

# Климатология облачности в арктических регионах: сравнение спутниковых и наземных наблюдений и данных реанализа

Александр Чернокульский, Игорь И. Мохов

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова  
Российская академия наук*

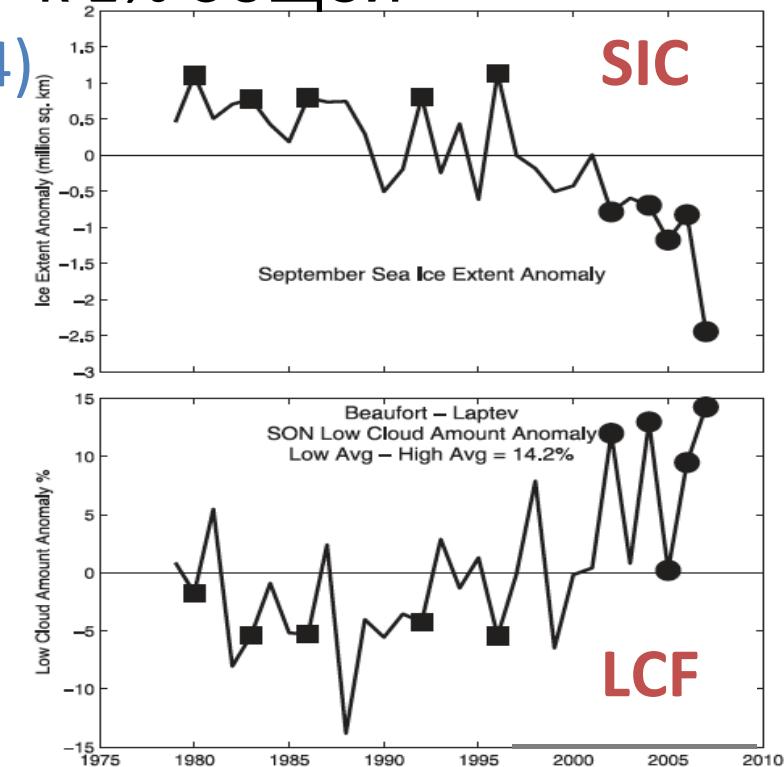
[chern\\_av@ifaran.ru](mailto:chern_av@ifaran.ru)



Девятая Всероссийская открытая конференция  
Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из  
Космоса

# Мотивация

- Облачность в Арктике обладает сильным отепляющим эффектом, особенно в зимнее время. (Curry et al., 1996)
- Чувствительность облачно-радиационного форсинга в Арктике около  $1 \text{ Вт}/\text{м}^2$  к 1% общей облачности (Shupe and Invieri, 2004)
- Площадь и толщина морского льда в Арктике могут как зависеть от изменений облачности, так и влиять на эти изменения. (Eastman and Warren, 2010)
- Наибольшие различия между данными для облачности отмечены в полярных регионах.



# Основные задачи

---

- Сравнение 16 климатологий облачности (общего количества облаков) над Арктикой (в регионе к северу от  $60^{\circ}$  с.ш.) по данным спутниковых и наземных наблюдений и по данным различных систем реанализа.
- Анализ для различных сезонов, отдельно для суши и океана.
- Выявление регионов где наблюдаются основные различия между разными данными, анализ причин отмеченных различий.
- Оценка возможности современных систем реанализа воспроизводить общее количество облаков в Арктике.

# Спутниковые данные для облачности (1)

---

- **ISCCP** (International Satellite Cloud Climatology Project)  
Rossow and Schiffer, 1999
- **PATMOS-x** (Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)  
Pathfinder Atmospheres) Heidinger et al., 2011
- **APP-x** (AVHRR Polar Pathfinder) Wang and Key, 2005
- **MODIS** (MOderate Resolution Imaging Spectroradiometer)  
Ackerman et al., 2008
- **CERES** (Clouds and the Earth's Radiant Energy System)  
Minnis et al., 2008

Данные MODIS и CERES анализировались отдельно для спутников Terra и Aqua

# Спутниковые данные для облачности (2)

Данные	Спутник и	Каналы	Разрешение / ширина	Время наблюдения (LT)	Период
ISCCP	ГС + ПОС (NOAA)	1 В + 1 ИК	4-7 / -	Каждые 3 часа	1983-2008
UW HIRS	NOAA	6 ИК	19-35 / 2240	~ 02:00, 14:00	1979-2009
PATMOS-x APP-x	NOAA	1 В + 1 БИК + 3 ИК	1-4 / ~3000	~ 02:00, 07:00, 14:00, 19:00	1982-2010
MODIS	Terra + Aqua	2 В + 4 БИК + 8 ИК	0.25-1 /	10:30, 22:30 (Terra)	2000-2011 (T) 2002-2011 (A)
CERES	Terra + Aqua	1 В + 1 БИК + 3 ИК	2330	01:30, 13:30 (Aqua)	2000-2010 (T) 2002-2010 (A)

# Наземные наблюдения и данные реанализа

---

## Данные наземных наблюдений:

**EECRA** (Extended Edited Cloud Reports Archive)

Hahn and Warren, 2003

## Данные реанализа:

- ERA reanalyses: **ERA-40 + ERA-Interim**

Uppala et al, 2005; Dee et al., 2011

- NCEP reanalyses: **NCEP/NCAR + NCEP/DOE + NCEP-CFSR**

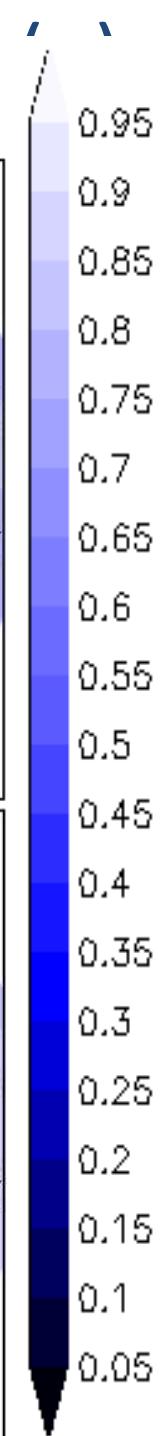
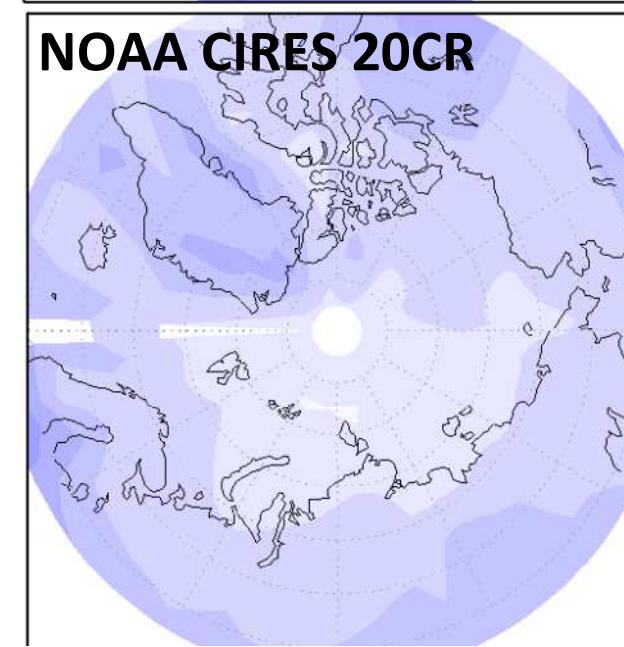
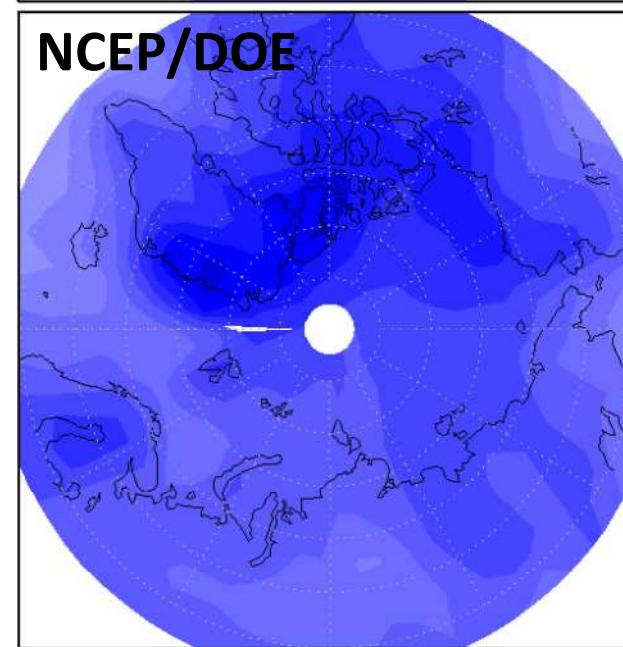
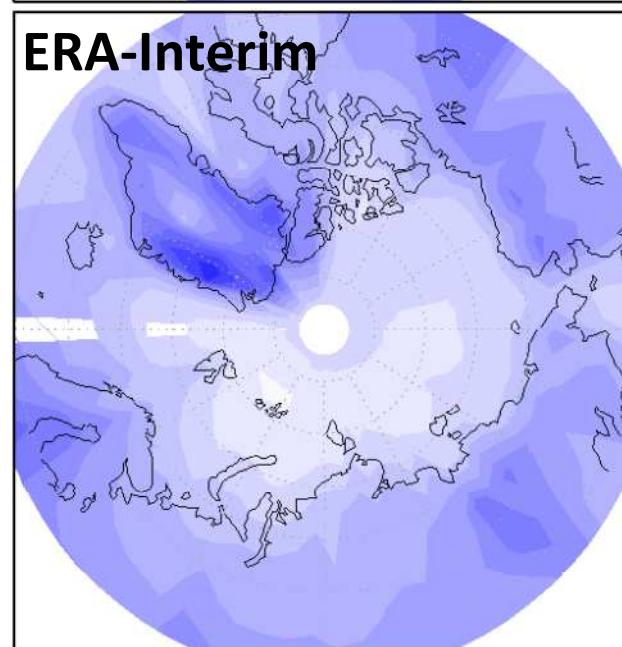
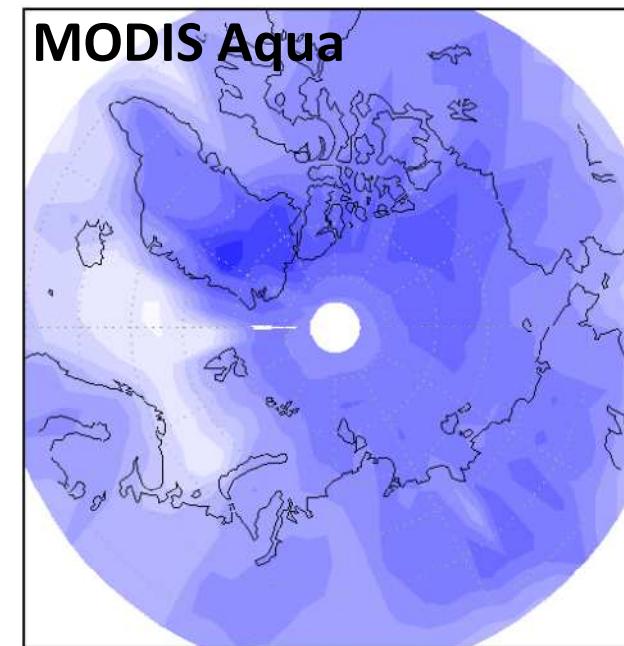
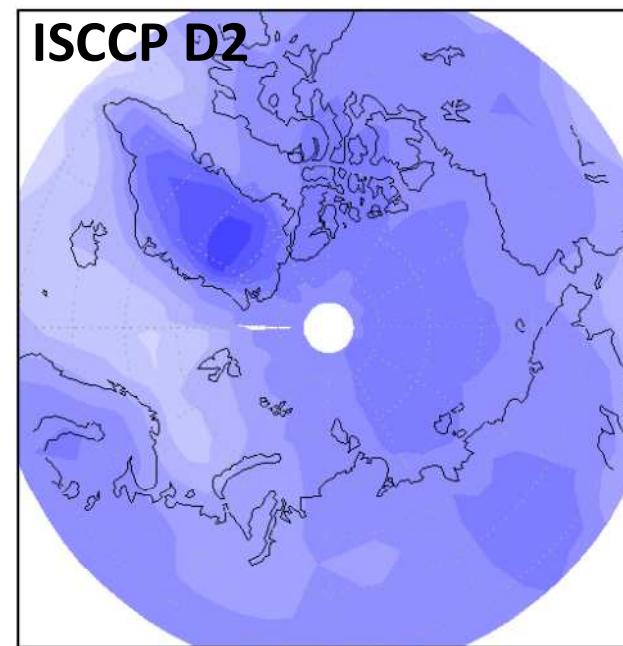
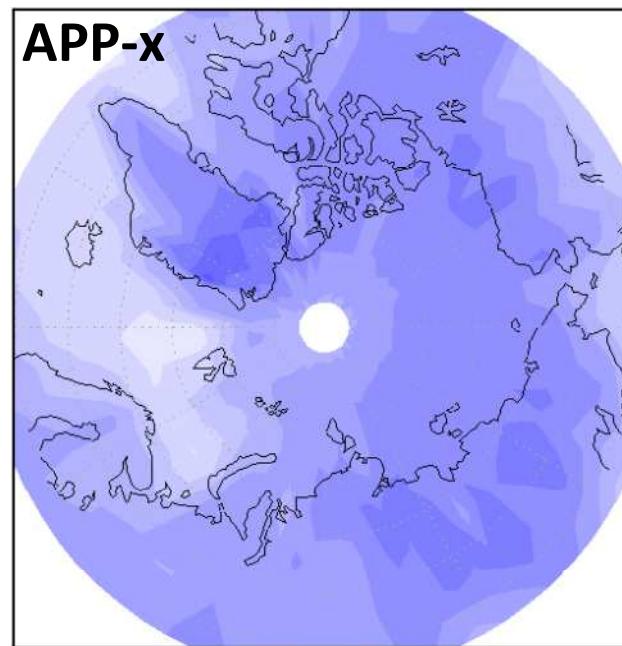
Kistler et al., 2001; Kanamitsu et al., 2002; Saha et al., 2010

