

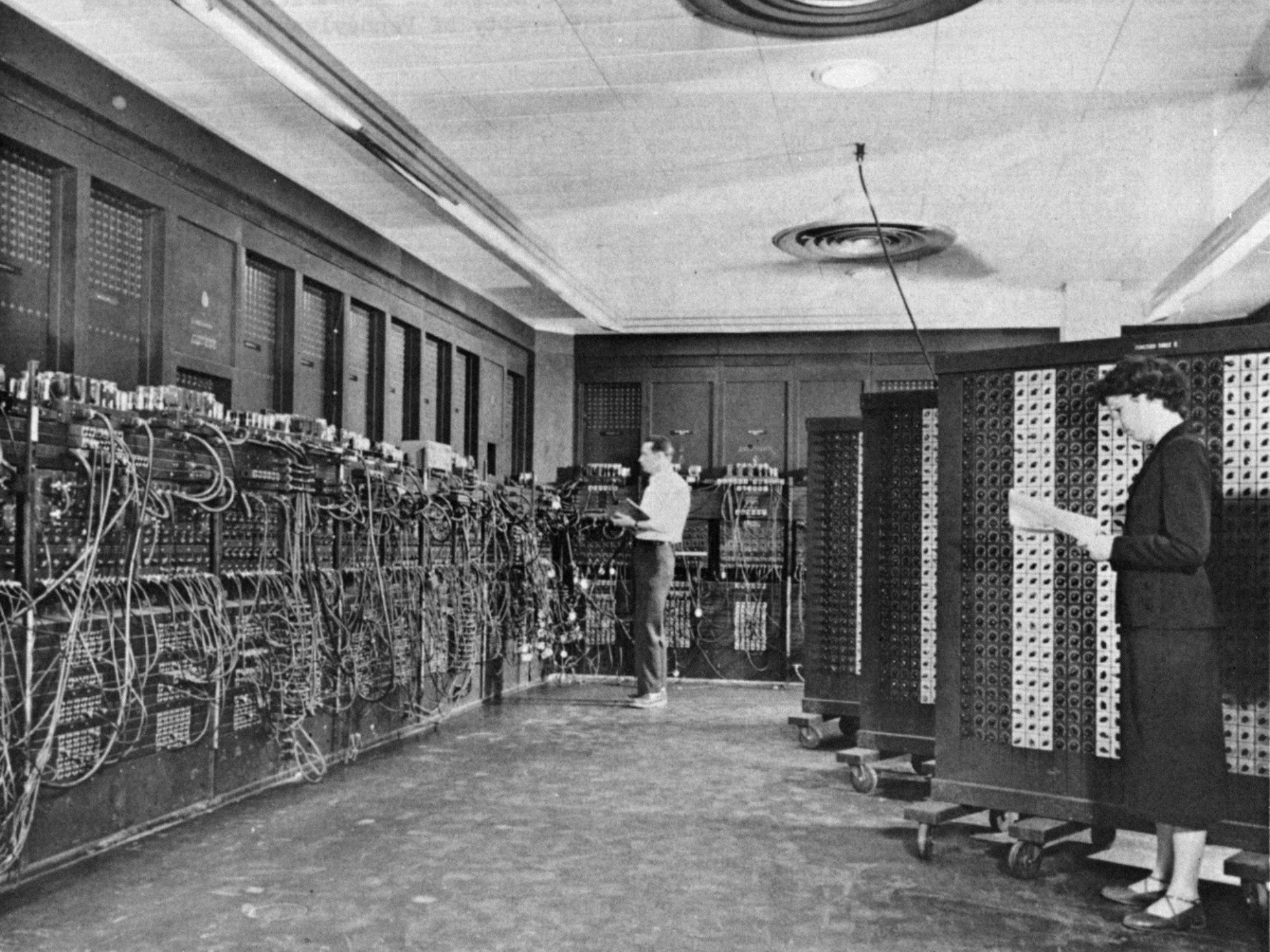
# Бесшовный прогноз погоды от дней до десятилетия

М.А.Толстых

Международная школа CITES2017







# Зачем нужна глобальная модель атмосферы?

- Прогноз погоды на различных масштабах времени.
- Метеорологическая безопасность страны (в т.ч. авионавигация!);
- Обеспечение боковых граничных условий для моделей в ограниченной области;

| Тип прогноза                                     | Срок прогноза      | Разрешение модели                |
|--------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Детерминистический прогноз                       | 2-7 суток          | Максимально возможное разрешение |
| Ансамблевый прогноз с 25-50 участниками ансамбля | 3-10 суток         | Умеренное разрешение             |
| Долгосрочный прогноз                             | 1-6 месяцев        | Низкое и умеренное разрешение    |
| Моделирование изменений климата                  | Годы и десятилетия | Низкое разрешение                |

# Пути уменьшения ошибок численного прогноза погоды

resolution

observations

physical  
processes

ensembles



# Среднесрочный прогноз

- Предел предсказуемости 5-7 суток (А.С. Монин)
- Обычно рассчитывается на 7-10 суток
- В последние годы детерминистический прогноз дополняется ансамблевым
- В ближайшие годы ведущие центры начнут использовать совместные модели.

