



Roshydromet _ Hydrometeocenter of Russia

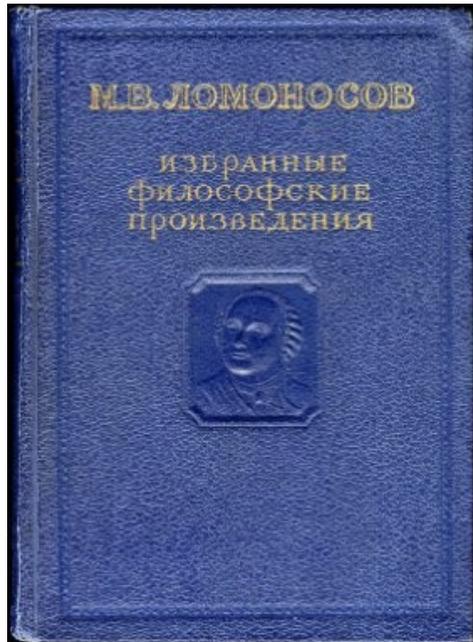


*Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды*

**ОПЕРАТИВНЫЙ
численный сверхкраткосрочный и
краткосрочный прогноз погоды
в Гидрометцентре России и его
применение для авиационного прогноза**

**Ривин Г.С.
Гидрометцентр России**

СибНИГМИ, 11 апреля 2017 г., 12.00 – 13.00.



Что больше от всевышнего божества смертному дано и позволено быть может, как чтобы он перемены погод мог предвидеть? Что подлинно претрудно и едва постижимо быть кажется. (1753 г.)

М. В. Ломоносов,

Слово о явлениях воздушных, от электрической силы

происходящих // Избранные

философские произведения //

М.: Госполитиздат, 1950.– С.216-233.

Система COSMO-Ru создана коллективом сотрудников следующих организаций:

1. ФГБУ "Гидрометцентр России"
(в том числе большая группа молодых выпускников
кафедры метеорологии и климатологии
географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова) ,
2. ФГБУ "ГВЦ Росгидромета",
3. Кафедра метеорологии и климатологии географического
факультета МГУ им. М.В.Ломоносова,
4. ФГБУ "СибНИГМИ".



Команда (33/20/6/13/5)

1. Техн. линия : Г.С.Ривин, Д.В.Блинов, И.А.Розинкина;
2. T2m : И.А.Розинкина, Д.В.Блинов, А.П.Ревокатова, Г.С.Ривин;
3. ART : Г.В.Суркова, А.А.Кирсанов, У.Кострова, А.П.Ревокатова;
4. Снег : И.А.Розинкина, Е.В.Кузьмина, М.И.Чумаков, В.В.Копейкин, Е.Чуюлин;
5. Сетки : Г.С.Ривин, Д.В.Блинов, Е.В.Татаринovich, М.В.Шатунова;
6. Ансамбли : Е.Д.Астахова, Д.Ю.Алферов, Г.С.Ривин;
7. Погр. слой : В.Л.Перов, М.А.Никитин, М.И.Чумаков;
8. VERSUS-2 : А.Ю.Бундель, М.В.Зайченко, А.А.Кирсанов, А.В.Муравьев;
9. Усв. данных : Г.С.Ривин, Д.В.Блинов, Е.Финкельберг, М.Д.Цырульников;
10. Постпроцессинг : И.А.Розинкина, Е.В.Кузьмина, М.И.Чумаков;
11. Болота : А.Ю. Юрова, М.А.Никитин;
12. Почва : Д.Я.Прессман, Г.С.Ривин, И.А.Розинкина;
13. Опасные метео. : Б.Е.Песков, Д.В.Блинов, В.Л.Перов, Г.С.Ривин.
14. Поляр. циклоны : Г.С.Ривин, М.А.Никитин, М.И.Чумаков;
15. Радиация : Н.Е.Чубарова, А.Полухов, Г.С.Ривин, М.В.Шатунова.
16. Лес : А.В.Ольчев, Г.С.Ривин, И.А.Розинкина, Е.В.Кузьмина, М.А.Никитин;_
- 17.Климат : А.В.Кислов, М.А.Никитин, Г.С.Ривин, В.С.Платонов, М.И.Варенцов
- 18.Числ. методы : В.М.Головизнин, Г.С.Ривин, Д.В.Блинов,