- NOAA CIRES 20<sup>th</sup> century reanalysis **Compo et al., 2011**

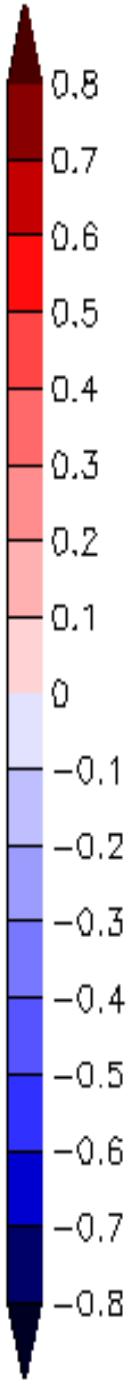
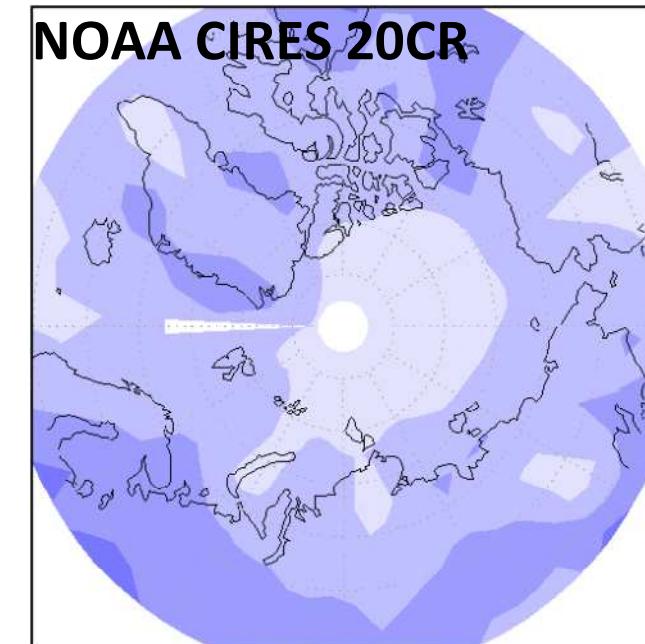
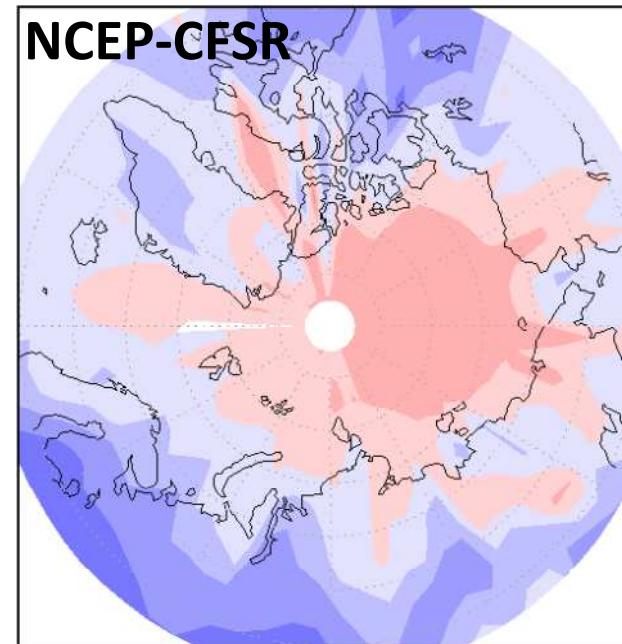
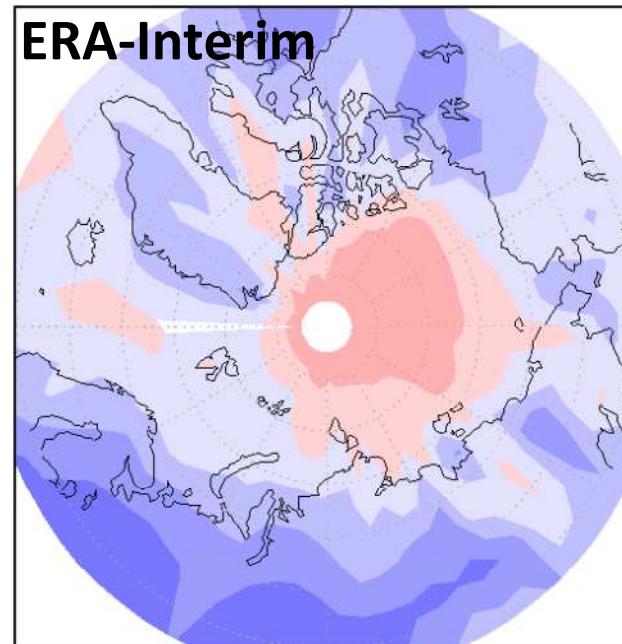
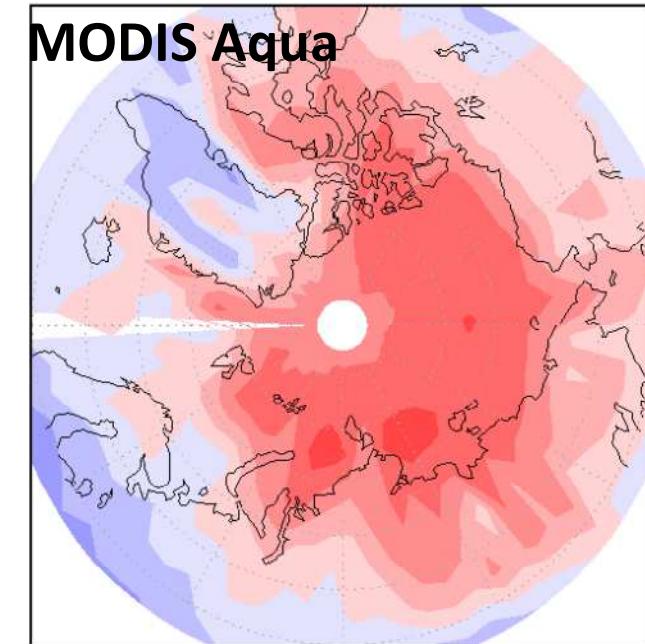
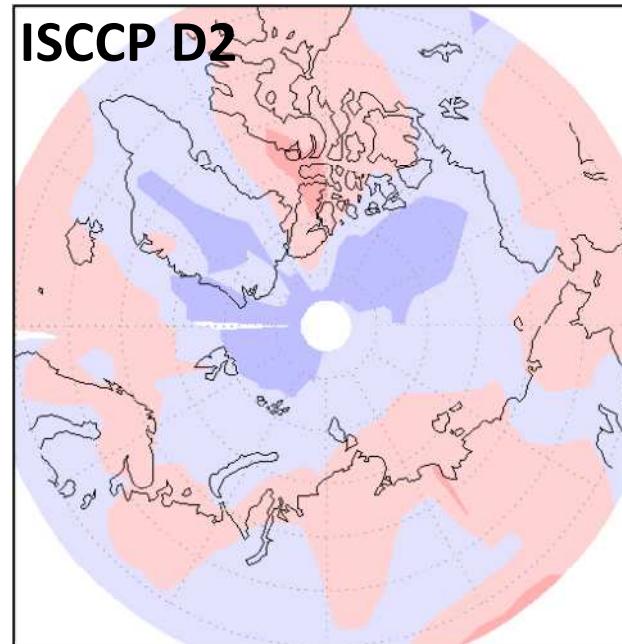
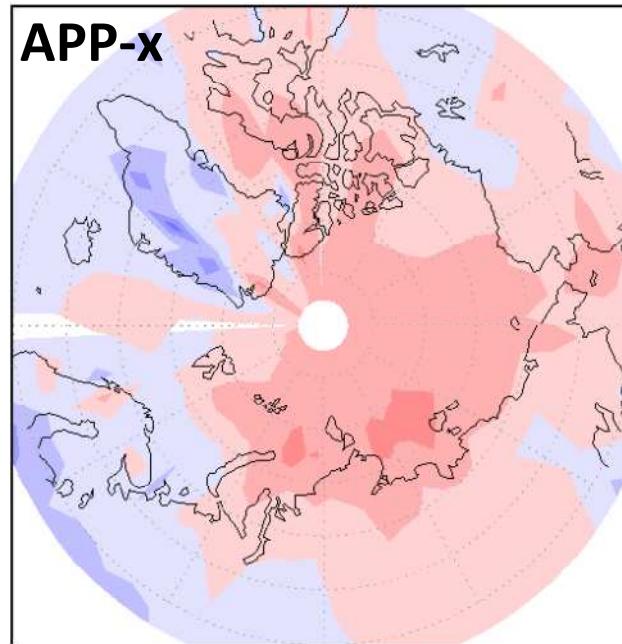
- NASA-MERRA Rienecker et al., 2011