$T =$  Истина

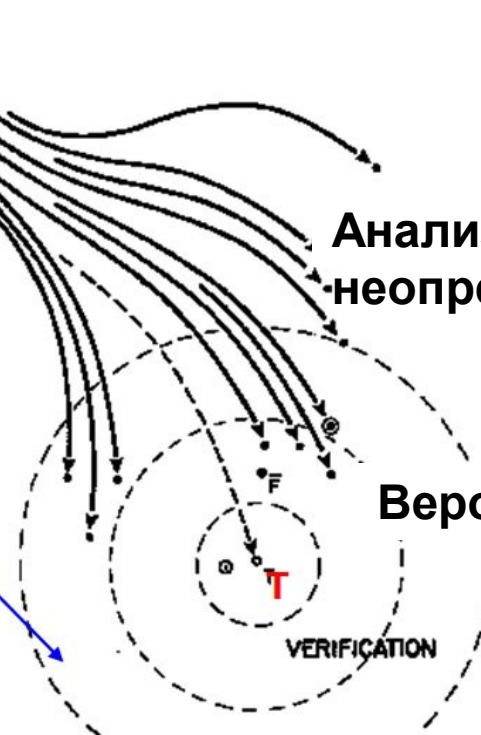


Начальное  
состояние

Анализ  
неопределенности

Forecast Time

Вероятностный прогноз

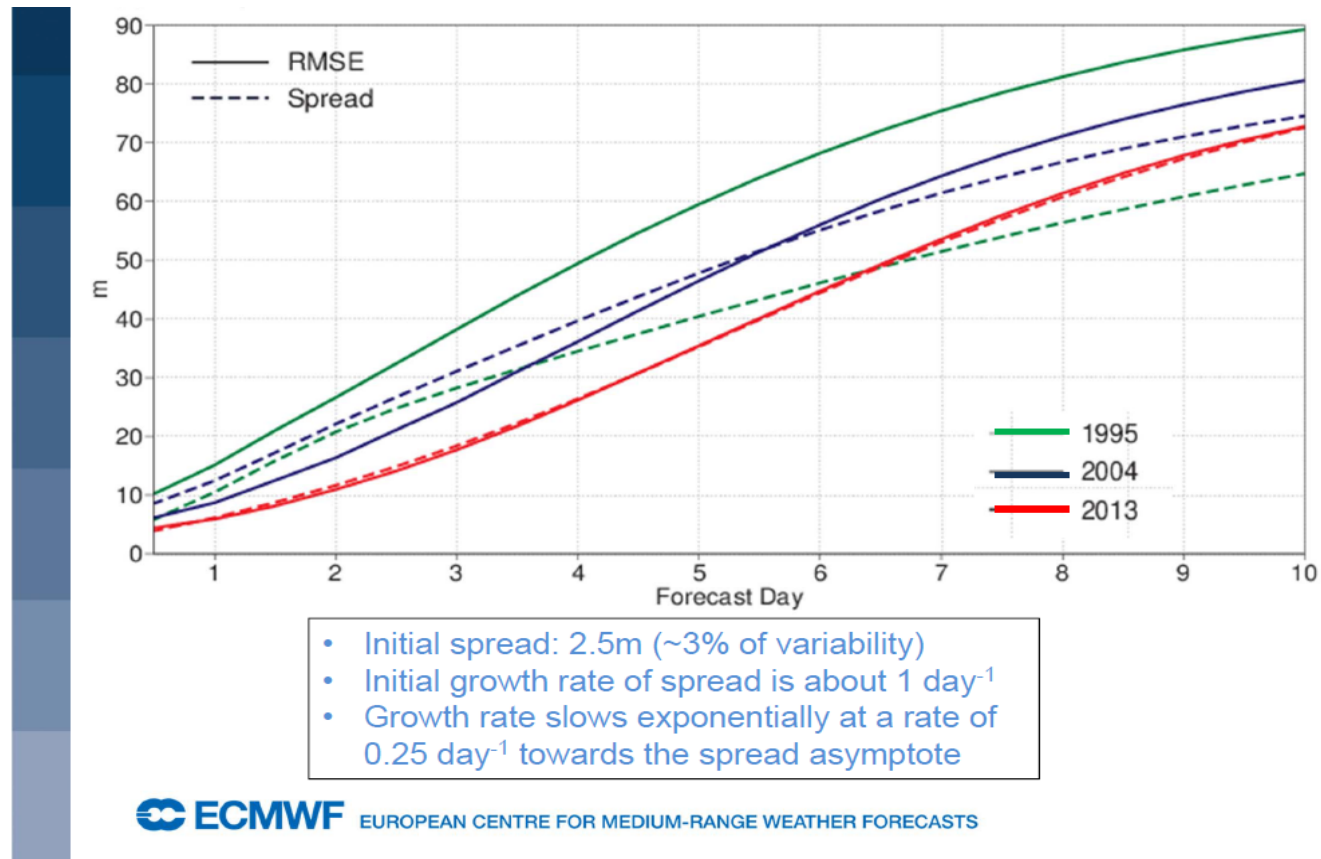


VERIFICATION

# Ансамблевый прогноз

- Разброс (дисперсия) ансамбля для основных прогностических полей должна быть примерно равна среднеквадратической ошибке среднего по ансамблю прогноза (для всех заблаговременностей прогноза!)

# Среднеквадратическая ошибка среднего прогноза по ансамблю и разброс ансамбля в ЕЦСПП



# Совместные модели в краткосрочном прогнозе

- В ряде случаев с помощью совместной модели атмосферы, океана и морского льда получается более успешный краткосрочный и среднесрочный прогноз:

## Introduction

# Atmosphere - Ocean - Ice Interactions in Eastern Canada



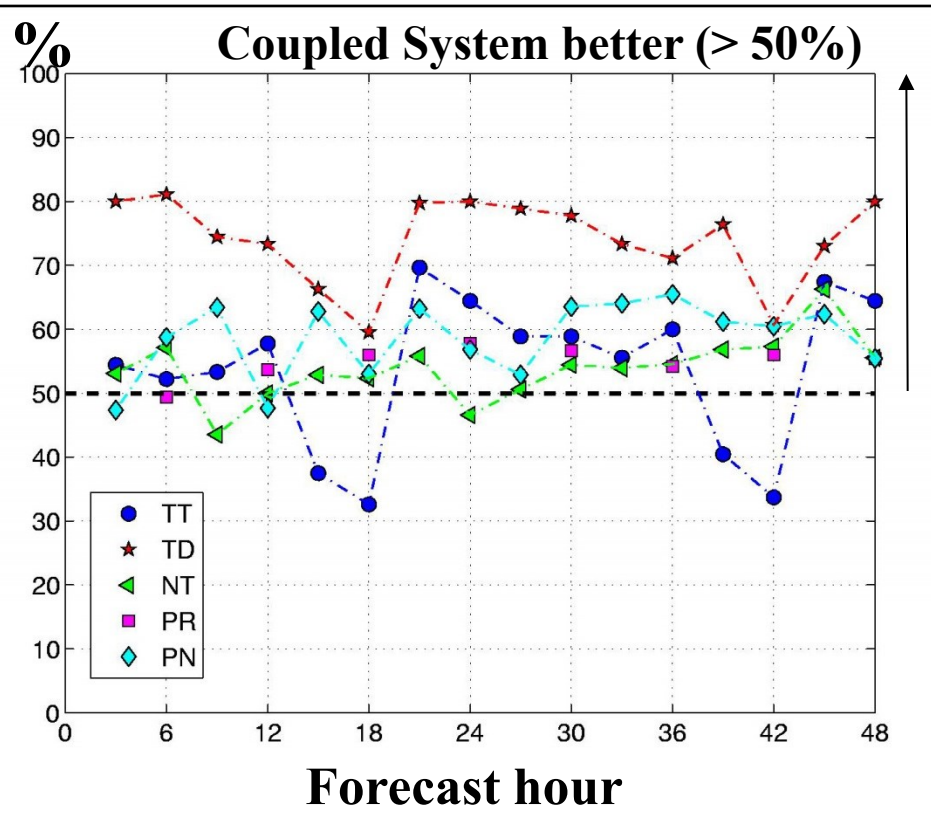
Baffin Sea  
Foxe Basin  
Hudson  
Bay  
Hudson St  
GSL  
Great Lakes

N. Atlantic

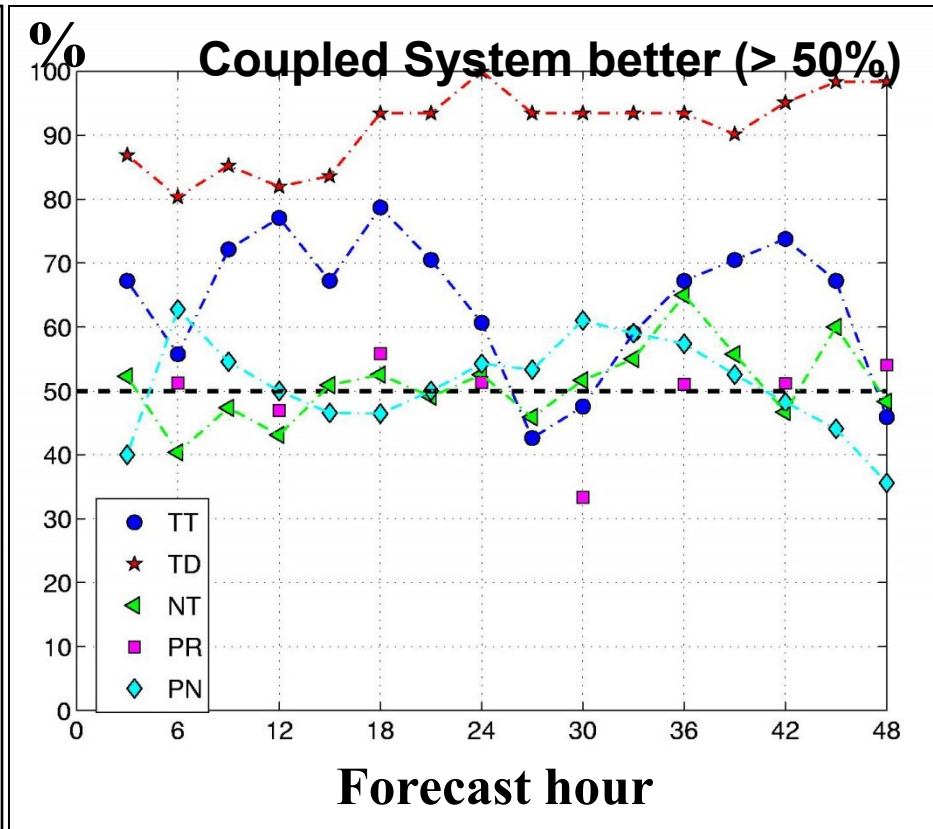
Pellerin P., Ritchie H., Saucier F.J., Roy F., Desjardins S., Valin M. and Lee V. (2004) Impact of a Two-Way Coupling between an Atmospheric and Ocean-Ice Model over the Gulf of St. Lawrence. Monthly Weather Review, vol 132, June 2004, 1379-1398.

