

Развитие методов регионального ансамблевого прогнозирования в Гидрометцентре России

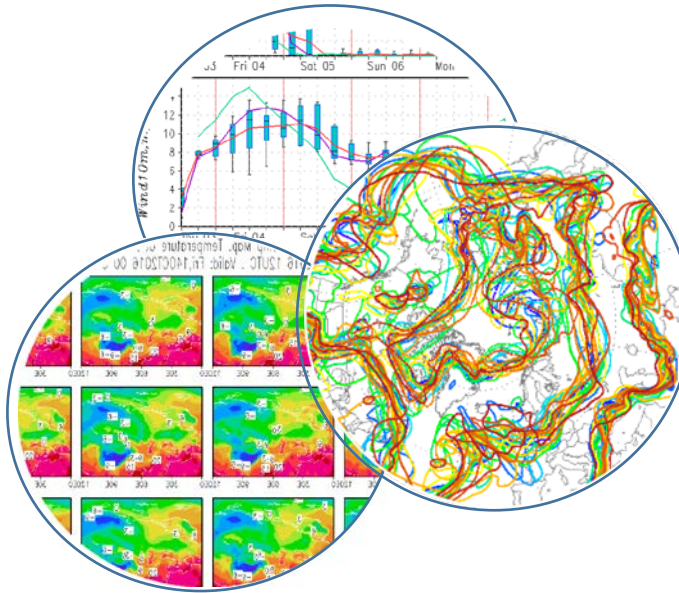
Астахова Е.Д., Бундель А.Ю., Алферов Д.Ю.,
Розинкина И.А., Ривин Г.С., Алферов Ю.В.,
Копейкин В.В., Волкова В.А.

Гидрометцентр России



Ансамблевые прогнозы: уважение, но не любовь

- Дают информацию о неопределенности прогноза и возможных сценариях развития
- Помогают в случае “jumpiness” детерминированных прогнозов



- Большие вычислительные затраты
- Сложности интерпретации продукции
- Трудности верификации



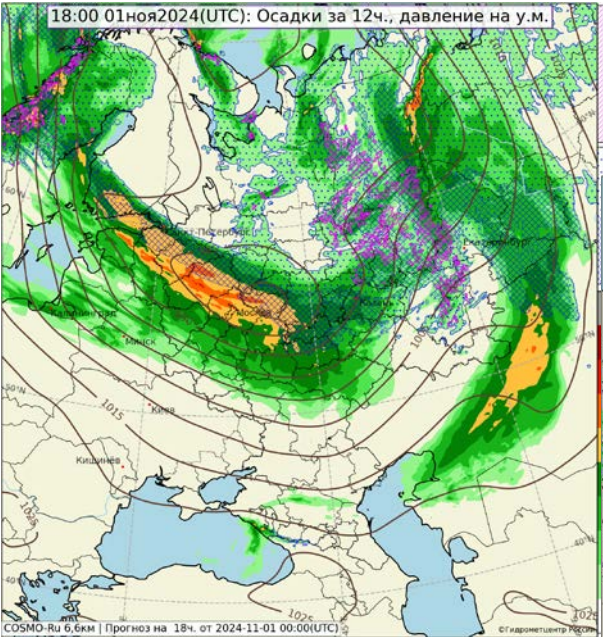
A reliable deterministic forecast (no matter how high the resolution of the model) is simply a contradiction, a non-sequitur: it is unscientific. Tim Palmer, 2020

Не везде реализованы и часто неохотно используются синоптиками

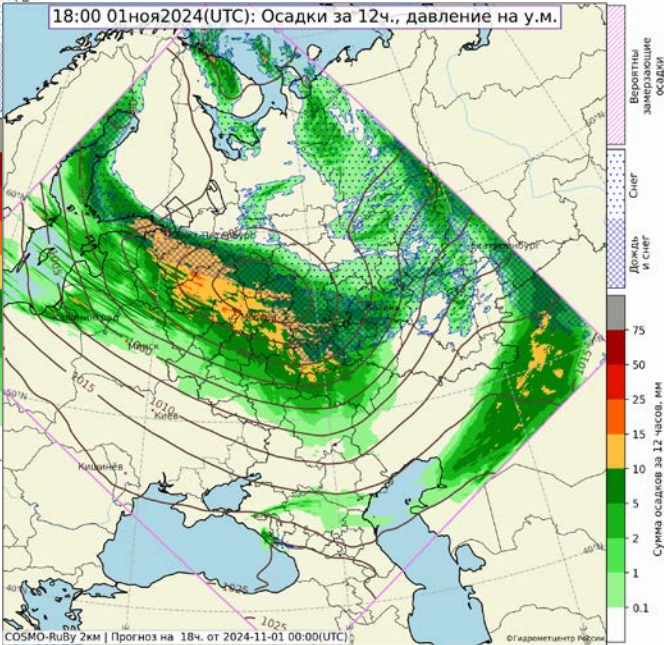
Зачем нужны региональные ансамблевые прогнозы высокого разрешения?