- JRA-25 Onogi et al., 2007

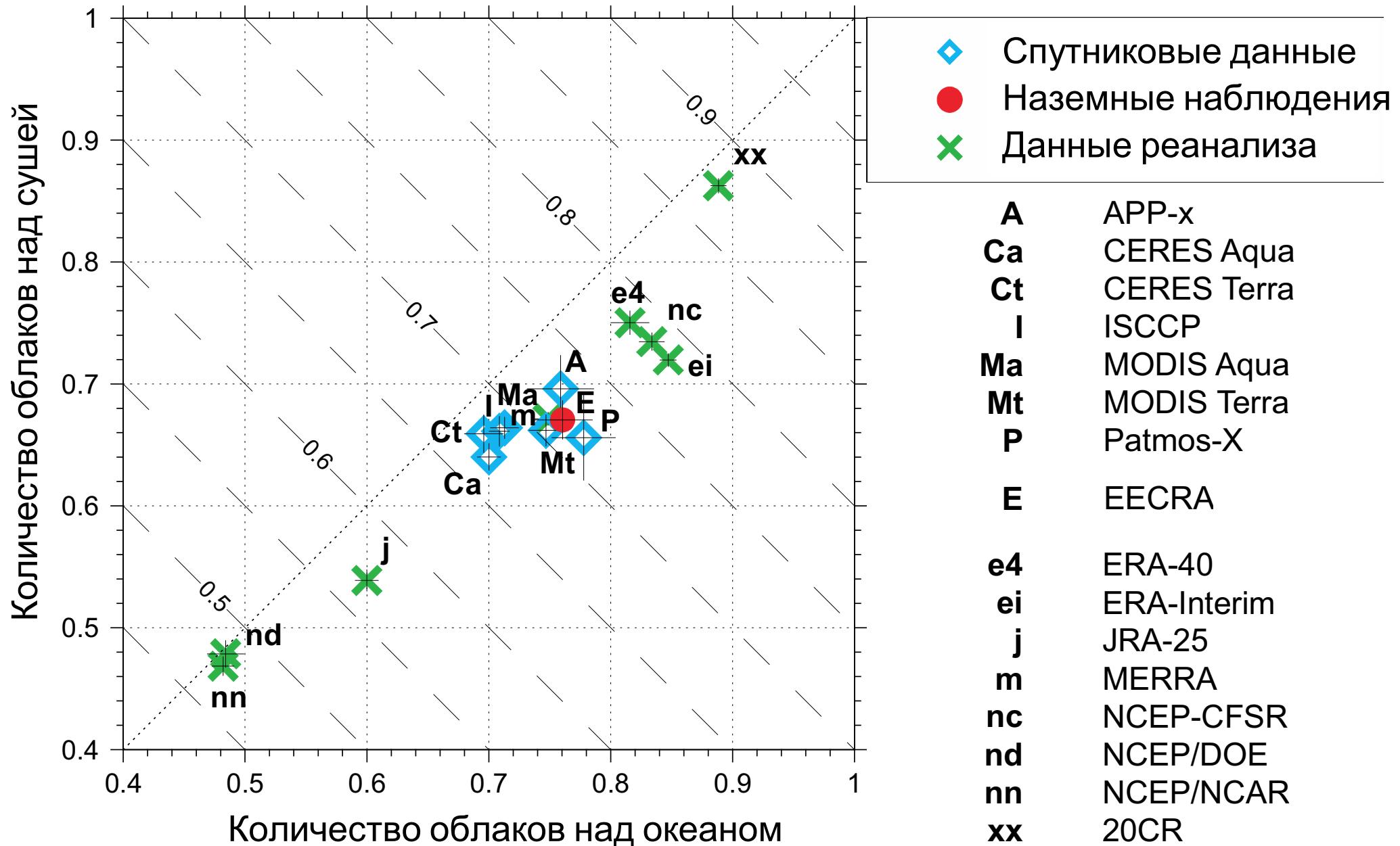
# Среднегодовое общее количество облаков