# Experimental Operational System at CMC

## Winter



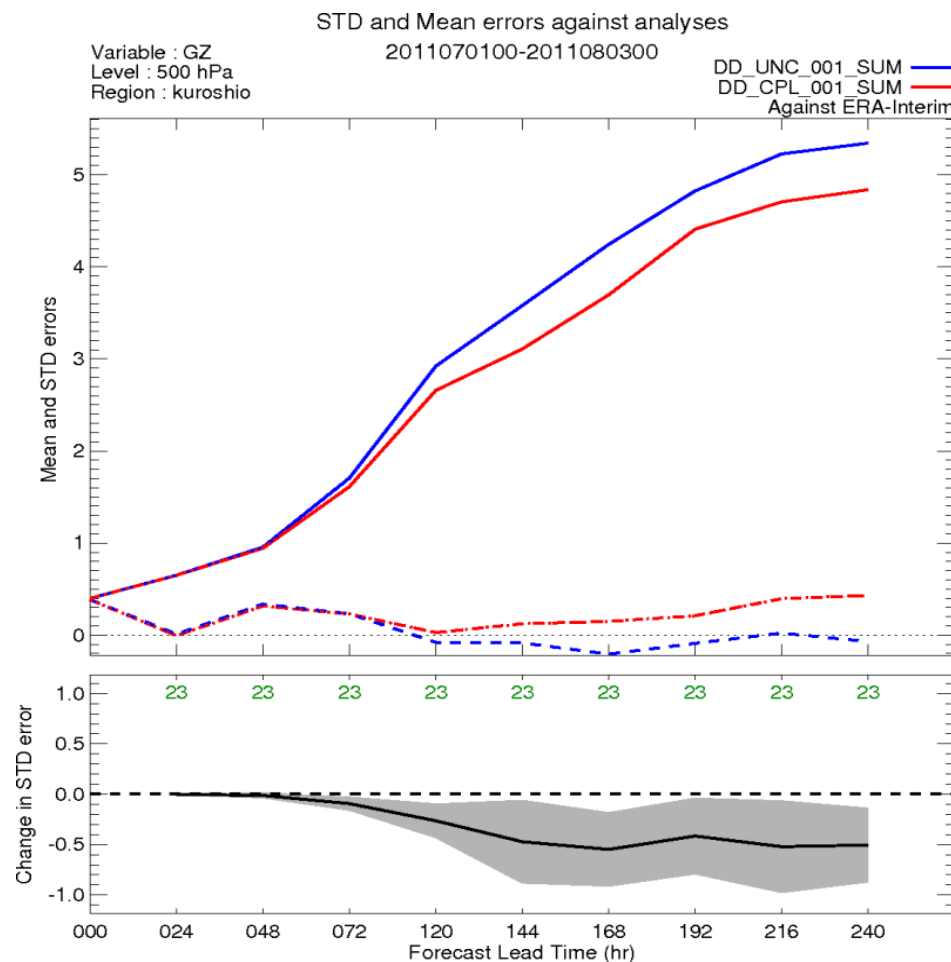
## Summer



# Роль совместной модели в среднесрочном прогнозе в регионах, где имеется сильное взаимодействие сред

(слайд M.Charron, G.Smith, F.Roy et al, Env. Canada, 2014)

**RMS, средняя ошибка H500 в районе Кюросио как функция заблаговременности прогноза**



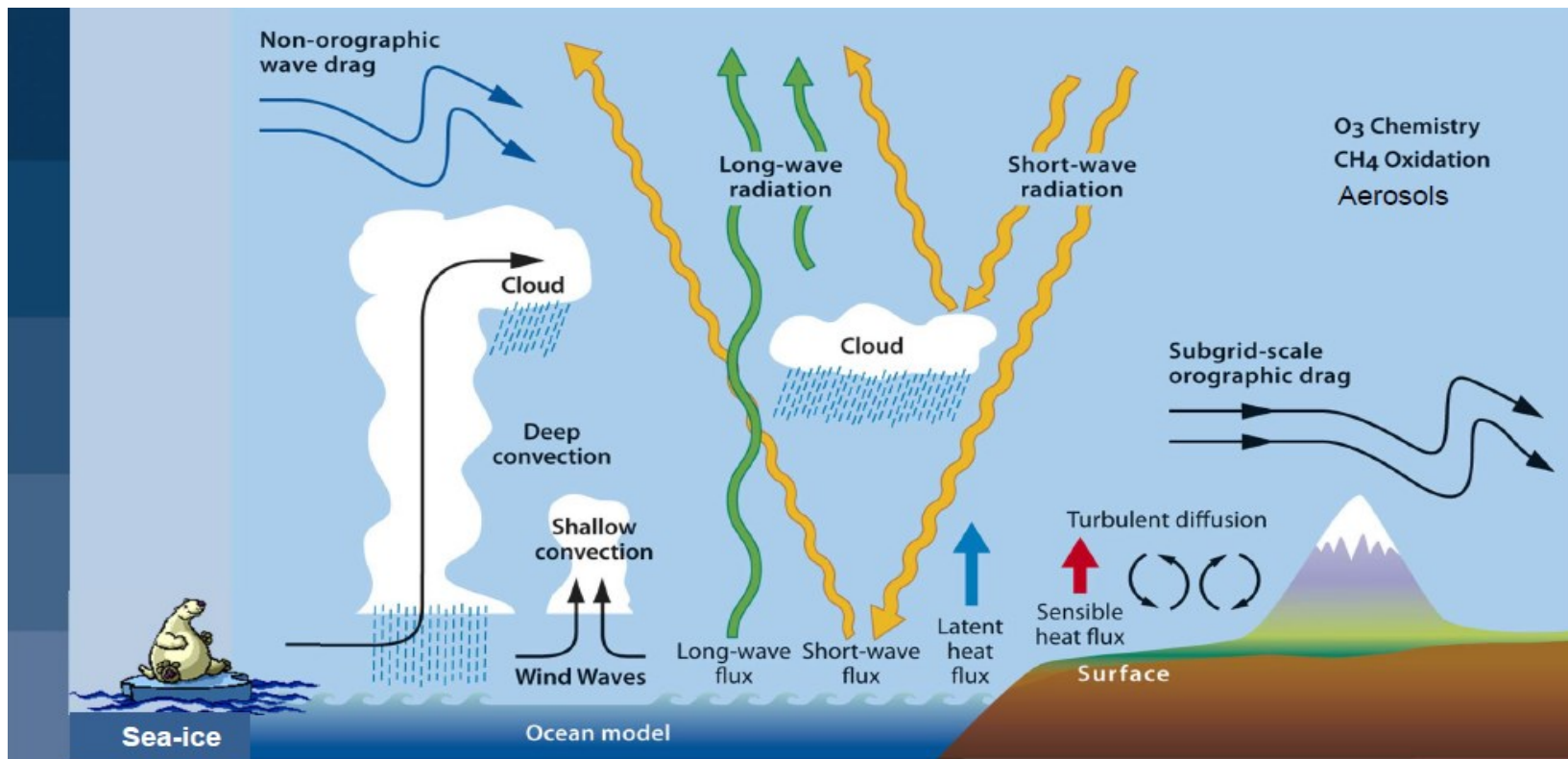
# Бесшовный прогноз -1

- В атмосфере нет искусственных границ между временными масштабами (Shukla, 2006), (Hoskins QJ 2013).
- Имеется ряд явлений с временными масштабами более года, которые успешно воспроизводятся моделями (напр., квазидвухлетние колебания в стратосфере).
- В большинстве случаев требуется совместная модель.
- Метеоффис Великобритании давно применяет одну модель для прогноза и климата (Unified Model, UM)