Синий цвет – моложе 33 лет, подчеркнуты

Красный цвет – подчеркнуты фамилии д.н

ТЕРМИНОЛОГИЯ

1. глобальные и региональные модели
2. усвоение данных наблюдений,
3. погода и климат,
4. заблаговременность прогноза,
5. масштабы процессов,
6. шаг сетки и разрешение модели
7. негидростатичность,
8. ансамбли прогнозов,
9. система численного прогноза погоды



Часть 1. COSMO



SRNWP Consortia in Europe



ALADIN

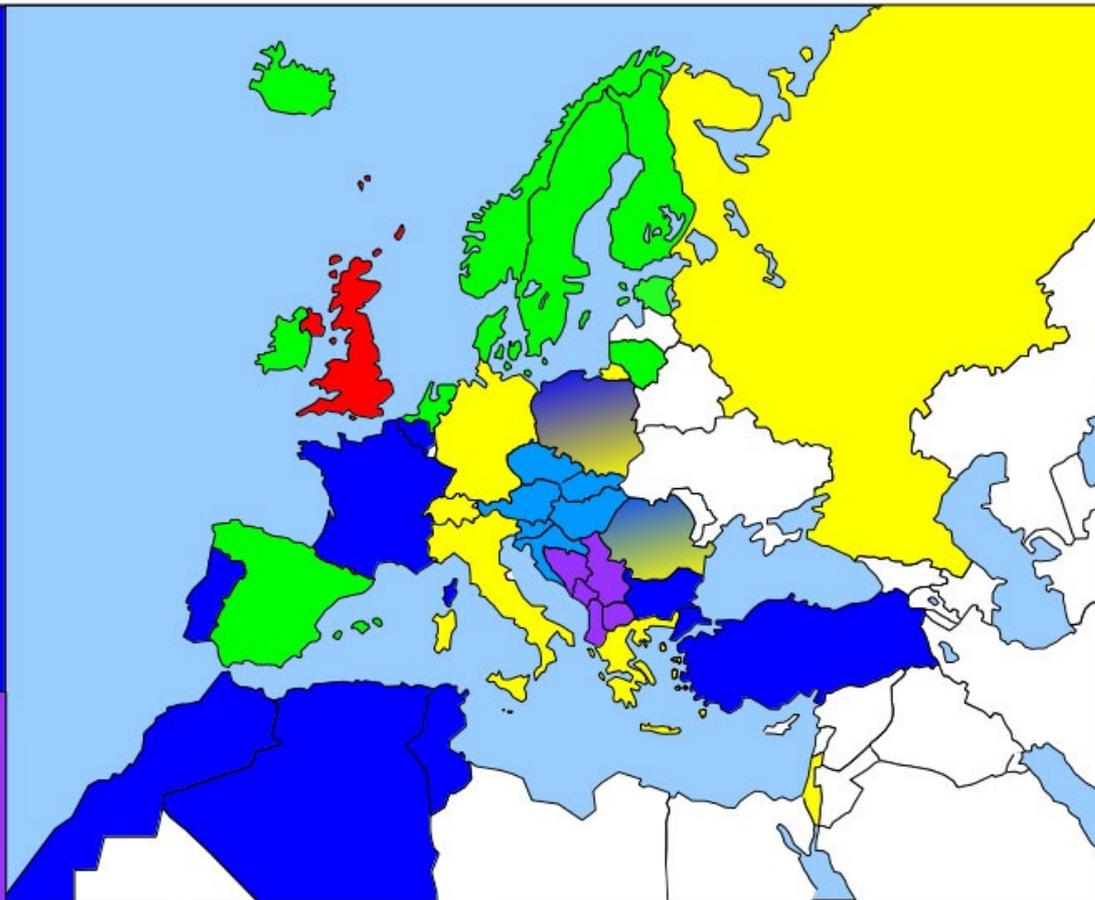
- Algeria
- Belgium
- Bulgaria
- France
- Morocco
- Poland
- Portugal
- Tunisia
- Turkey

- Austria
- Croatia
- Czech Rep.
- Hungary
- Romania
- Slovakia
- Slovenia



SEECOP

- Albania
- Bosnia-Herzegovina
- The FYROM
- Montenegro
- Serbia



HIRLAM

- Denmark
- Estonia
- Finland
- Iceland
- Ireland
- Lithuania
- Netherlands
- Norway
- Spain
- Sweden