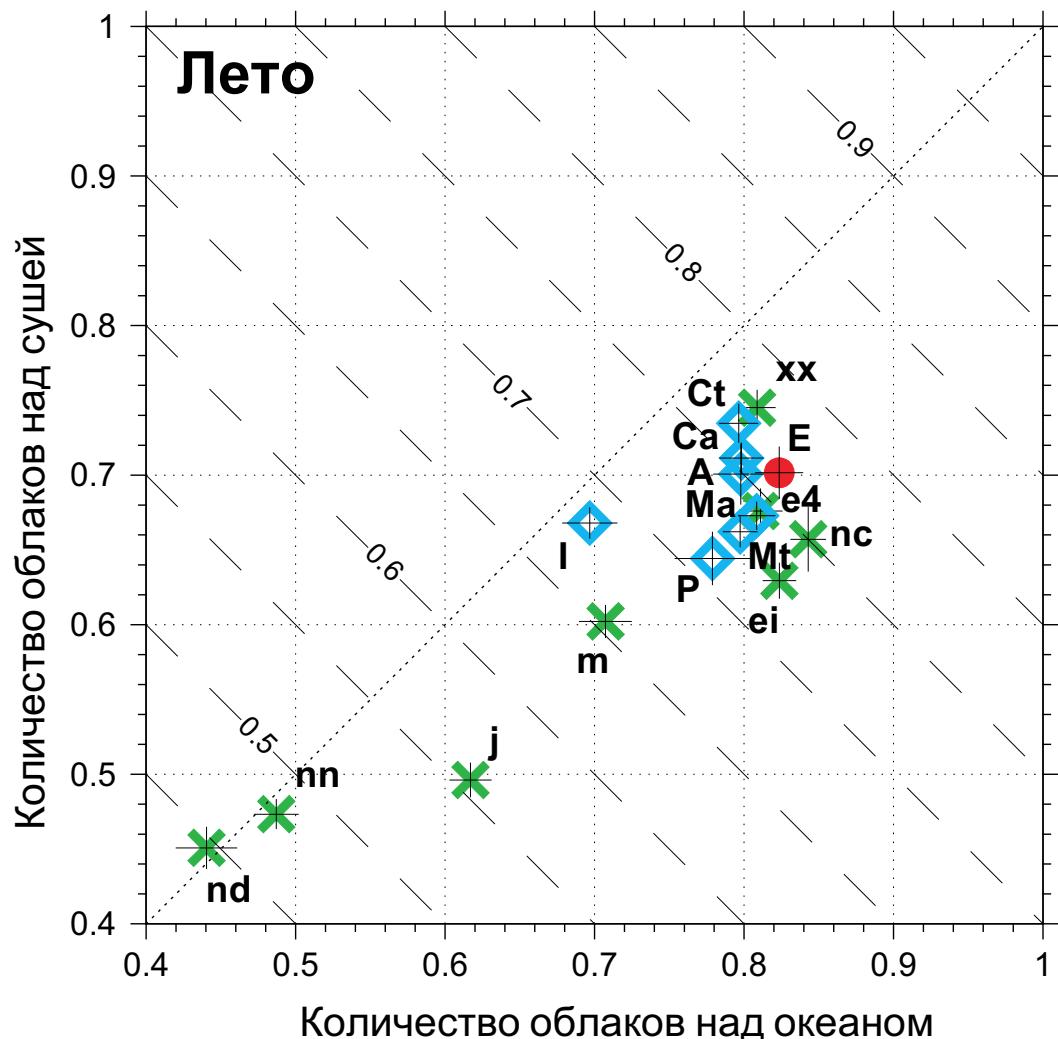
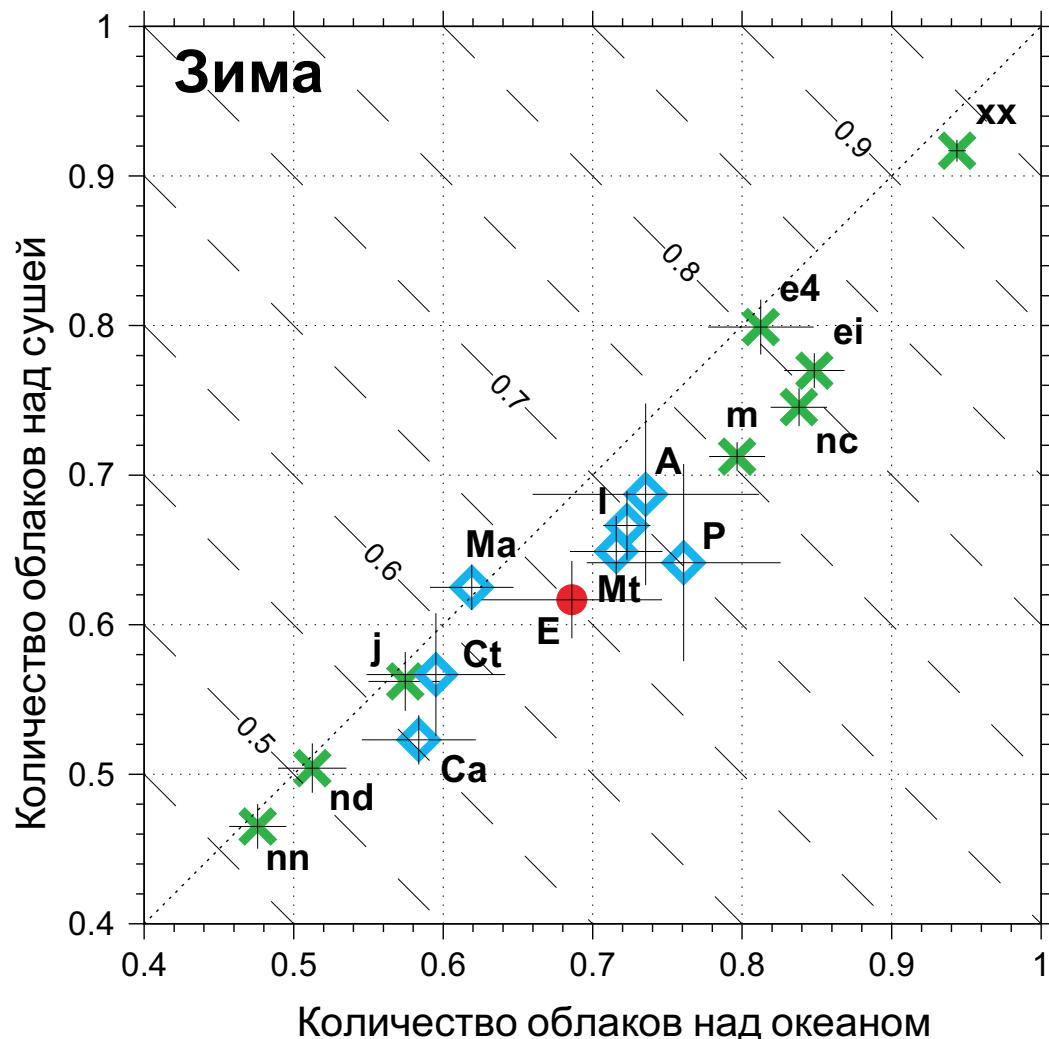
# Разница $n$ между сезонами (Лето - Зима)



# Количество облаков над всей Арктикой (>60°с.ш.)

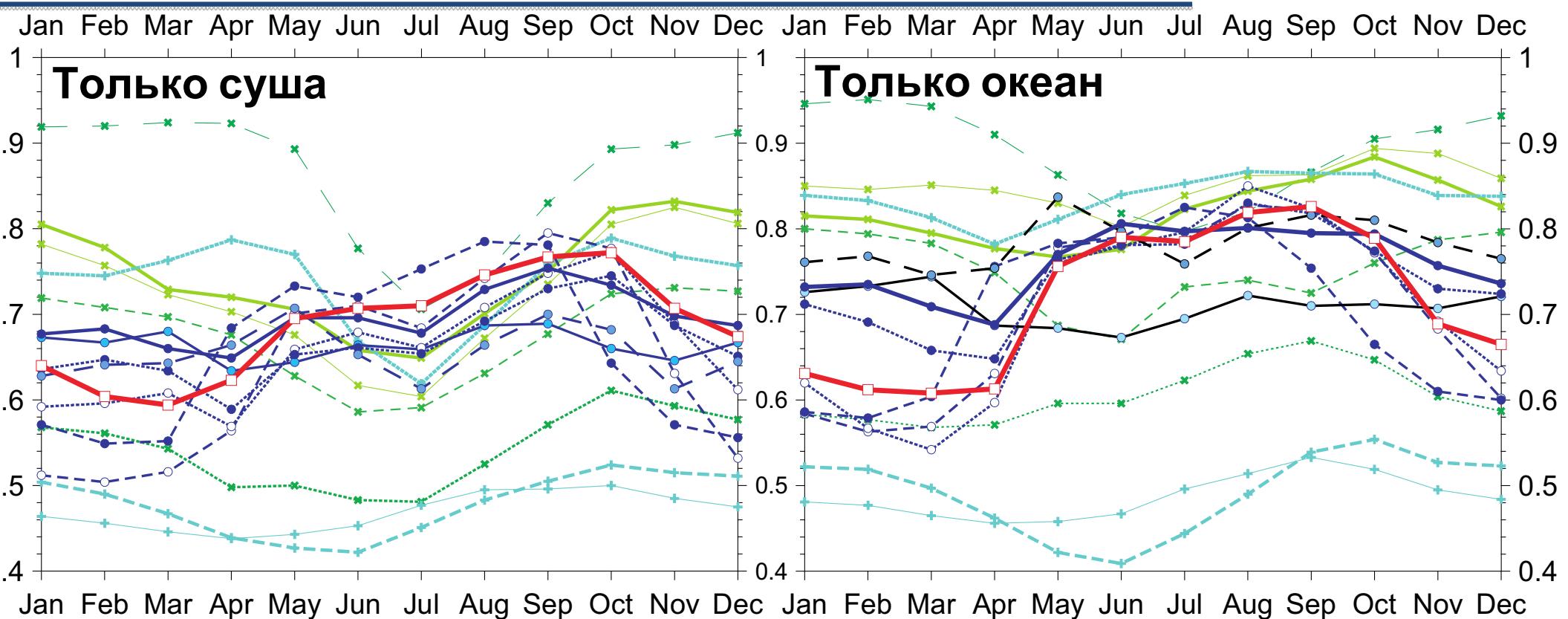


# Среднесезонные значения $p$ над Арктикой



Различные наблюдения за облачностью находятся в лучшем согласии летом (чем зимой) и над океаном (чем над сушей)

# Годовой ход общей облачности над Арктикой

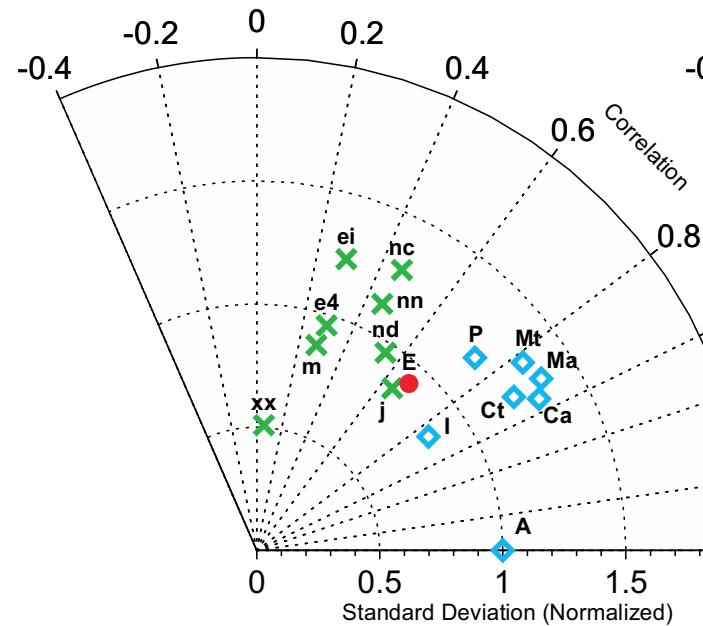


Годовой ход облачности над Арктикой находится в противофазе с годовым ходом площади морского льда согласно большинству наблюдений. Реанализы, в целом, такой годовой ход не воспроизводят.