# Бесшовный прогноз -2

- «Хорошая» модель атмосферы должна правильно воспроизводить все временные масштабы от мезомасштабного циклона до квазидвухлетнего колебания.
- Необязательно один и тот же набор параметризаций для всех пространственных масштабов! Многие параметры зависят от разрешения.
- Словосочетание иногда используется спекулятивно : у моделей численного прогноза погоды и климата -- разные метрики ошибок!

# Процессы, которые надо описывать в современной модели



**Clouds and convection**

**Sub-grid orographic and turbulent drag**

**Surface interactions**

# Долгосрочный гидродинамический прогноз

- Расчет калибровочного ансамбля «исторических» прогнозов для оценки модельного «климата»
- Расчет оперативных ансамблевых прогнозов.
- Расчет аномалии по отношению к модельному «климату»

# Источники предсказуемости на внутрисезонном масштабе (Vitart, 2012)

- Температура поверхности океана,
- Условия на поверхности суши (в т.ч. растительности и снега)
- Колебание Мэддена-Джулиана (КМД)
- Северо-атлантическое колебание – Арктическая осцилляция (САК-АО)
- Стратосферная изменчивость (в том числе, внезапные стратосферные потепления)
- Морской лед и его толщина

На сезонном масштабе: + Эль-Ниньо-Южное колебание

# Субсезонные и сезонные прогнозы

- Обязанность каждого прогностического центра
- Россия: Global producing center (ГМЦ), NEACSS (СЕАКЦ; ГМЦ + ГГО). Участвует в APCSS MME, проекта S2S
- Успешны в основном в тропиках. В средних и высоких широтах – отдельные «пятна».
- «Гладкие» поля (характеристики макромасштабной циркуляции) предсказываются лучше

# GPC predictions of DJF'12-13 mean SLP

(from WMO LC LRF-MME)

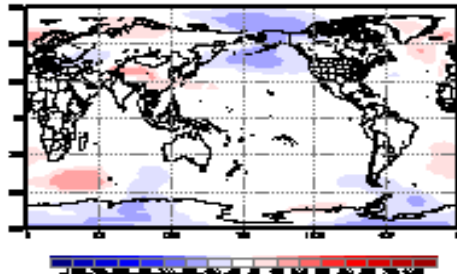
lat=-90 90  
lon=0 360

Mean Sea Level Pressure : 02012

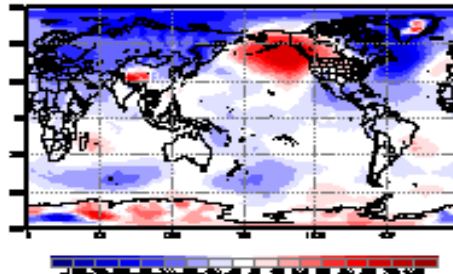
(issued on Nov)

[Unit: Pa]