Детальность и точность пространственно-временного распределения прогнозируемых величин

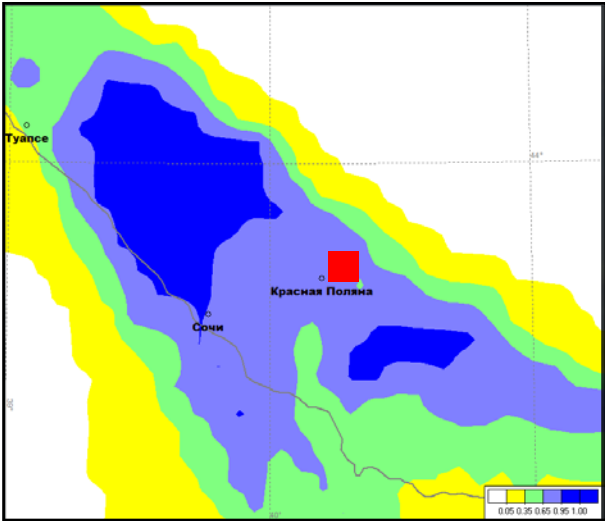
Детальность информации о неопределенности



COSMO-Ru6

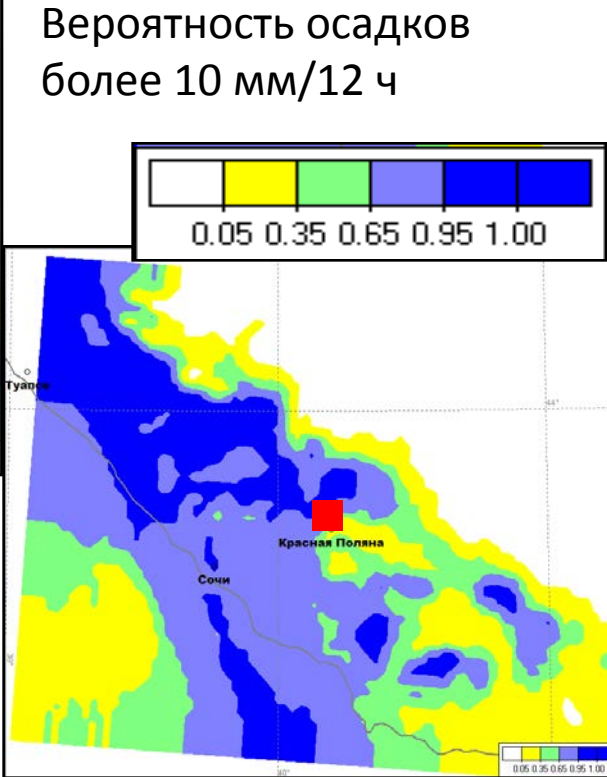


COSMO-Ru2By



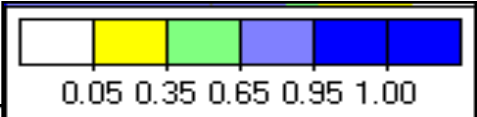
COSMO-S14-EPS
7km

■ Krasnaya Polyana



COSMO-Ru2-EPS
2.2 km

Вероятность осадков
более 10 мм/12 ч



12-час суммы осадков
Прогноз на 18 ВСВ 1.11.2024

Прогноз сильного снегопада 14.02.2014

Характеристики некоторых региональных ансамблевых систем

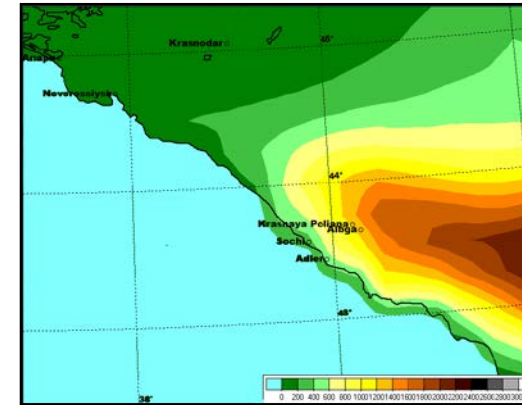
	Название	Разре- шение км	Размер ансам- бля	Число точек	Длина прогноза	Частота счета (р/день)	Граничные/нач условия/возм модели
UKMO	MOGREPS –UK	2,2/L90	18	740*752	120	3M/hr, 18 lagged	MOGREPS-G(1h update,20км)/ MOGREPS-G(20 км) центр на UKV 4DVar/Стохастическая физика
DWD	ICON-D2-EPS +ICON-RUC NWP EPS	2,1/L65	20 (40 в усв)	651*716	48	8	ICON-EU-EPS(13km)/ KENDA-LETKF/случ возм параметров
					14	24	Для RUC+доп инф в KENDA-LETKF (радары,молнии,спутники..)
COMET	COSMO-IT-EPS	2,2/L65	20	576*701	48	2	IFS-EPS, первые 20 реализаций/ KENDA-LETKF(2.2 км)/SPPT
Meteo Swiss	ICON-CH1-EPS	1,1/L80	11	582*390	33	8	IFS (-6h) EPS 0.2 ⁰ HRES 0.1 ⁰ /KENDA-LETKF 1,1 км /случ возм параметров, SPPT
	ICON-CH2-EPS	2,2/L60	21	1075 *691	120	4	
Meteo France	AROME- France-EPS	1,3/L90	17	432*320	48	4(3,9,15, 21)	PEARP (5 km над Францией, 24 км -вне, clustering)/AROME_det+возмущения из AROME- France EDA/SPPT, Случ возм параметров схем поверхности (SST, темп и влажность почвы,...)
ZAMG	C-LAEF	2.5/L90 (1 км к 2025)	17	600*432	60 (00/12)	8	IFS-ENS(1h update)/EDA+surface EDA+Ensemble JK (blending) /SPP