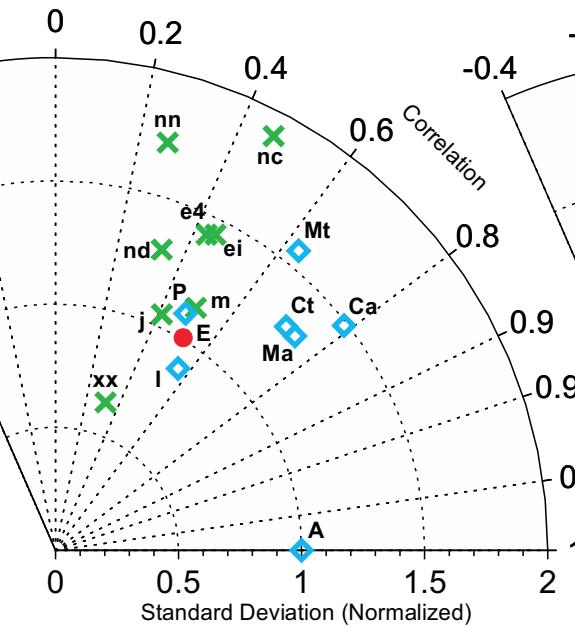
	Satellite observations	Reanalyses data
APP	—●—	—+— ERA-40
CERES Aqua	—○—	—+— ERA-Interim
CERES Terra	—●—	—+— JRA-25
ISCCP	—●—	—+— MERRA
MODIS Aqua	—○—	—+— NCEP-CFSR
MODIS Terra	—●—	—+— NCEP/DOE
Patmos-X	—●—	—+— NCEP/NCAR
Surface observations		—+— 20CR
EECRA	—□—	

# Диаграммы Тэйлора для среднегодового $n$

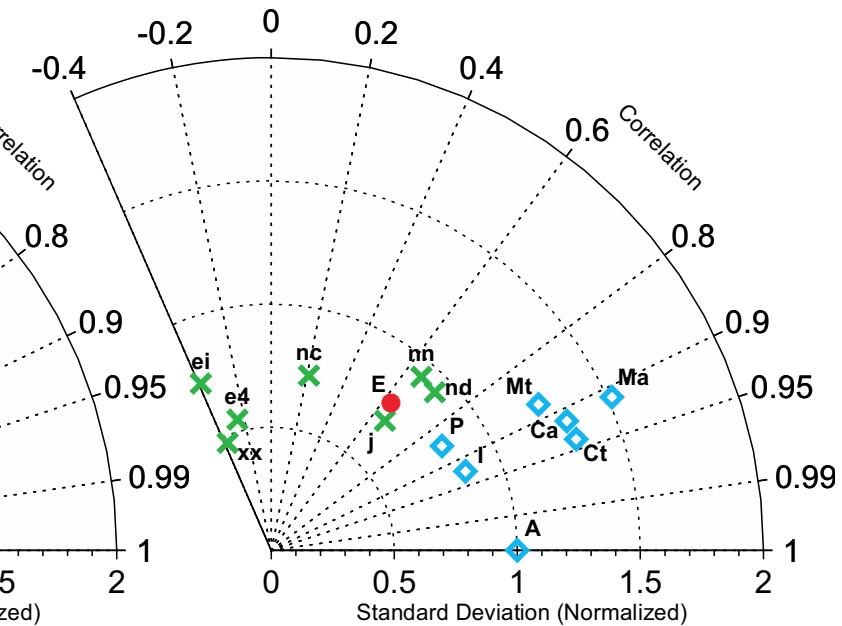
Суша и океан



Только суша



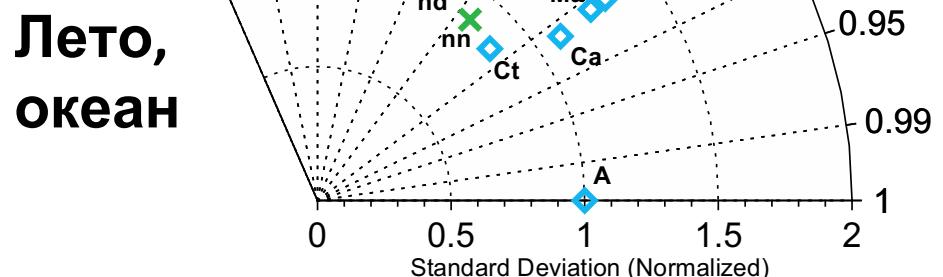
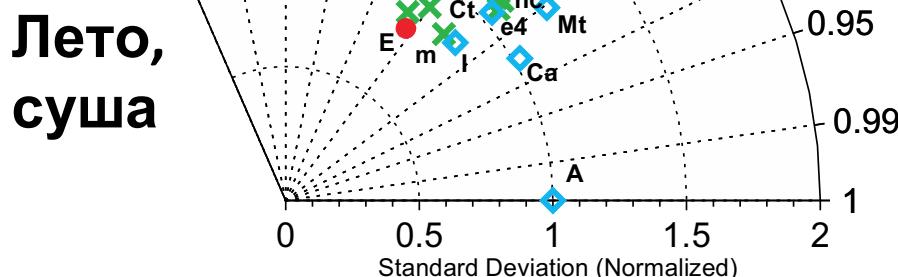
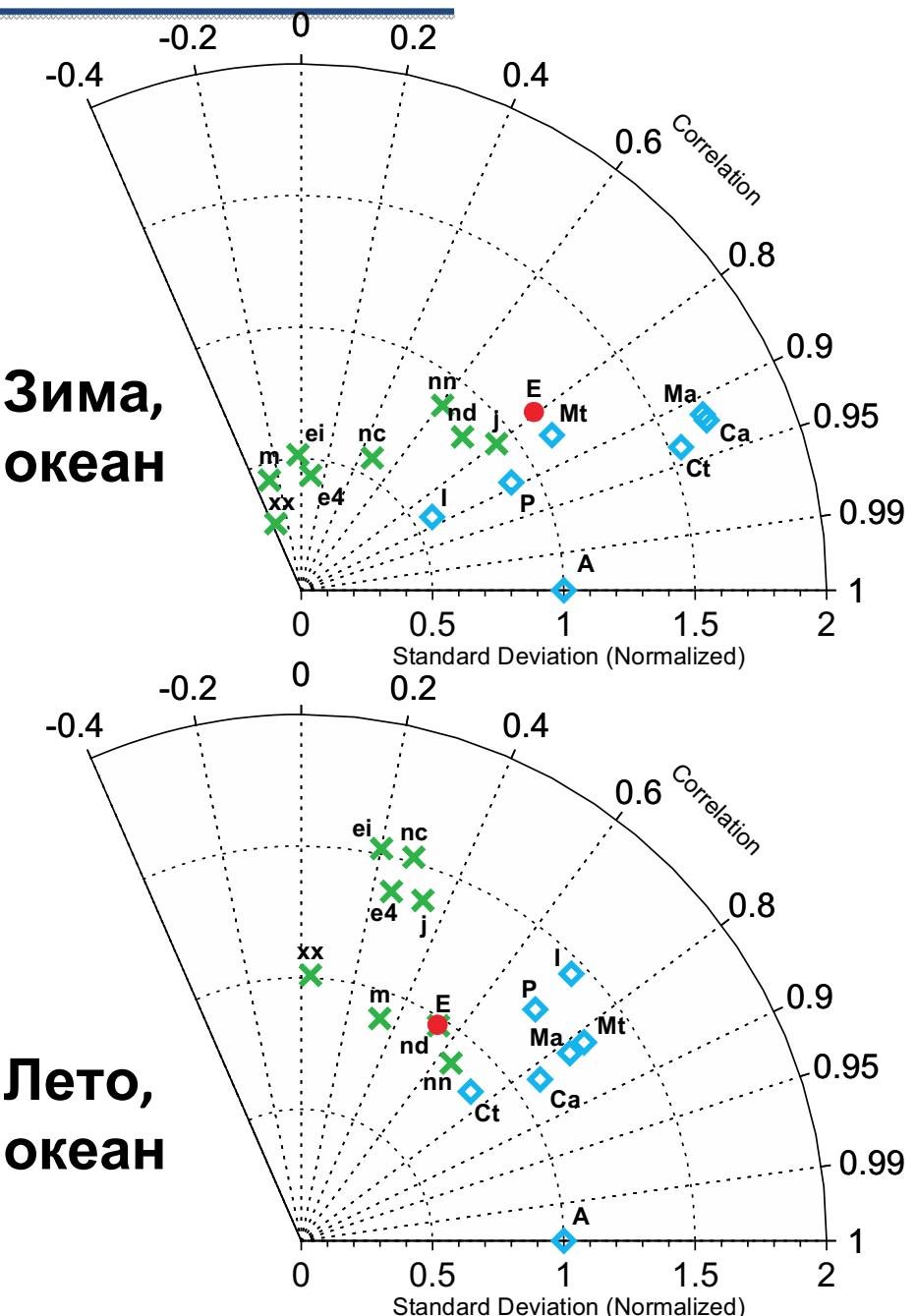
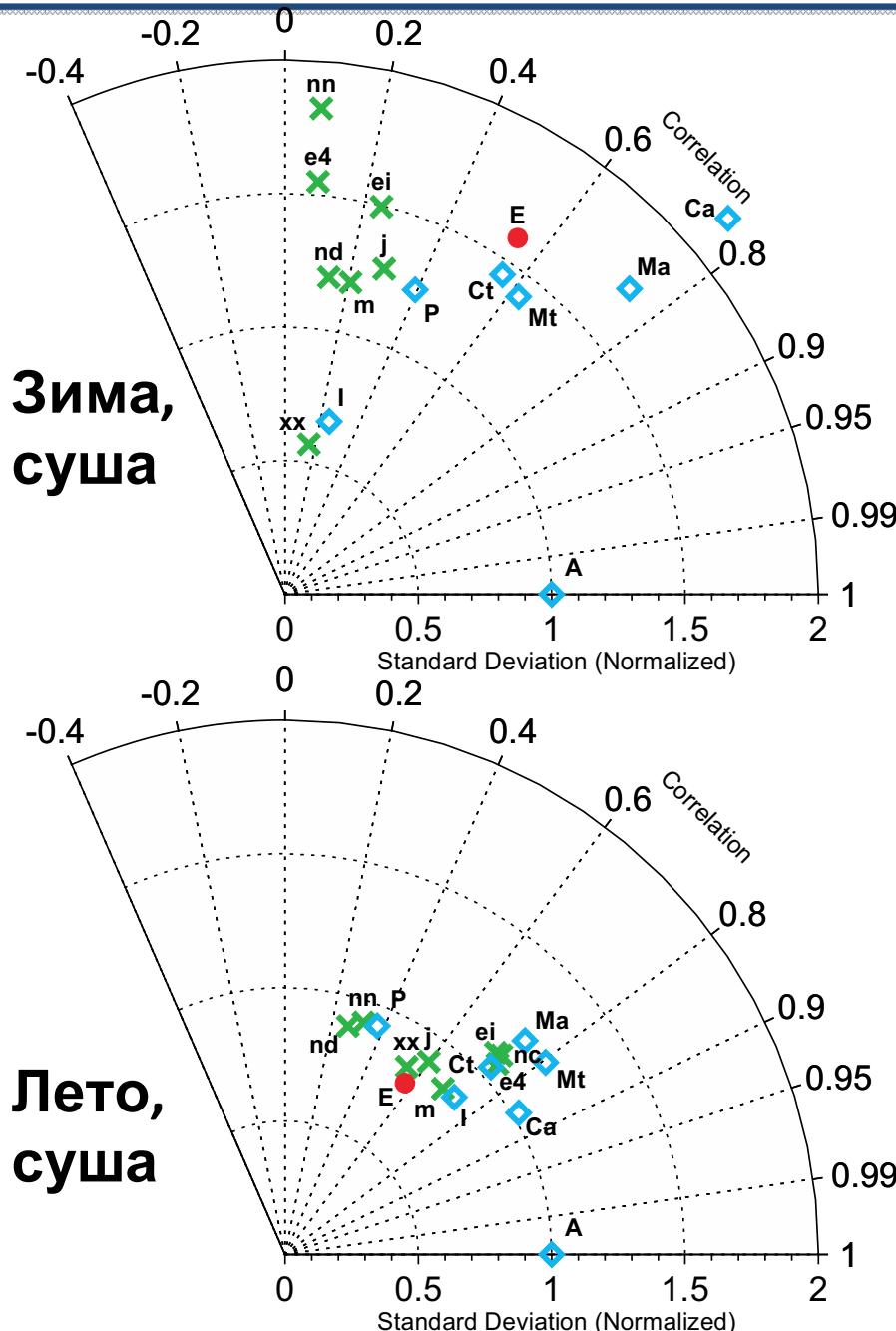
Только океан