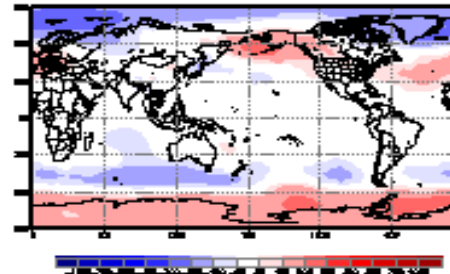
GPC\_Beijing



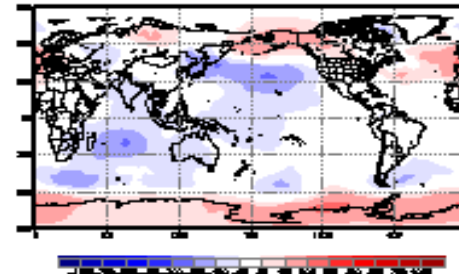
GPC\_CPTEC



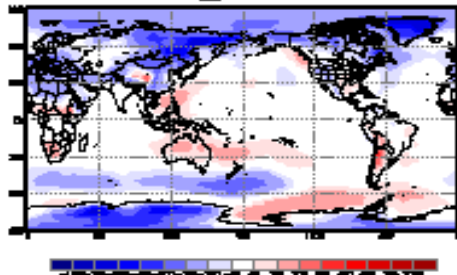
GPC\_ECMWF



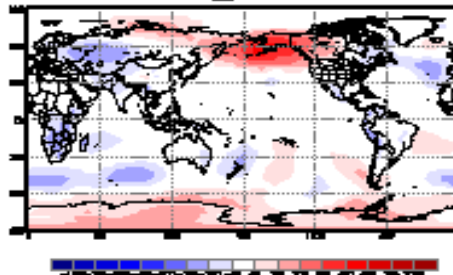
GPC\_Exeter



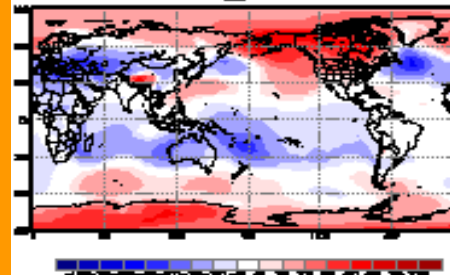
GPC\_Melbourne



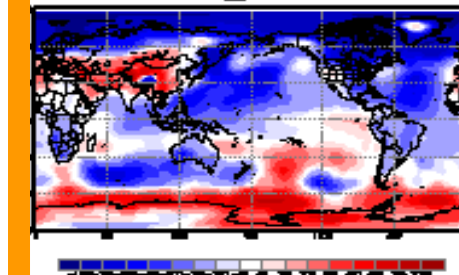
GPC\_Montreal



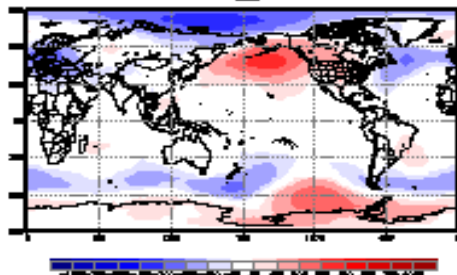
GPC\_Moscow



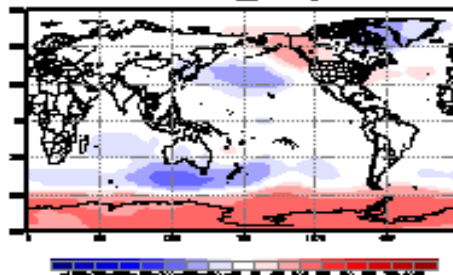
GPC\_Pretoria



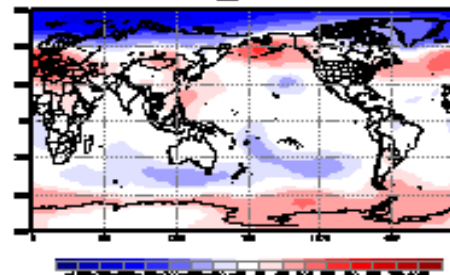
GPC\_Seoul



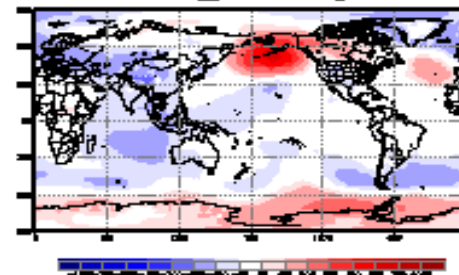
GPC\_Tokyo



GPC\_Toulouse

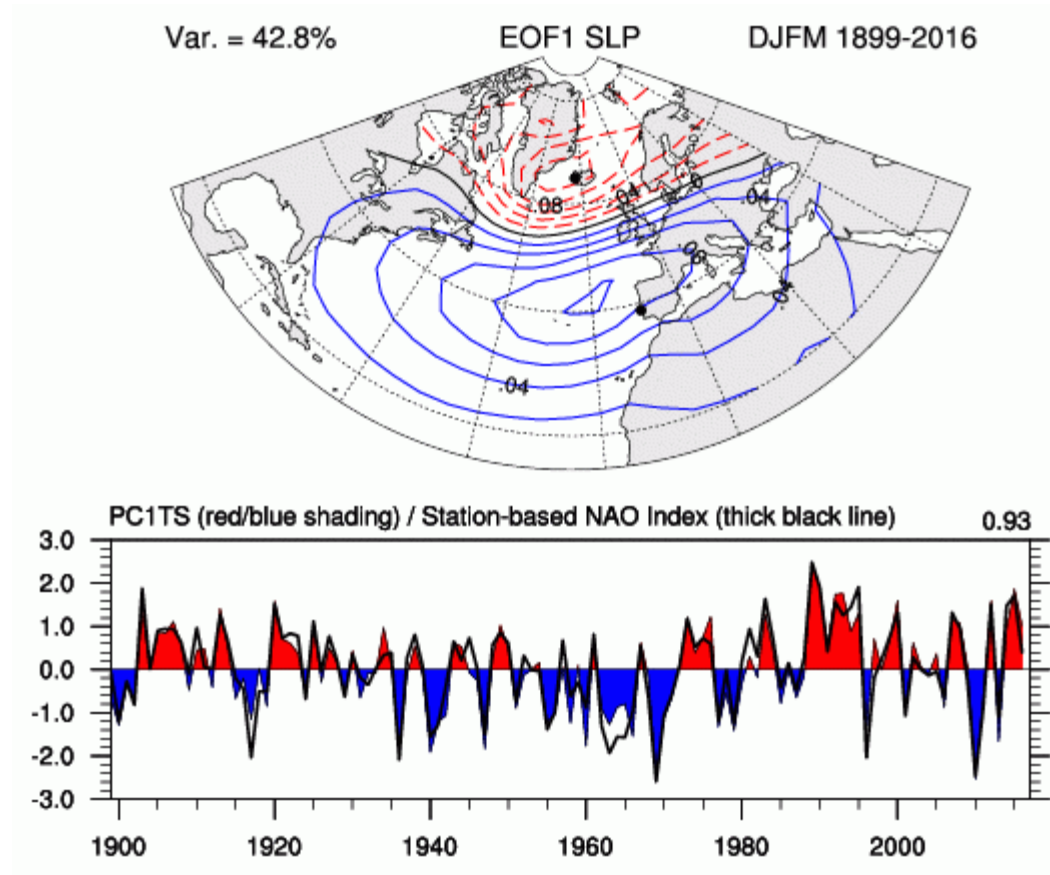


GPC\_Washington



Предсказан отрицательный индекс Северо Атлантического Колебания!

# Индекс Северо-Атлантического колебания



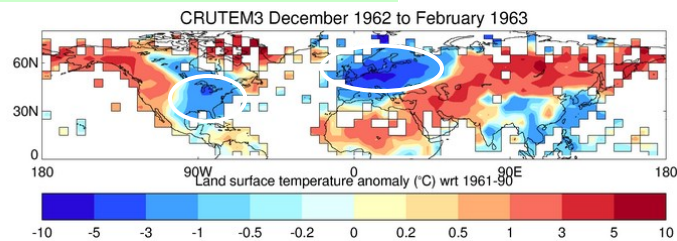
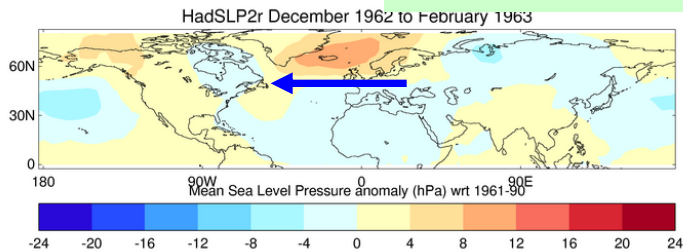
**Зимний индекс относительно предсказуем в моделях !**

# Winters depend on which way the wind blows:

## The North Atlantic Oscillation (A.Scaife)

Крыжов (МиГ. 2003, 2004)

### Winter 1962/63

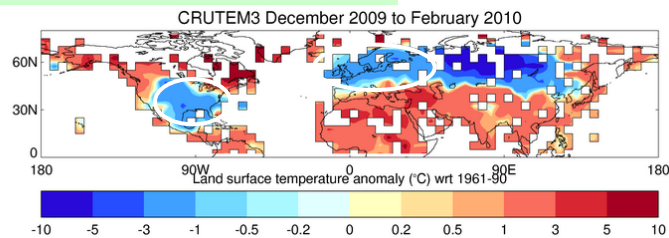
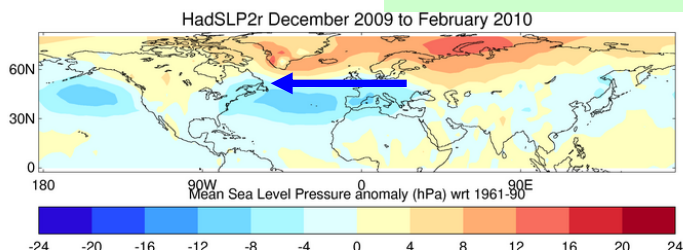


**Weak P Gradient**

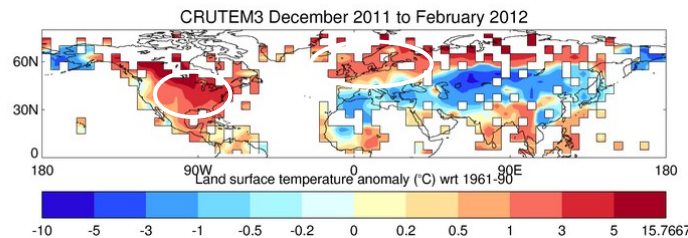
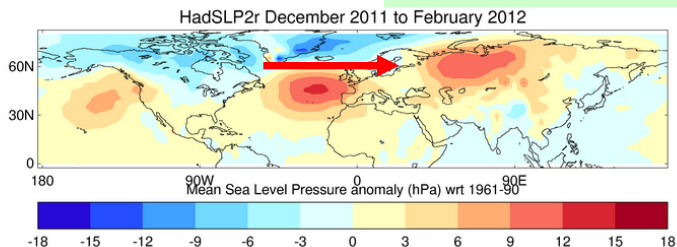
**Cold advection  
into Europe**