Региональный ансамбль для области Сочи



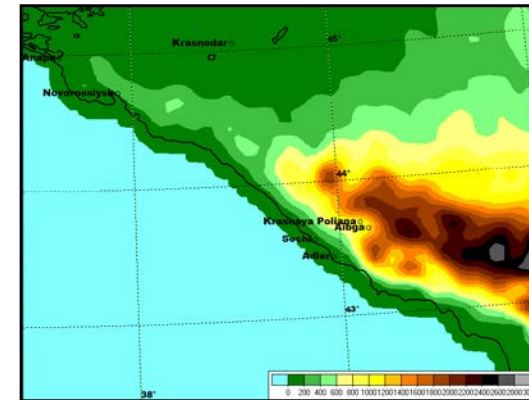
ECMWF-EPS

Глобальный
T779L61 ($\Delta x \sim 30$ км)
M51, fc+14d



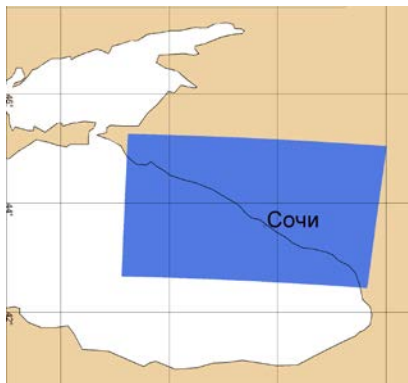
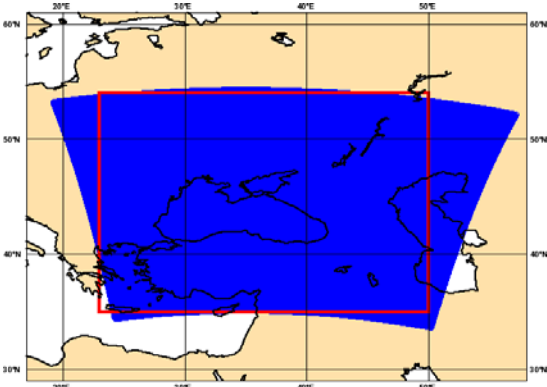
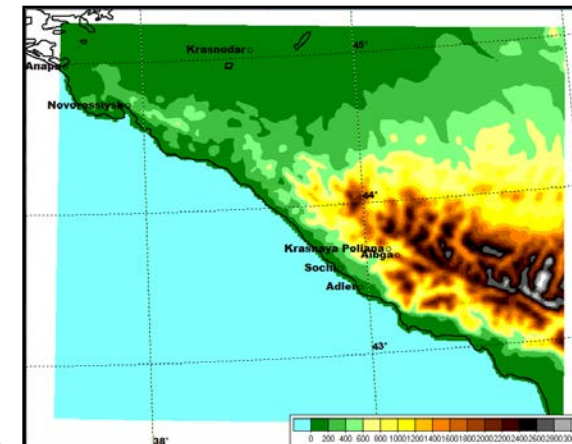
COSMO-S14-EPS

$\Delta x \sim 7$ км, L40
M10, fc+72h



COSMO-Ru2-EPS

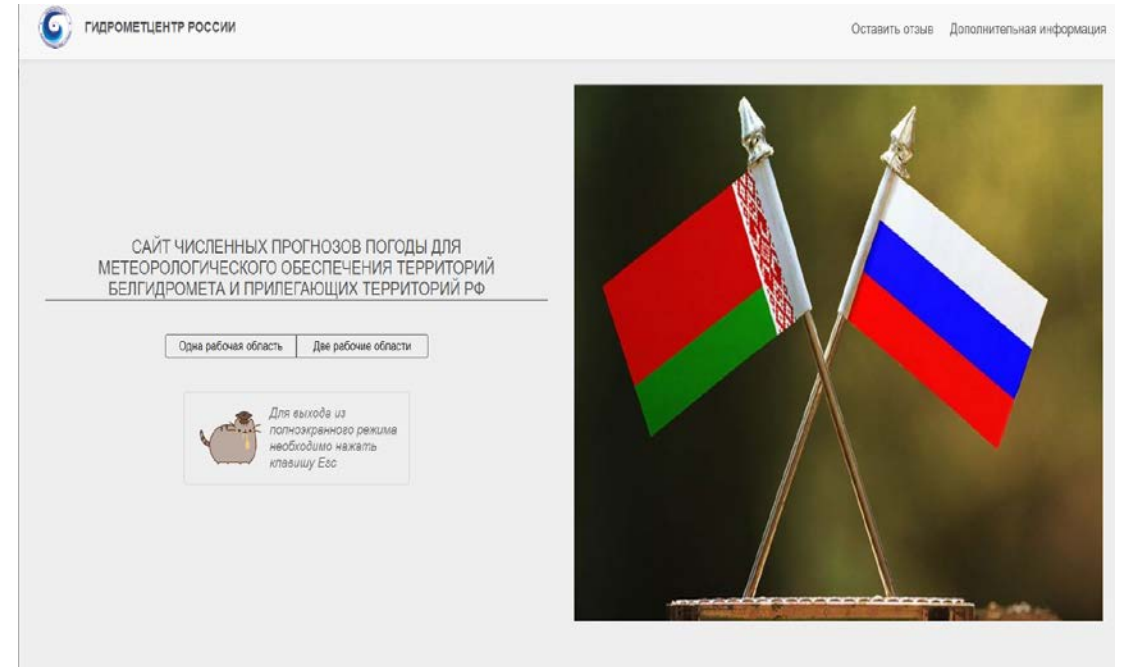
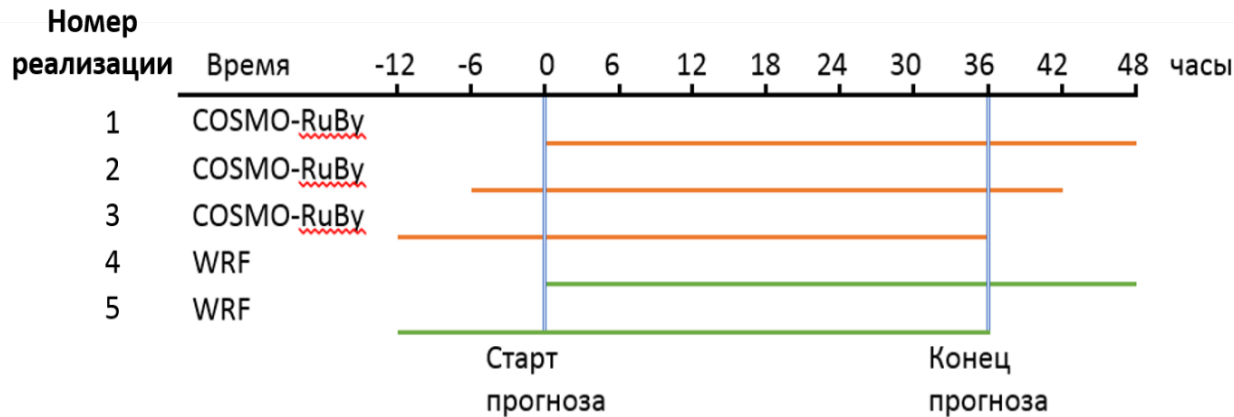
$\Delta x \sim 2.2$ км, L51
M10, fc+48h