Опорная база данных (с которой проводится сравнение): APP-x  
Угловая ось соответствует пространственному коэффициенту корреляции между данными APP-x и другими базами данных

Радиальная ось соответствует пространственному среднеквадратическому отклонению, нормированному на пространственное СКО APP-x

# Диаграммы Тэйлора для среднесезонных $n$

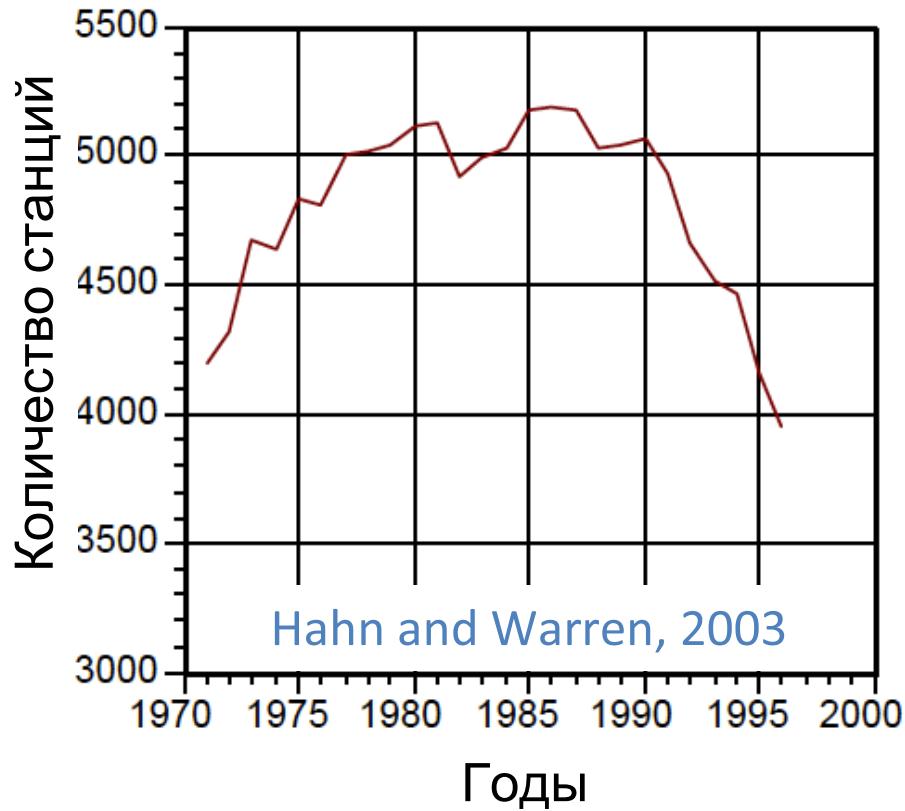


# Причины отмеченных различий

---

- Различия в алгоритмах определения облаков в данных наблюдений и в расчётах облачности в моделях и реанализах.
- Неоднородность данных и ограниченная точность приборов (5-10%).
- Выбор периода осреднения (1-3% для глобальных значений, до 30% для региональных).
- Суточный ход облачности (до 15% над сушей и до 7% над океаном): **сказывается главным образом в умеренных и тропических широтах.**

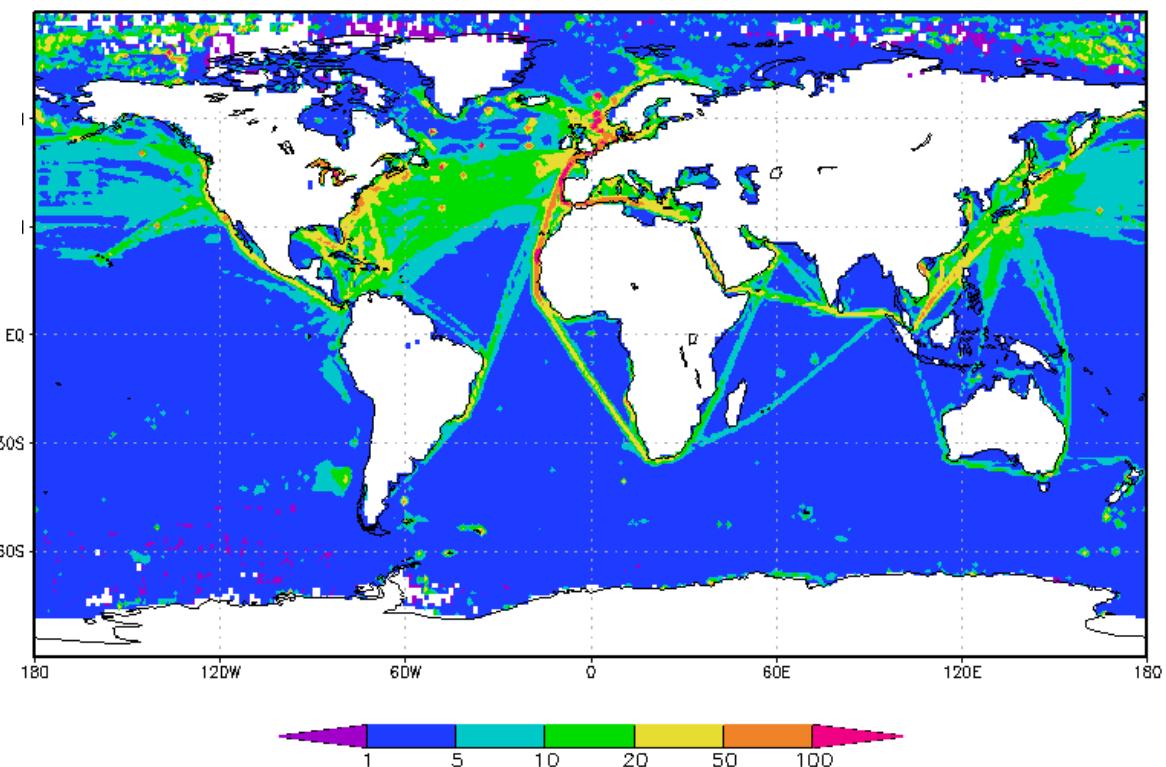
# Ограничения данных наземных наблюдений



Hahn and Warren, 2003

Среднемесячное количество наблюдений за облачностью над океаном (за период 1956-2007 гг.)

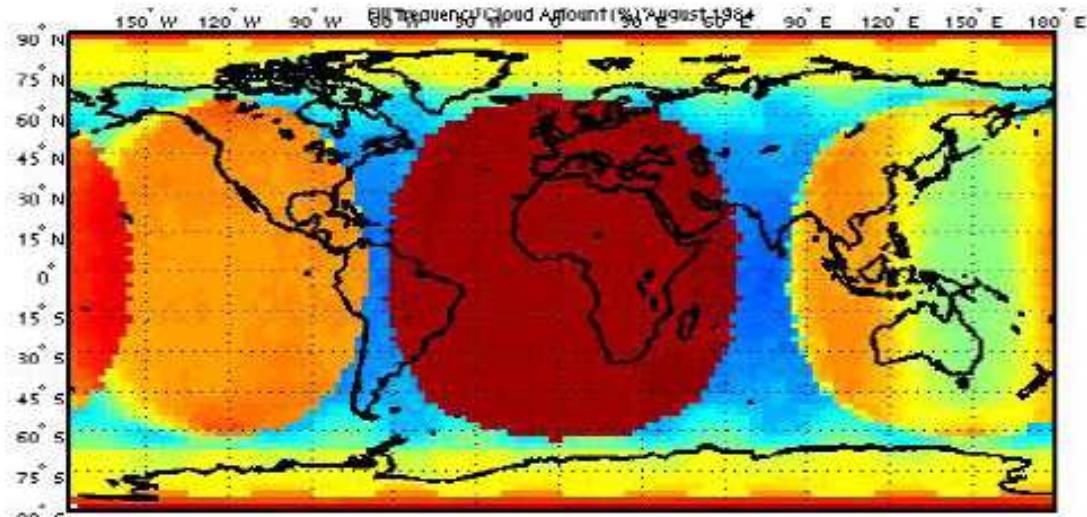
Количество станций с числом наблюдений за облачностью в июле  
> 20