**Cold, calm  
and dry**

### Winter 2009/10



### Winter 2011/12 c.f. 2013/14!

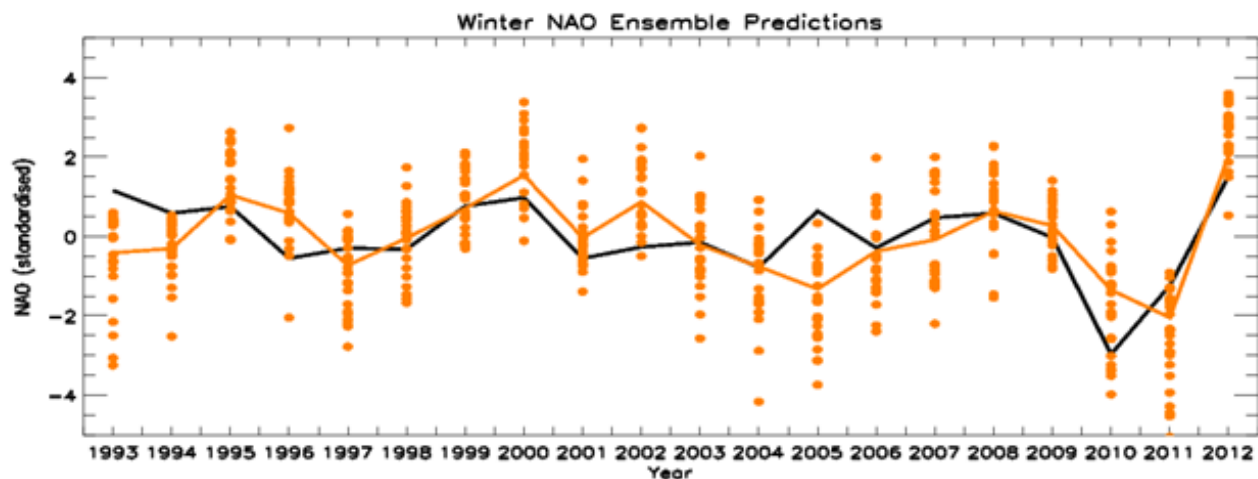


**Strong P Gradient**

**Warm advection  
into Europe**

**Mild, stormy  
and wet**

# Зимние прогнозы САК в МетОфисе (A.Scaife)

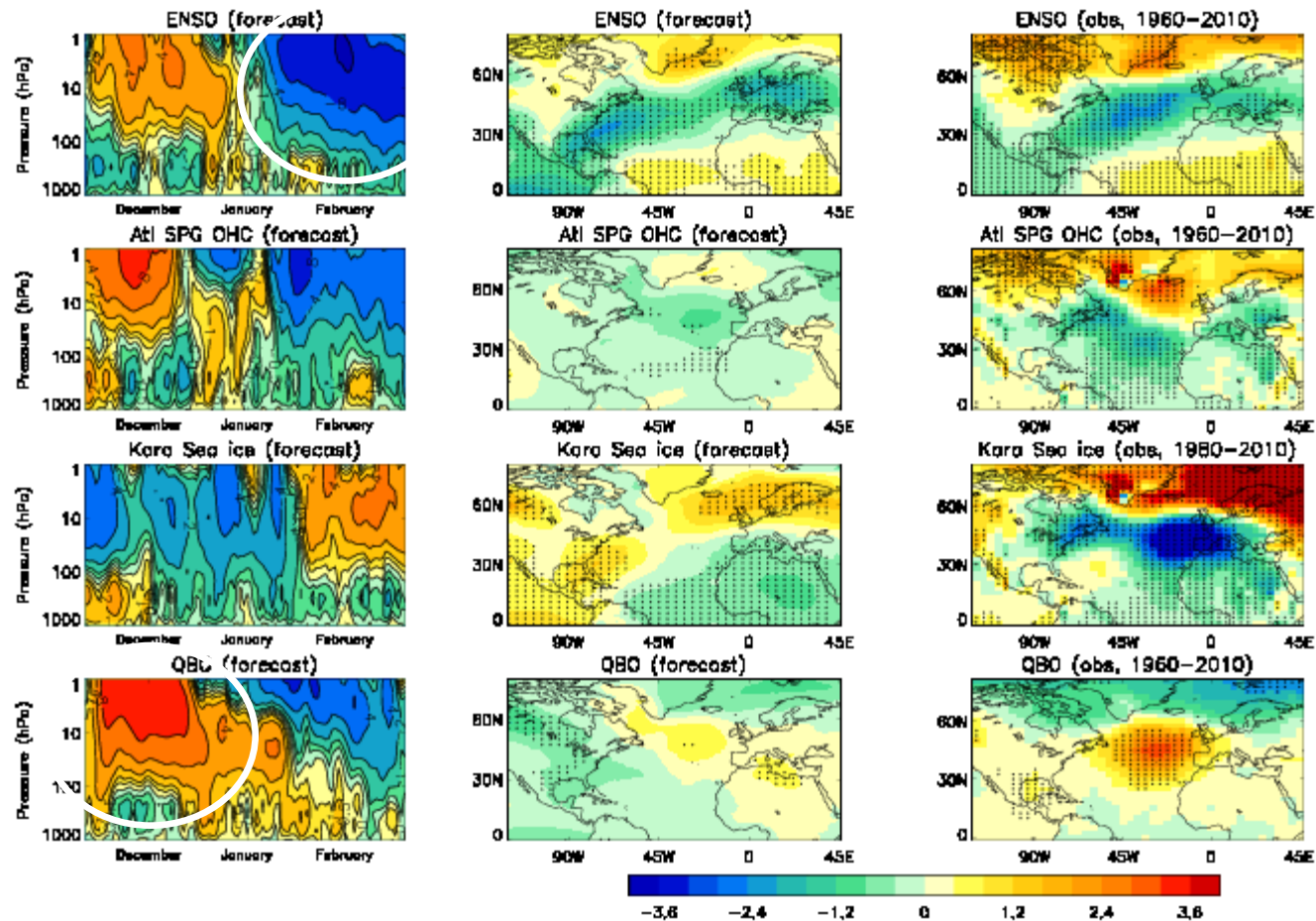


Correlation score = **0.62**

Extended to 20 years and 24 members for DJF

Еще 8-10 лет назад корреляция ни у кого не превышала 0.3 !

# Sources of predictability...

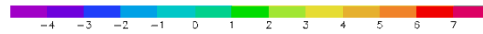
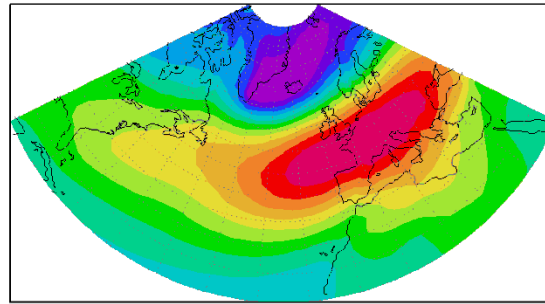
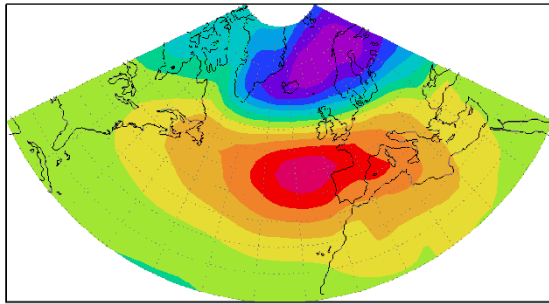


Strong  
ENSO, Atlantic Ocean, Kara Sea ice and Quasi-Biennial Oscillation  
Response is weaker in model than obs