Ансамбль, основанный на использовании разных моделей, разных начальных/граничных данных и прогнозов разных заблаговременностей

Гидрометцентр России COSMO-Ru2By 2.2 км
Белгидромет WRF 3 км



<https://u2019.meteoinfo.ru/services/belarus/>

Недостатки:

- ограниченный размер ансамбля
- ограниченная длина ансамблевого прогноза
- счет по WRF в сторонней организации

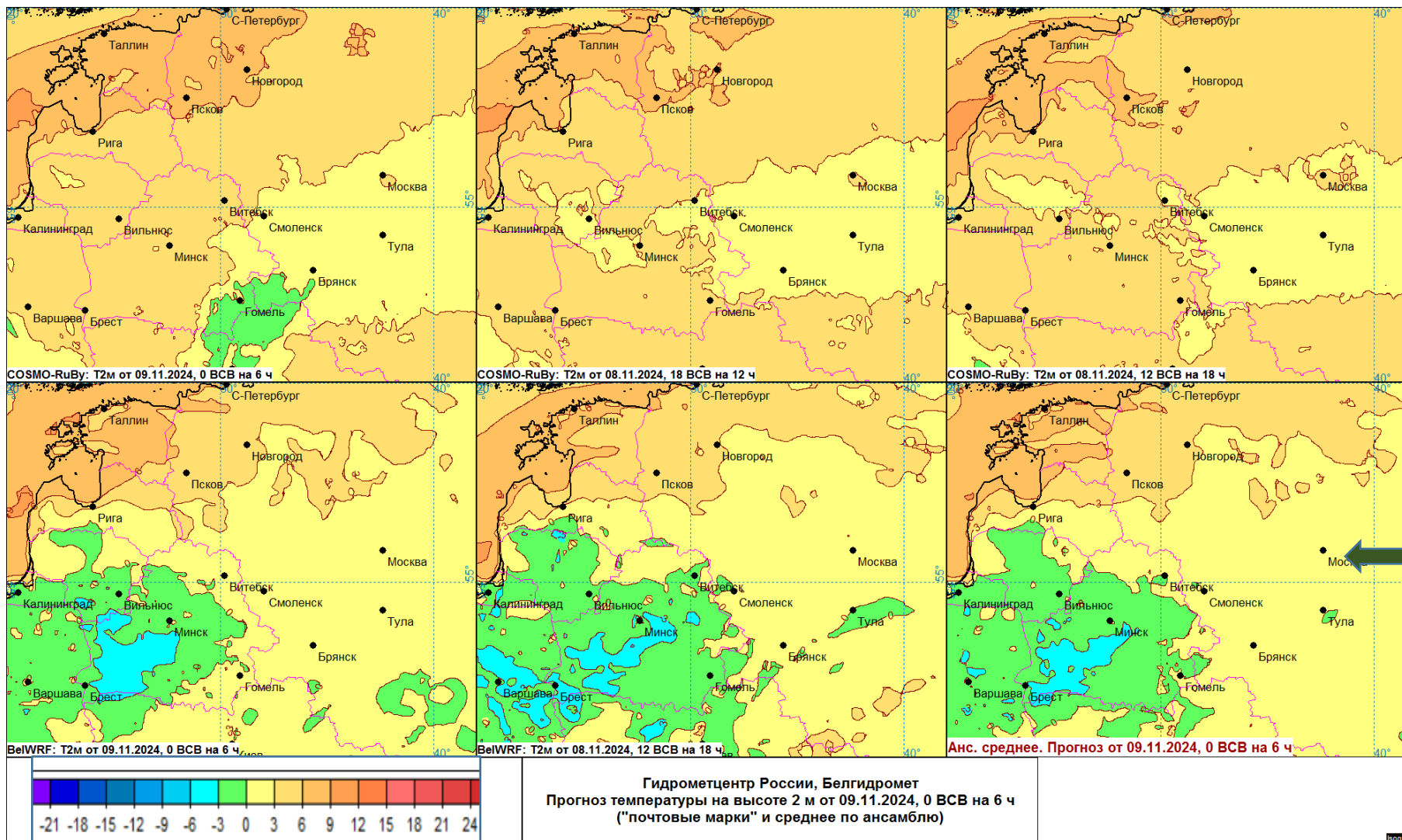
Продукция:

- среднее и разброс
- вероятности превышения пороговых значений
- «почтовые марки»



Ансамбль, основанный на использовании разных моделей, разных начальных/граничных данных и прогнозов разных заглаговременностей

Ансамблевый прогноз температуры на уровне 2 м по системе EPS-Ru2-By на 6 ВСВ 9 Ноября 2024



