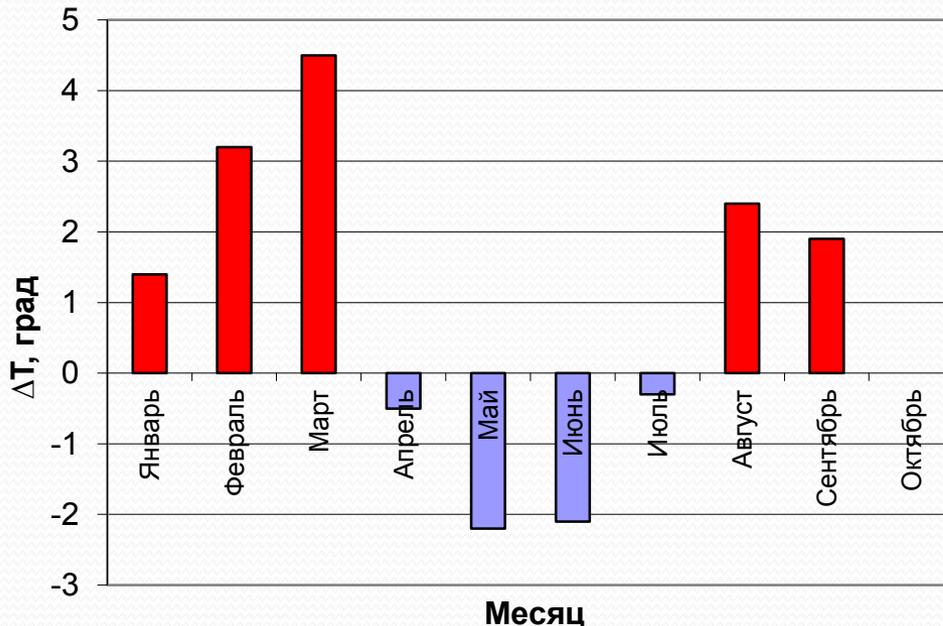
Среднемесячные аномалии широты центра СТ в 2017 г.



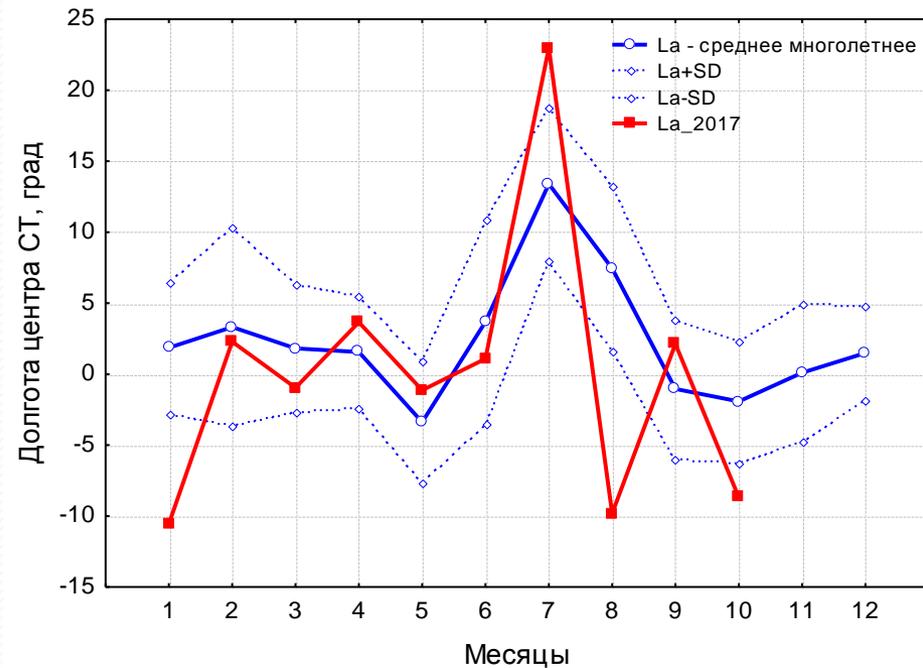
При смещении центра СТ на юг относительно среднего многолетнего положения наблюдаются отрицательные аномалии  $T$ , на север - положительные

# Погодные аномалии и аномалии характеристик струйных течений

Среднемесячные аномалии температуры в Москве в 2017 г.



Среднемесячные аномалии долготы центра СТ в 2017 г.



При смещении центра СТ на запад относительно среднего многолетнего положения наблюдаются положительные аномалии  $T$ , на восток - отрицательные

# ВЫВОДЫ

- Все характеристики струйных течений в обоих полушариях испытывают существенные сезонные вариации, при этом их амплитуда для большинства характеристик больше в Южном полушарии.
- Тенденция временной изменчивости характеристик струйных течений за рассматриваемый 10-летний промежуток времени практически одинакова в обоих полушариях, в то время как значения трендов заметно разнятся. При этом величина значимых трендов в Южном полушарии существенно (в разы) больше.

- Наблюдается хорошо выраженная связь характеристик высотных струйных течений (прежде всего площади и широты центра) с площадью морского льда и температурой тропосферы.
- Кросс-вейвлетный анализ выявляет сложный, изменяющийся со временем характер связей струйных течений с площадью морского льда и температурой тропосферы на разных уровнях и присутствие помимо устойчивых годовых колебаний значимых связей с периодами колебаний около 50-60 мес.
- Прослеживается связь температурных аномалий на ЕТР в 2017 г. с аномалиями среднего положения СТ, требующая тщательного изучения.

**СПАСИБО  
ЗА  
ВНИМАНИЕ !**  
**Thanks for Your  
Attention !**