- UKMO
- United Kingdom

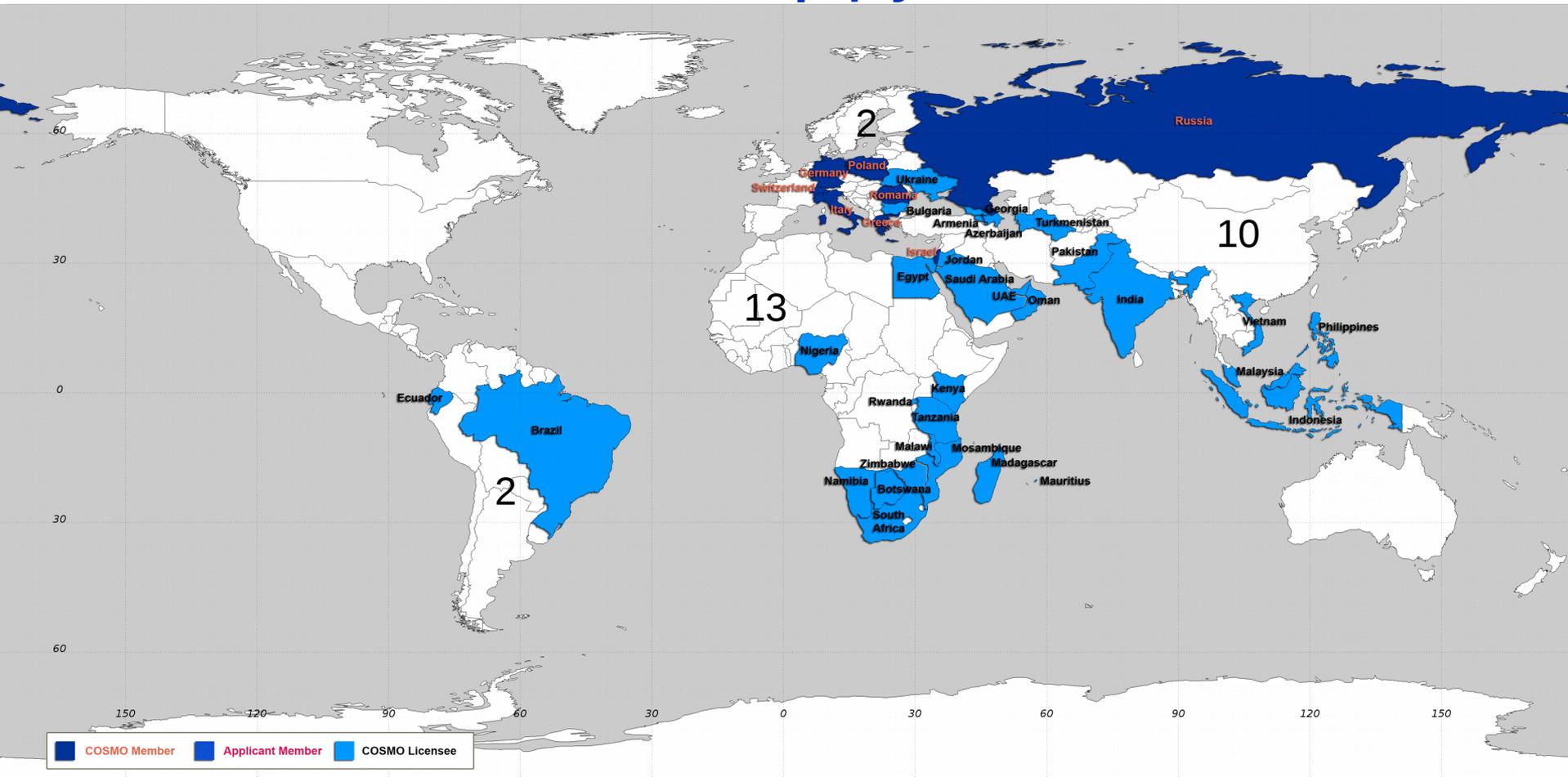
COSMO

- Germany
- Greece
- Israel
- Italy
- Poland
- Romania
- Russia
- Switzerland



COSMO Map 2017:

На 1.01.2017: 8 членов консорциума + 27 пользователей



Seven COSMO Licensees in 2016:

11.04.2017 11.30=12.30

Авиателеком, Новосибирск

Botswana, Brazil-INMET, Brazil-DHN, Namibia, Oman, Saudi Arabia, United Arab Emirates

Система уравнений модели (вывод дан в работе [36]), приведенная к координатам $(\lambda, \varphi, \zeta)$, где ζ — криволинейная орографическая координата, выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = - \left\{ \frac{1}{a \cos \varphi} \frac{\partial E_h}{\partial \lambda} - v V_a \right\} - \zeta \frac{\partial u}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho a \cos \varphi} \left(\frac{\partial p'}{\partial \lambda} - \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \frac{\partial p_0}{\partial \lambda} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} \right) + M_u, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = - \left\{ \frac{1}{a} \frac{\partial E_h}{\partial \varphi} + u V_a \right\} - \zeta \frac{\partial v}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho a} \left(\frac{\partial p'}{\partial \varphi} - \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \frac{\partial p_0}{\partial \varphi} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} \right) + M_v, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial t} = & - \left\{ \frac{1}{a \cos \varphi} u \frac{\partial w}{\partial \lambda} + v \cos \varphi \frac{\partial w}{\partial \varphi} \right\} - \zeta \frac{\partial w}{\partial \zeta} + \frac{g}{\sqrt{\gamma}} \frac{\rho_0}{\rho} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} + M_w + \\ & + g \frac{\rho_0}{\rho} \left\{ \frac{(T - T_0)}{T} - \frac{T_0 p'}{T p_0} \right\} + g \frac{\rho_0}{\rho} \left\{ \left(\frac{R_v}{R_d} - 1 \right) q^v - q^l - q^f \right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{\partial p'}{\partial t} = - \left\{ \frac{1}{a \cos \varphi} \left(u \frac{\partial p'}{\partial \lambda} + v \cos \varphi \frac{\partial p'}{\partial \varphi} \right) \right\} - \zeta \frac{\partial p'}{\partial \zeta} + \frac{g \rho_0 w - \frac{c_{pd}}{c_{vd}} p D}{c_{vd}}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = - \left\{ \frac{1}{a \cos \varphi} \left(u \frac{\partial T}{\partial \lambda} + v \cos \varphi \frac{\partial T}{\partial \varphi} \right) \right\} - \zeta \frac{\partial T}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho c_{vd}} p D + Q_T, \quad (5)$$

$$\frac{\partial q^v}{\partial t} = - \left\{ \frac{1}{a \cos \varphi} \left(u \frac{\partial q^v}{\partial \lambda} + v \cos \varphi \frac{\partial q^v}{\partial \varphi} \right) \right\} - \zeta \frac{\partial q^v}{\partial \zeta} - (S^l + S^f) + M_{q^v}, \quad (6)$$

$$\frac{\partial q^l}{\partial t} = - \left\{ \frac{1}{a \cos \varphi} \left(u \frac{\partial q^l}{\partial \lambda} + v \cos \varphi \frac{\partial q^l}{\partial \varphi} \right) \right\} - \zeta \frac{\partial q^l}{\partial \zeta} - \frac{g}{\sqrt{\gamma}} \frac{\rho_0}{\rho} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} + S^l + M_{q^l}, \quad (7)$$