COSMO-Ru2By
2.2 км

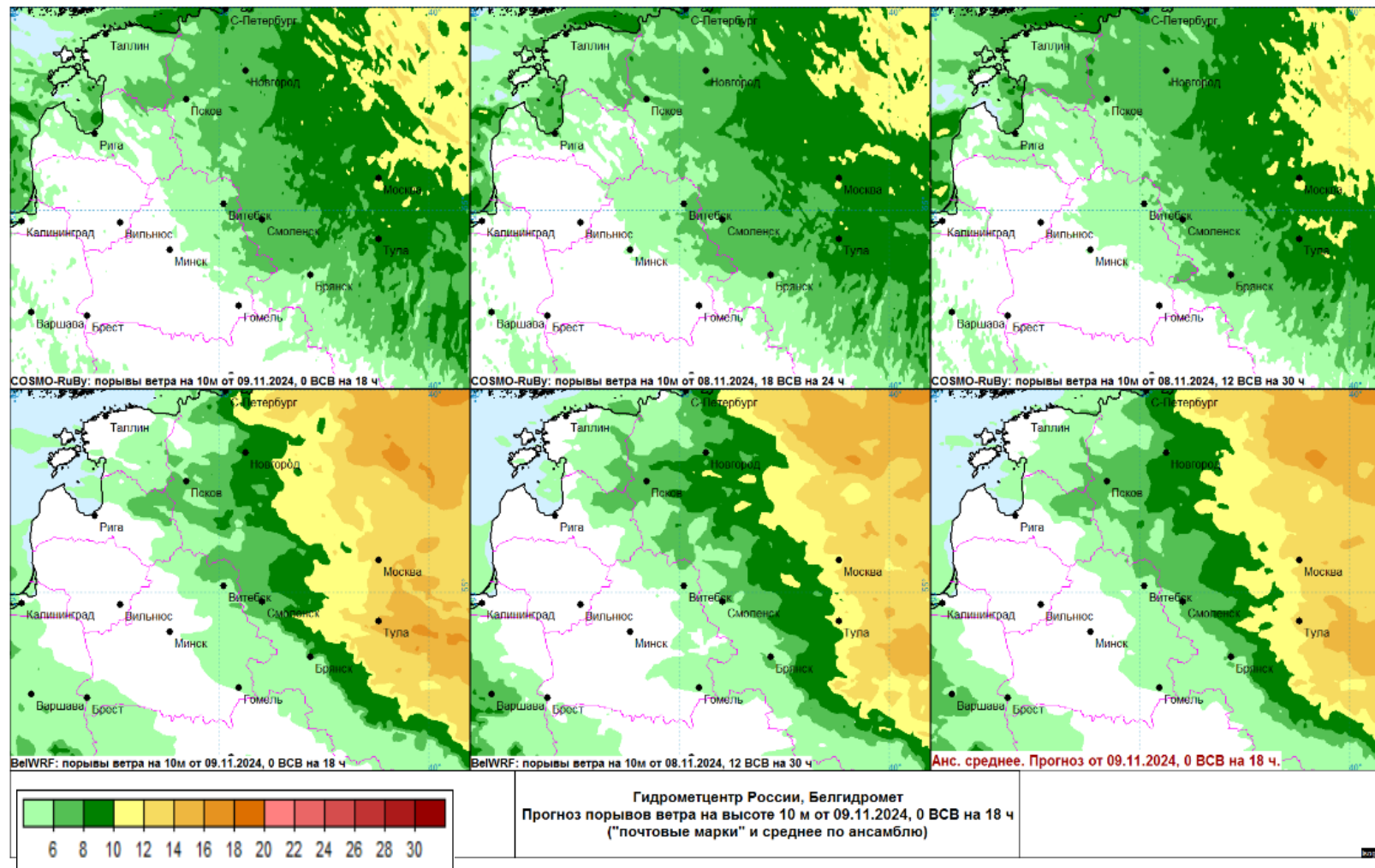
WRF 3 км

Среднее по ансамблю



Ансамбль, основанный на использовании разных моделей, разных начальных/граничных данных и прогнозов разных заблаговременностей

Ансамблевый прогноз порывов ветра на 10 м по системе EPS-Ru2By на 18 ВСВ 9 ноября 2024



Домен

☒ Белоруссия и запад России

Тип карты

☒ Марки

☐ Вероятности превышения пороговых значений

☐ Среднее по ансамблю (изолинии) и разброс (цвет)

Метеозлементы

☒ Порывы ветра на высоте 10 м

☐ Сумма осадков за 6 часов

☐ Сумма осадков за 12 часов

☐ Температура на высоте 2 м

Начальный срок (UTC)

☒ 00 ☐ 06 ☐ 12 ☐ 18

Дата прогноза

09.11.2024

Скорость воспроизведения

6 12 18 24 30 36

Иерархическая ансамблевая система на основе модели ICON

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Возмущенные начальные условия для глобуса

ICON-Ru-EPS (40 км, 90 уровней)

С **вложенным доменом RU** (20 км, 65 уровней)

Длина прогноза 48 час, размер ансамбля 21 реализация.

Учет неопределенности модели за счет варьирования физических параметров

Время счета 1 реализации на 128 ядрах CRAY XC40-LC : 17 мин

Граничные/начальные условия для
регионального прогноза

ICON-Ru2-EPS (2,2 км, 65 уровней)

- Область - ЦФО
- Длина прогноза 48 час, размер ансамбля 21 реализация.
- Начальные/граничные возмущения на основе прогноза в домене RU (20 км)
- Учет неопределенности модели за счет варьирования физических параметров
- Время счета 1 реализации на 128 ядрах CRAY XC40-LC : 1 час 10 мин (128 MPI)





Иерархическая ансамблевая система на основе модели ICON

Эксперименты по оценке

- качества прогнозов системы
- влияния размера ансамбля (15 vs 21)
- влияния возмущений модели
- влияния выбора возмущаемых параметров