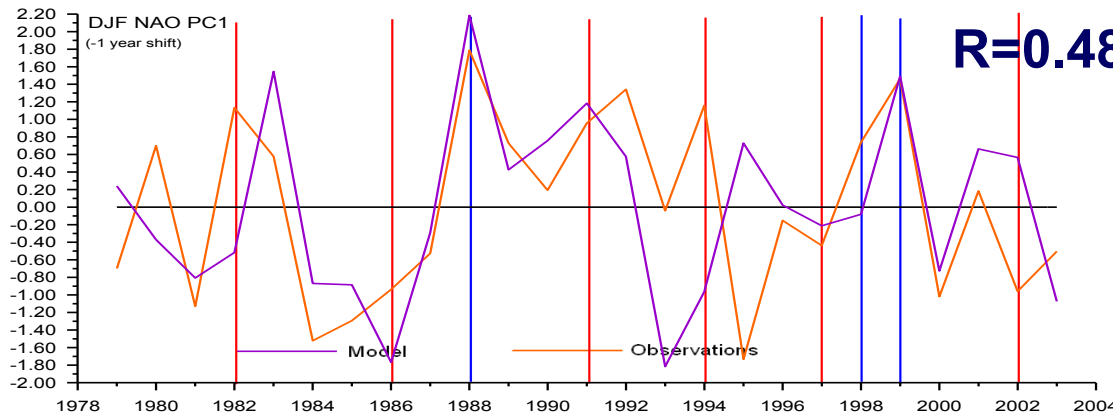
# Predictions of the DJF mean NAO index with the seasonal version of SLAV model (by V.N.Kryjov)

DJF NAO Obs

DJF NAO HMC

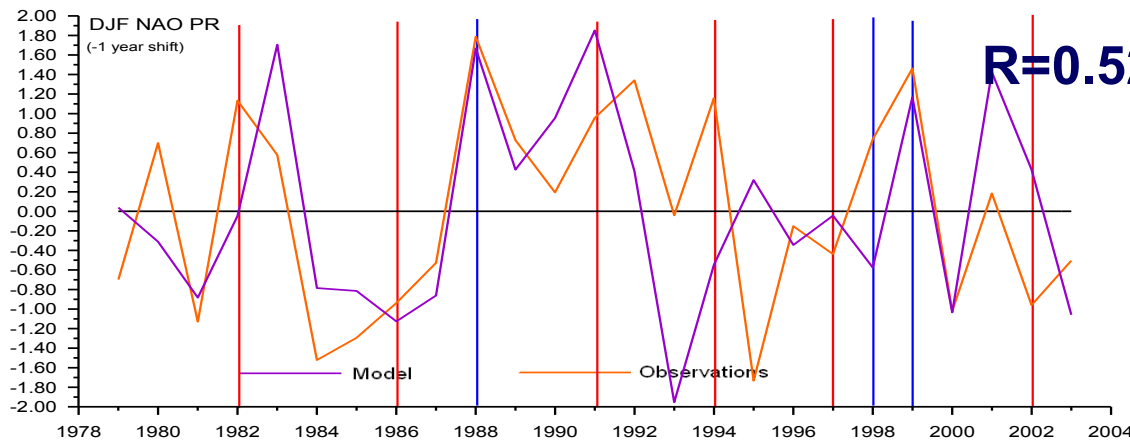


EOF1 of wintertime (DJF) SLP over the North Atlantic in observations (left) and model predictions (right)



$R=0.48$

Time series of the DJF mean NAO index in observations (PC1o, orange) and in model predictions (violet) as PC1m (middle) and as PR (bottom).



$R=0.52$

Blue/red vertical lines denote the winters of La-Nina/El-Nino, to which predictions appear not sensitive

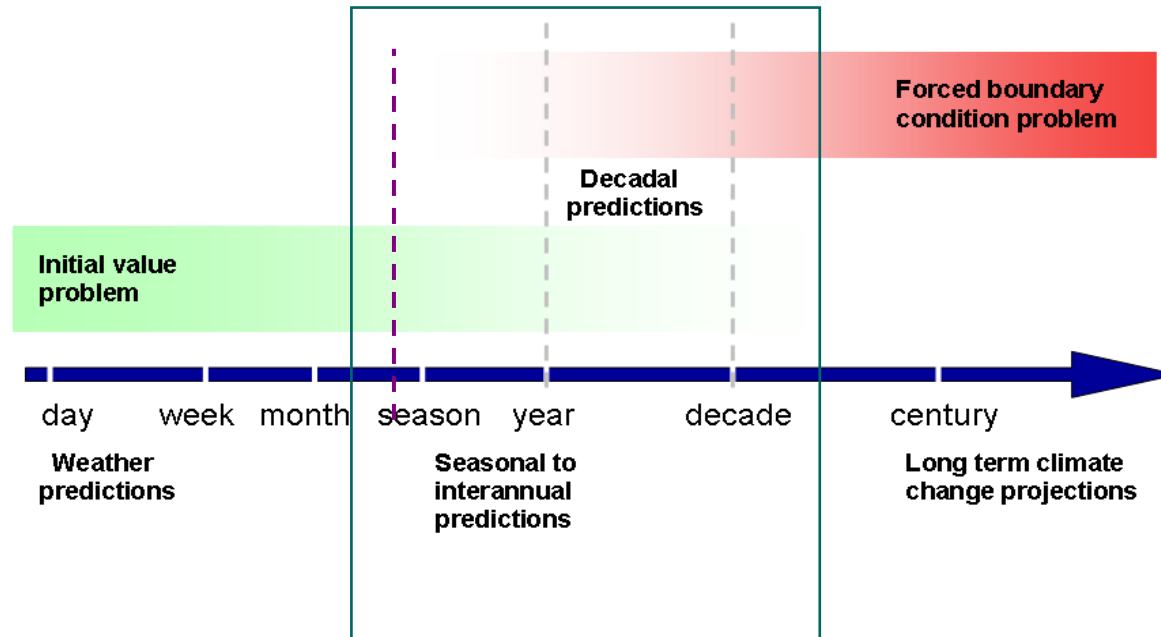
# Наши текущие работы:

- Пытаемся повторить этот успех на новом уровне (гораздо более современная модель – совместная модель с атмосферой и океаном, улучшенным описанием стратосферы)

# Предсказания на несколько лет (decadal prediction) :

- «Большой вызов» ВМО (grand challenge)
- Подпроект CMIP6
- Есть надежда, что можно повторить относительный успех сезонных прогнозов
- Сигнал от меняющихся во времени граничных условий и внешнего воздействия (глубокий океан, малые газовые составляющие, ...)
- Пока качество – как у сезонных прогнозов 10 лет назад.