# Ограничения спутниковых данных (1)

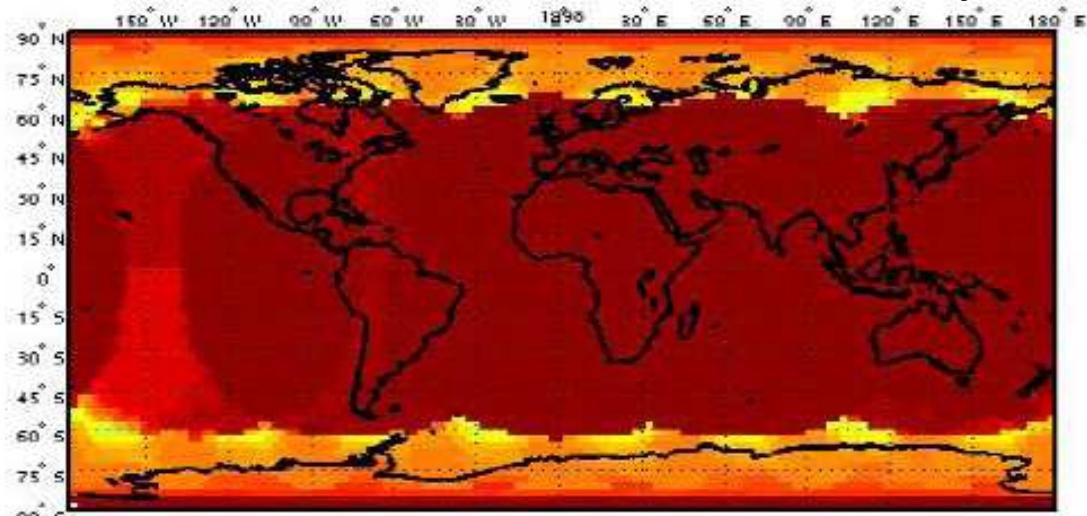
Август 1984

## Пространственная неоднородность (для ISCCP)

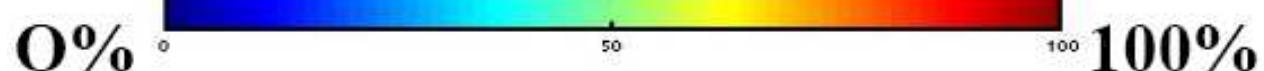


Количество  
наблюдений в месяц по  
данным ISCCP  
Rossow, 2010

Август 1998



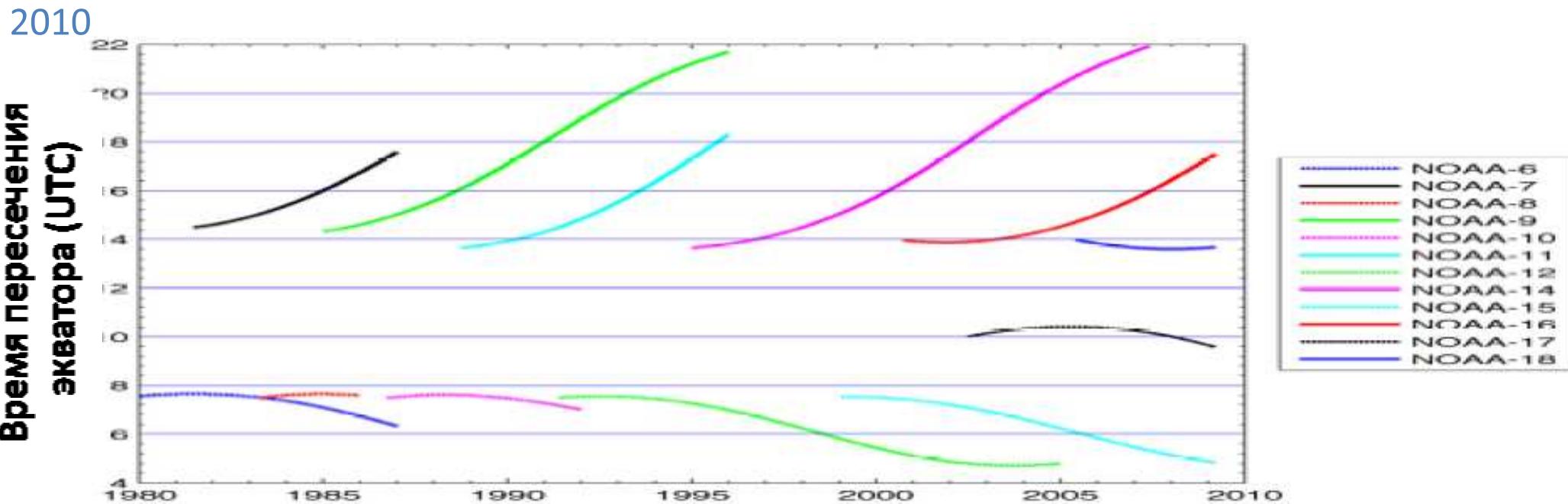
100% = 248 наблюдений



# Ограничения спутниковых данных (2)

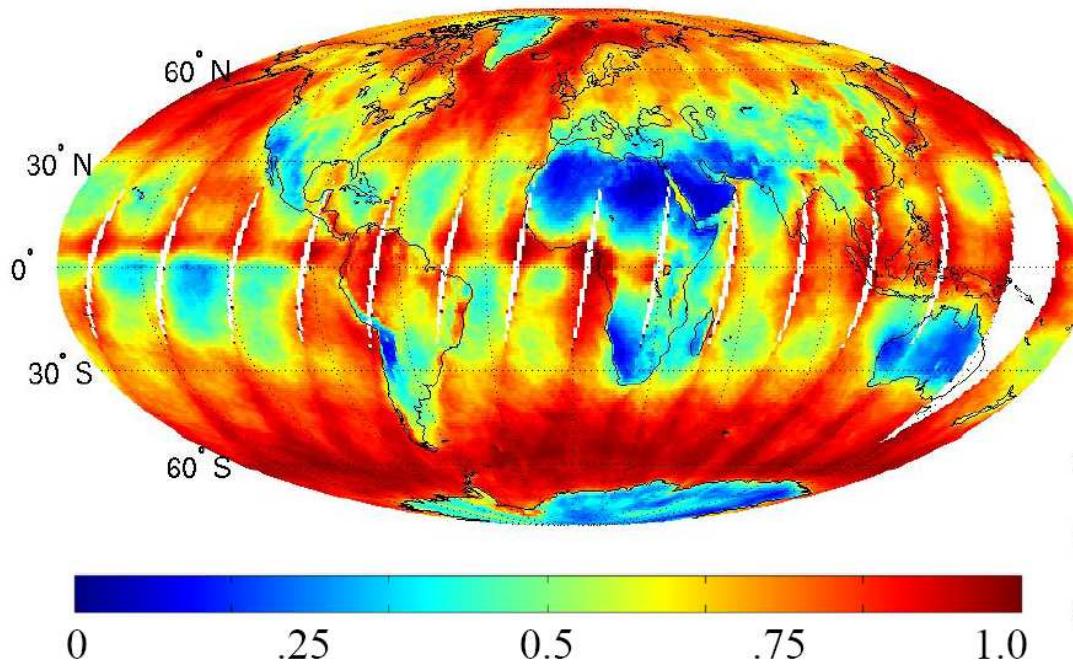
## Временная неоднородность

Время пересечения экватора спутниками NOAA [Menzel,](#)



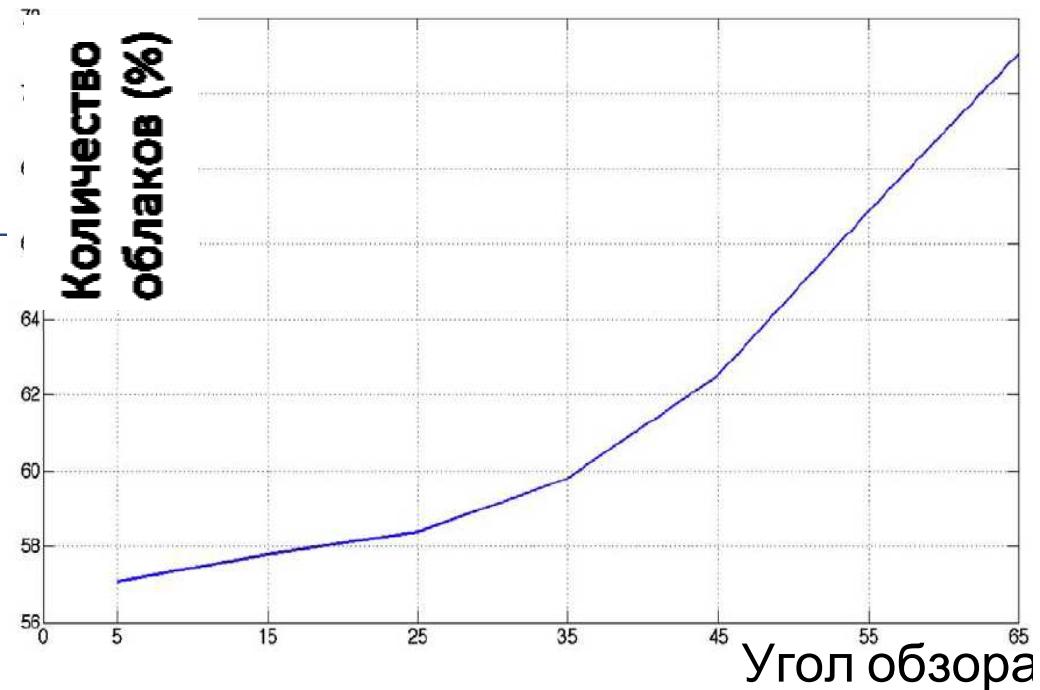
# Ограничения спутниковых данных (3)