Физический процесс	Параметризация
Радиация	ecRad (Hogan, Bozzo, 2018)
Облачность	Диагностическая схема (Koehler, DWD)
Микрофизика	Одномоментная схема с учетом снежной крупы (Doms et al., 2011; Seifert, 2008)
Конвекция (глубокая и мелкая)	Tiedtke, 1989; Bechtold et al., 2008
Турбулентность	Схема (Raschendorfer, 2001) с использованием прогностической турбулентной кинетической энергии
Процессы на поверхности	Мозаичный подход: TERRA (Schrodin, Heise, 2001; Schulz et al., 2016) Параметризация эффектов озер FLake (Mironov, 2008) Параметризация эффектов морского льда (Mironov et al., 2012)
Эффекты подсеточной орографии	Lott, Miller, 1997

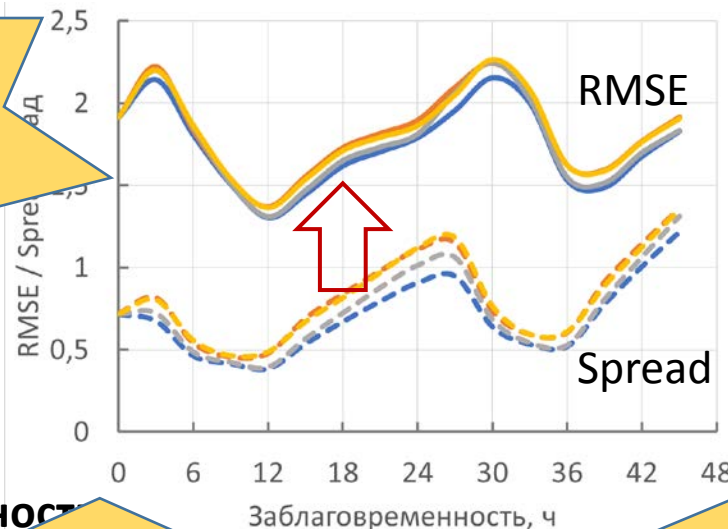
Использование разнообразных метрик при верификации температуры и осадков

Февраль 2022

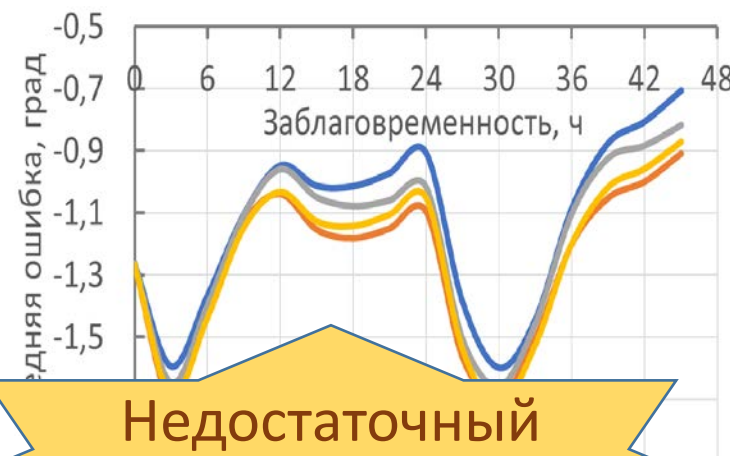


T2m: Точность среднего по ансамблю и разброс:

$$\overline{\text{Error}^2} = \overline{\text{Spread}^2} \text{ (при осреднении по многим начальным датам)}$$