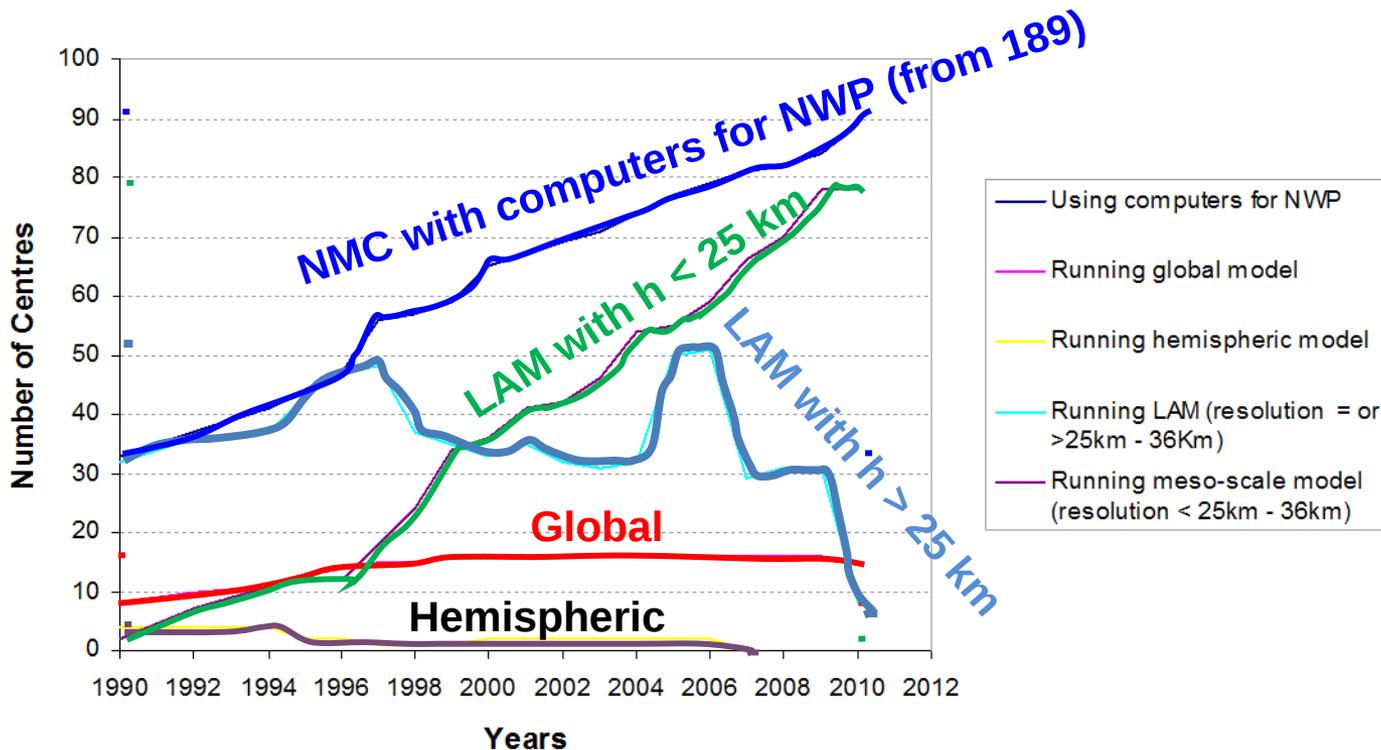
$$\frac{\partial q^f}{\partial t} = - \left\{ \frac{1}{a \cos \varphi} \left(u \frac{\partial q^f}{\partial \lambda} + v \cos \varphi \frac{\partial q^f}{\partial \varphi} \right) \right\} - \zeta \frac{\partial q^f}{\partial \zeta} - \frac{g}{\sqrt{\gamma}} \frac{\rho_0}{\rho} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} + S^f + M_{q^f}, \quad (8)$$

$$\rho = p \left\{ R_d \left(1 + \left(\frac{R_v}{R_d} - 1 \right) q^v - q^l - q^f \right) T \right\}^{-1}. \quad (9)$$



STATUS OF WMO FORECASTING CENTRES RELATIVE TO NUMERICAL MODELS

WMO Forecasting Centres using Global or Limited Area NWP Models (Last update 11/2011)





COSMO-модель

COSMO-5.1

Усвоение

- Observation processing
- Surface analysis
- Nudging of atmospheric variables and surface pressure
- Latent Heat nudging

Инициализация

- Digital filtering

Динамика

- 2 time level 2nd and 3rd split-explicit Runge-Kutta
- 3 time level split-explicit Leapfrog (*optional*)
- 3 time level semi-implicit Leapfrog (*optional*)
- 5rd order advective

Физика

- Grid-scale cloud and precipitation
- Radiation
- Subgrid scale turbulence closure
- Parameterization of surface fluxes
- Moist convection
- Subgrid scale orography
- Soil and Surface (multi-layer soil, lake model, sea-ice scheme)

Химия

- The gas-phase chemistry
- Photolysis
- Aerosols
- Heterogeneous reactions

Диагностика

- Near surface weather parameters
- Mean values
- Meteographs
- Volume- and Area-Integrals
- Synthetic Satellite pictures

I/O

- Grib
- NetCDF
- Restart

Нач. & Гран. условия.