## Зависимость количества облаков от угла обзора

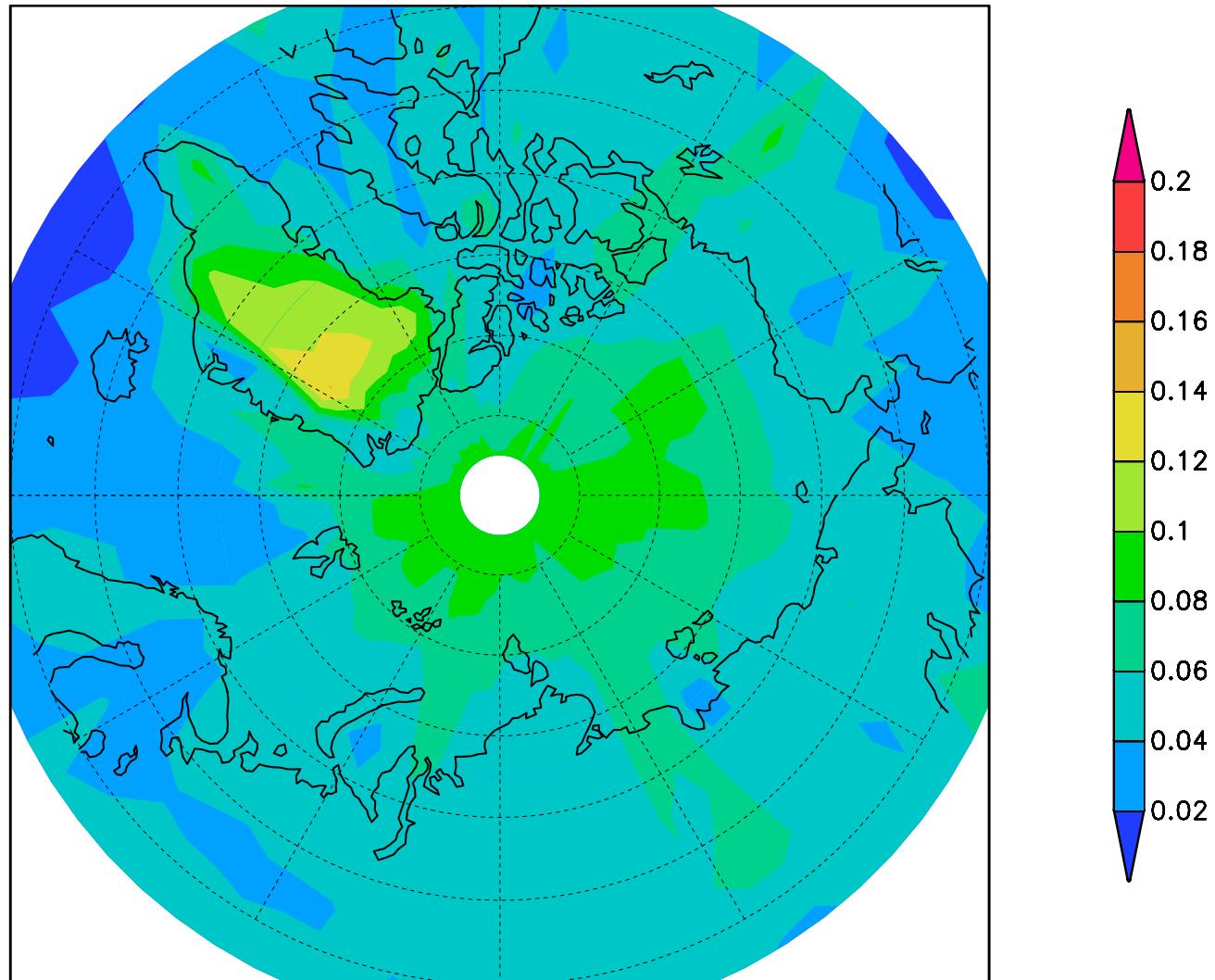


Доля облаков: осреднение с шагом в 16 дней по данным MODIS  
(У спутников TERRA и AQUA 16-дневная орбита)  
Maddux et al., 2010

Общее количество облаков:  
среднегодовое значения для  
широтной полосы 35°ю.ш. –  
35°с.ш.

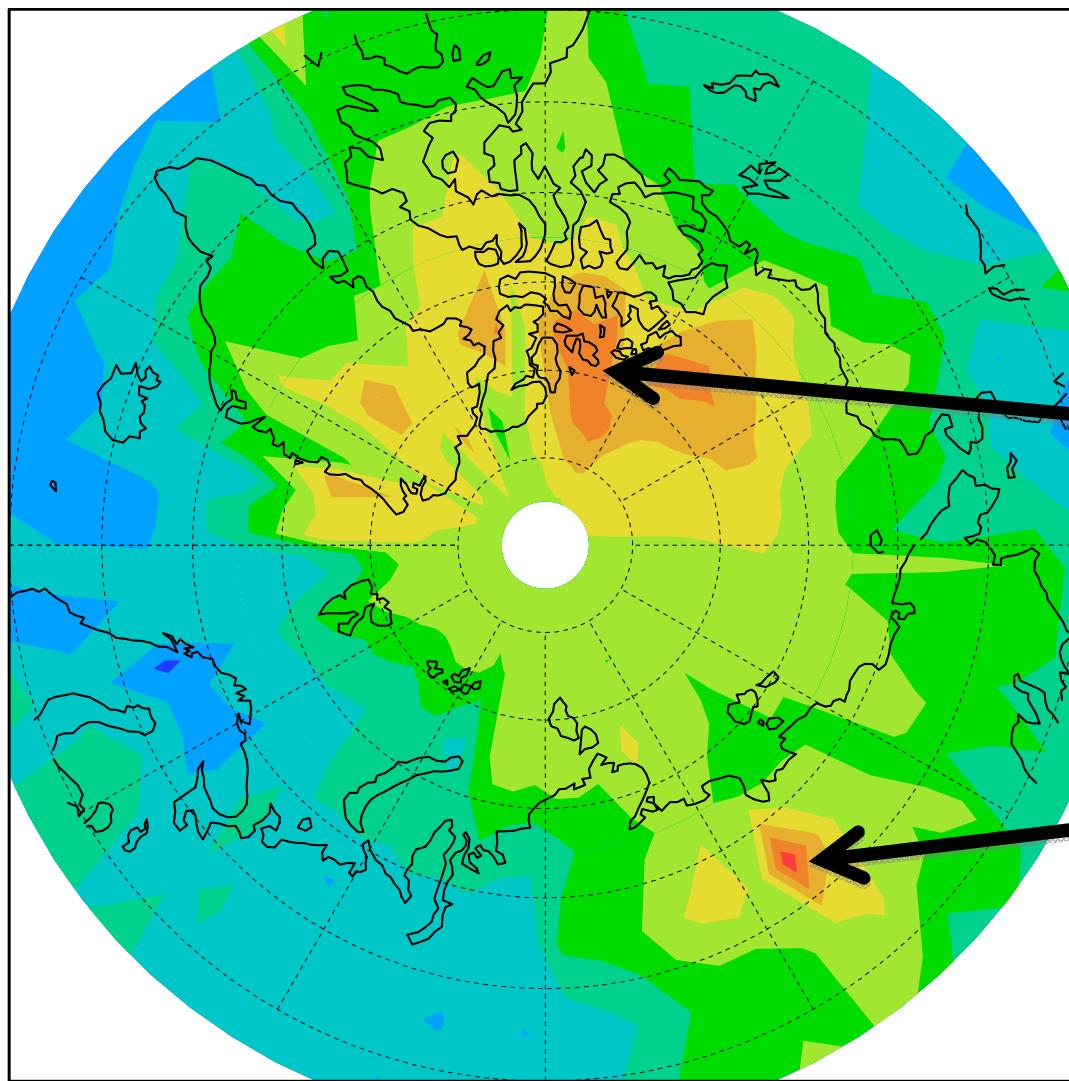


# СКО между различными данными, лето

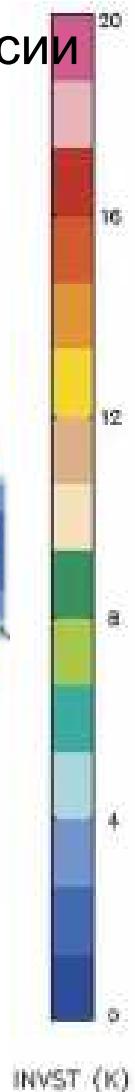
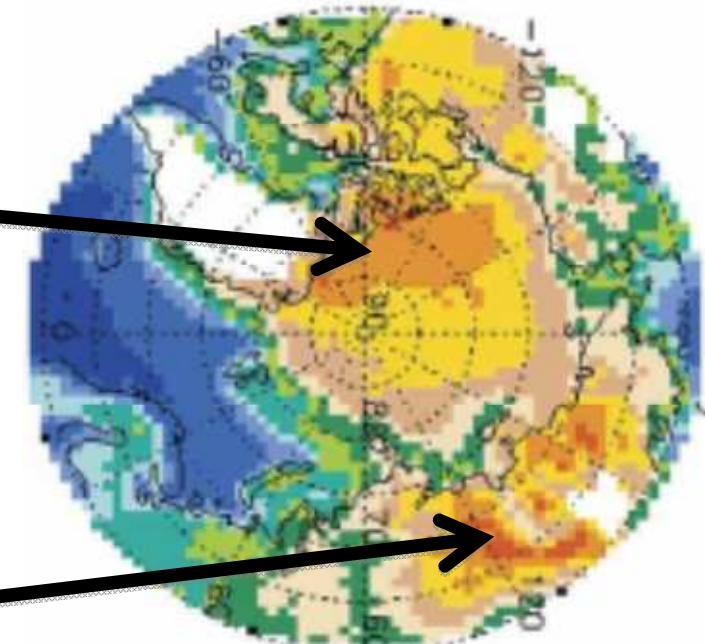
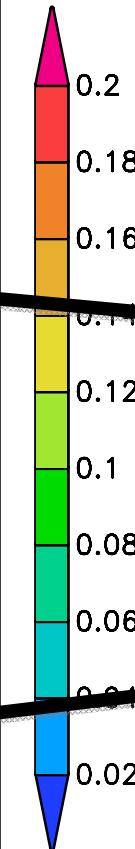


Летом высокие значения СКО между различными данными отмечаются в регионах с высоким альбедо

# СКО между различными данными, зима



Температурные инверсии  
зимой (К)  
*Liu et al., 2006*



Зимой высокие значения СКО между различными данными  
отмечаются в регионах с сильными температурными инверсиями

# Выводы

- Среднегодовое количество облаков над Арктикой около  $0.70 \pm 0.03$  согласно различным данным наблюдений (над океаном:  $0.74 \pm 0.04$ , над сушей:  $0.67 \pm 0.03$ ).
- Различные наблюдения за облачностью находятся в лучшем согласии летом (чем зимой) и над океаном (чем над сушей).
- Годовой ход облачности над Арктикой находится в противофазе с годовым ходом площади морского льда согласно большинству наблюдений (с максимумом облачности в августе-октябре и минимумом в феврале-апреле).
- Основной причиной отмеченных различий являются различия в алгоритмах определения облачности, особенно над снежно-ледовой поверхностью (в течение всего года) и над регионами с сильными температурными инверсиями (в основном, зимой).