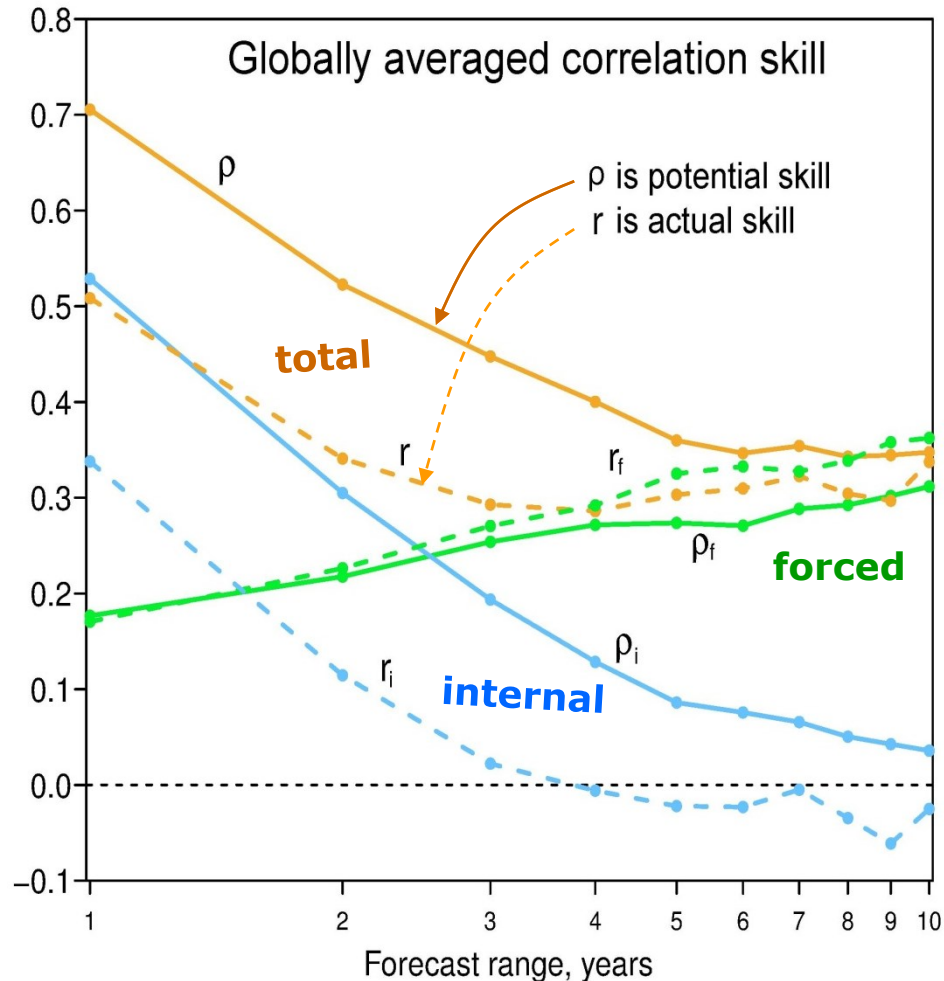
# Where does a decadal prediction fit? (G.Boer)



## Decadal prediction:

- annual, multi-annual, up to a decade
- **initialized** forecasts of both **forced** and **internally generated** components of variability

# Prediction and skill of annual mean T

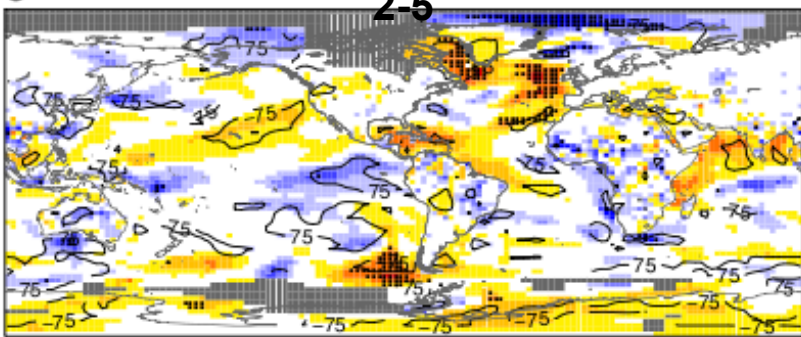


- global and local “predictability” and “skill”
- mechanisms determining skill
  - importance of initialization vs external forcing
  - deep ocean processes
  - etc.
- predictability and skill as a function of forecast range - difference between  $\rho$  and  $r$  may offer:
  - guidance on mechanisms
  - hope for improvement

# Atlantic SPG and decadal predictions

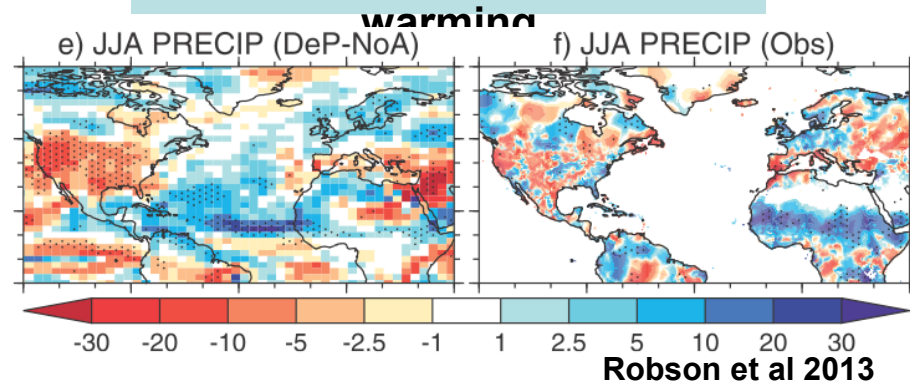
Impact of initialization on skill yrs

2-5



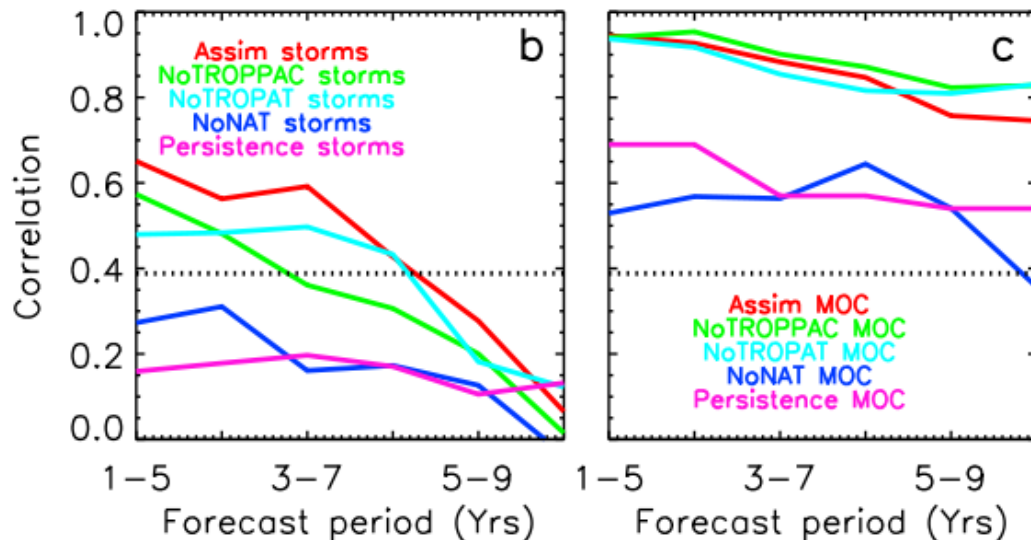
Doblas-Reyes et al 2013

JJA rainfall change associated with 1995 SPG warming



Robson et al 2013

Perfect model skill of Atlantic tropical storms and AMOC : no skill when SPG initialized with climatology (blue curves)



Dunstone et al 2011

- North Atlantic SPG is the region showing most improved skill from initialization
- Potentially influences rainfall over Sahel, USA, Europe, Amazon
- Influences Atlantic tropical storms and AMOC in perfect model experiments
- Motivates further experiments to understand processes
- Repeat hindcasts but initialize SPG with climatology

# Прогнозы на десятилетия в CMIP6

- Ансамблевые ретропрогнозы (реанализы) и прогнозы по современным данным
- Ансамблевые ретропрогнозы с начальными данными из климатических экспериментов (от 1850 до 1959 гг) – изучение роли начальных данных
- Исследование влияния размера ансамбля

# Заключение

- Прогноз погоды на всех временных масштабах интенсивно развивается в мире.
- Попытки увеличения полезной заблаговременности в долгосрочных прогнозах: улучшение совместных моделей и методов задания для них начальных условий.
- Декадные прогнозы –новый «большой вызов» ВМО, включен в CMIP6

Спасибо за внимание!