Смещение: T2m



**Возмущения
Модели**

Нет

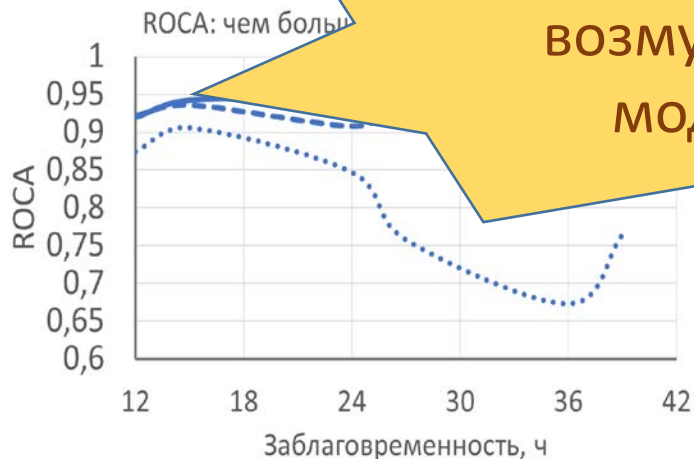
16 параметров

25 параметров

36 параметров

Дискриминирующая способность

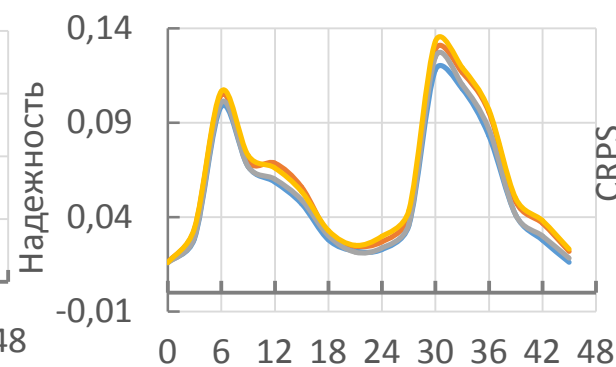
Осадки: ROCA



**Слабое влияние
возмущений
модели**

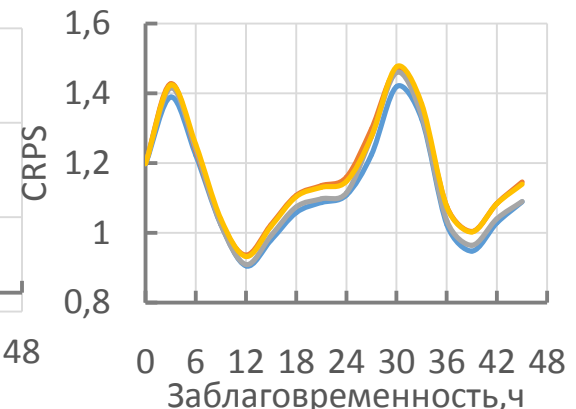
Надежность : T2m>27.5.15K

Чем меньше, тем лучше



CRPS: T2m

Чем меньше, тем лучше



Использование различных метрик при верификации порывов ветра

METplus

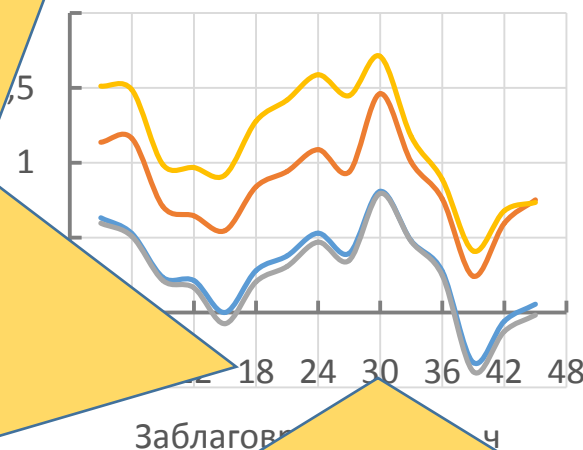


Т... его по ансамблю и разброс:

... (при осреднении по многим начальным датам)

Сильное влияние возмущений модели на ветер. При возмущении 25 и 36 параметров улучшается вероятностный прогноз, но ухудшается прогноз среднего по ансамблю

Смещение



Возмущения
Модели

Нет

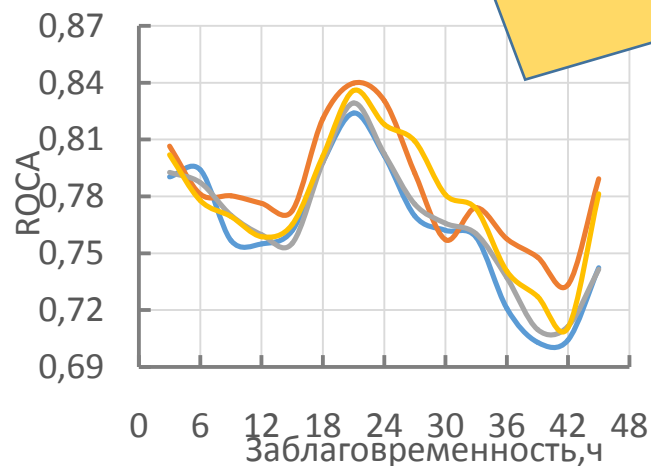
16 параметров

25 параметров

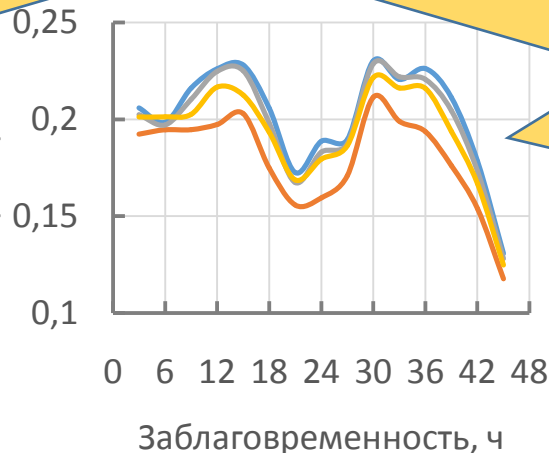
36 параметров

Дискриминирующая

ROCA: Чем больше, тем



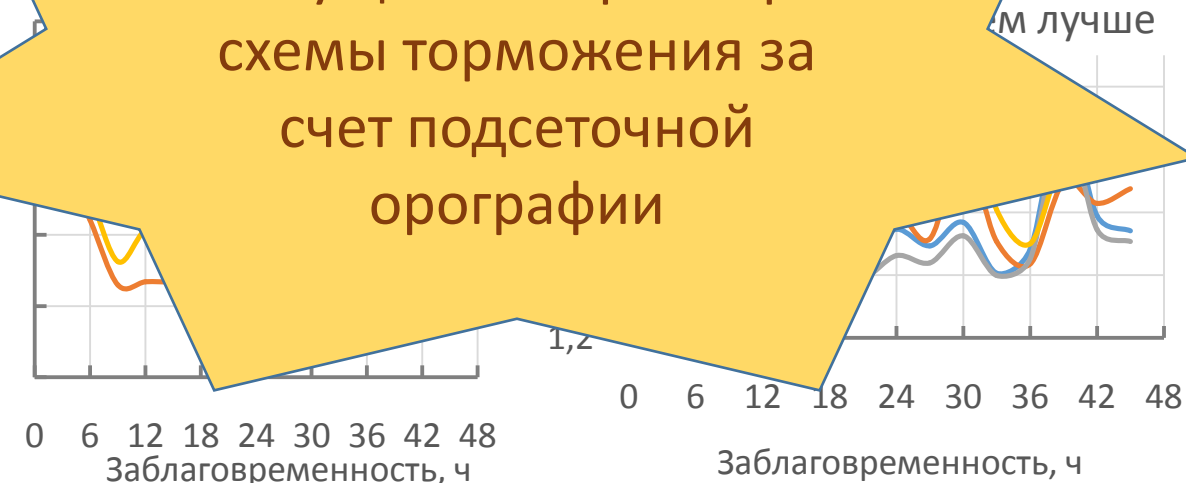
Оценка Брайера



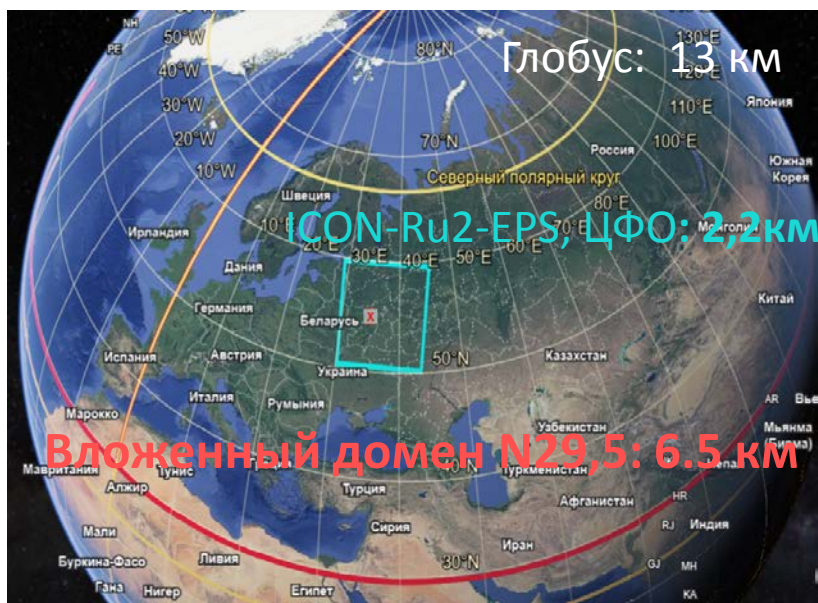
/с

Наибольший эффект от возмущений параметров схемы торможения за счет подсеточной орографии

Надежность



Направления дальнейшего развития регионального ансамблевого моделирования в Гидрометцентре России



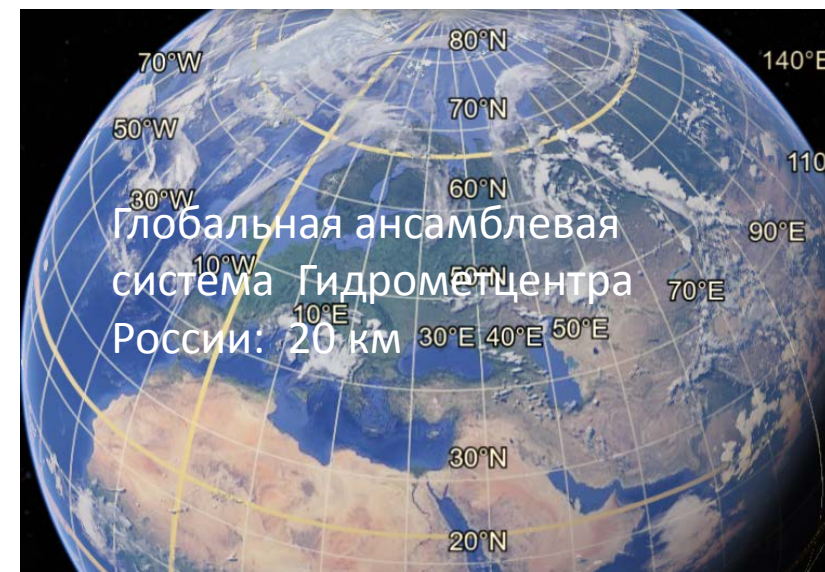
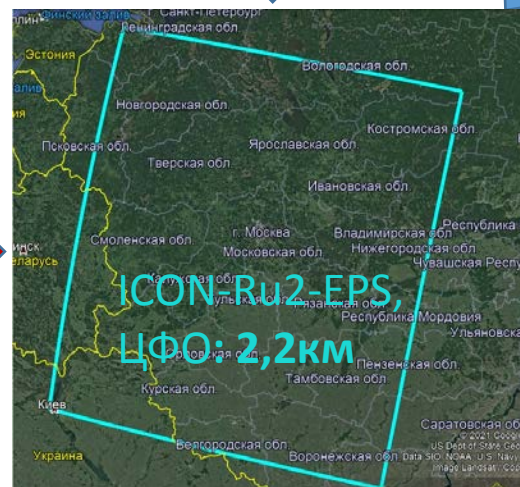
ICON-Ru13/6N29

Граничные/начальные условия

Уже функционирует

Возмущения характеристик поверхности

Возмущения параметров модели +SPPT



Возмущения граничных/начальных условий

В разработке

Выводы

1. Разработан прототип иерархической ансамблевой системы на основе модели ICON.
2. Тестирование показало высокое качество мезомасштабных ансамблевых прогнозов.
3. Продемонстрировано удобство применения системы METplus для верификации ансамбля.
4. Уменьшение размера ансамбля с 21 до 15 реализаций не привело к значимым изменениям в качестве прогнозов для всех рассмотренных метеорологических величин, за исключением давления на уровне моря, демонстрирующему небольшое увеличение средней ошибки с заблаговременностью.
5. Обнаружена сильная чувствительность прогнозов скорости и порывов приземного ветра к возмущениям параметров схемы учета эффектов подсеточной орографии.
6. Случайные возмущения 16 параметров схем подсеточных процессов привели к улучшению вероятностного прогноза приземной температуры и ветра и не повлияли на осадки.
7. Улучшение вероятностных оценок при возмущении 25 и 36 параметров сопровождалось ухудшением среднего прогноза по ансамблю.
8. В дальнейшем предполагается использовать ансамбль из 15 реализаций с возмущением 16 параметров.
9. Планируется применять результаты глобальной системы ICON-Ru13/6N29 и глобальной ансамблевой системы на основе модели ПЛАВ для генерации возмущенных граничных/начальных условий для мезомасштабной системы ICON-Ru2-EPS

Спасибо за внимание!