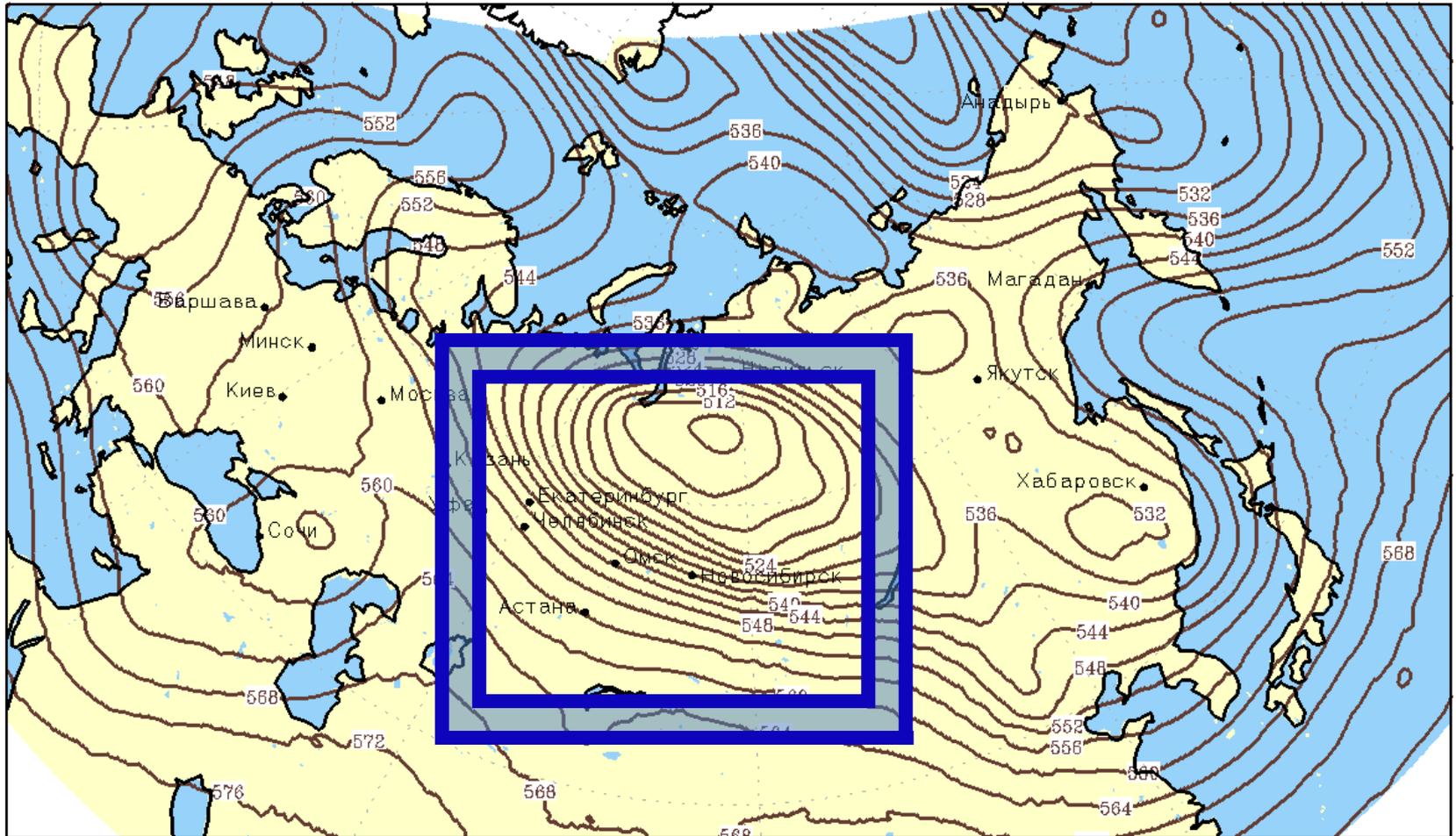
- ICON
- IFS ECMWF
- COSMO-Model
- GFS
- GSM

11.04.2017 11.30=12.30

Авиателеком, Новосибирск

ГЛОБАЛЬНЫЕ и РЕГИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

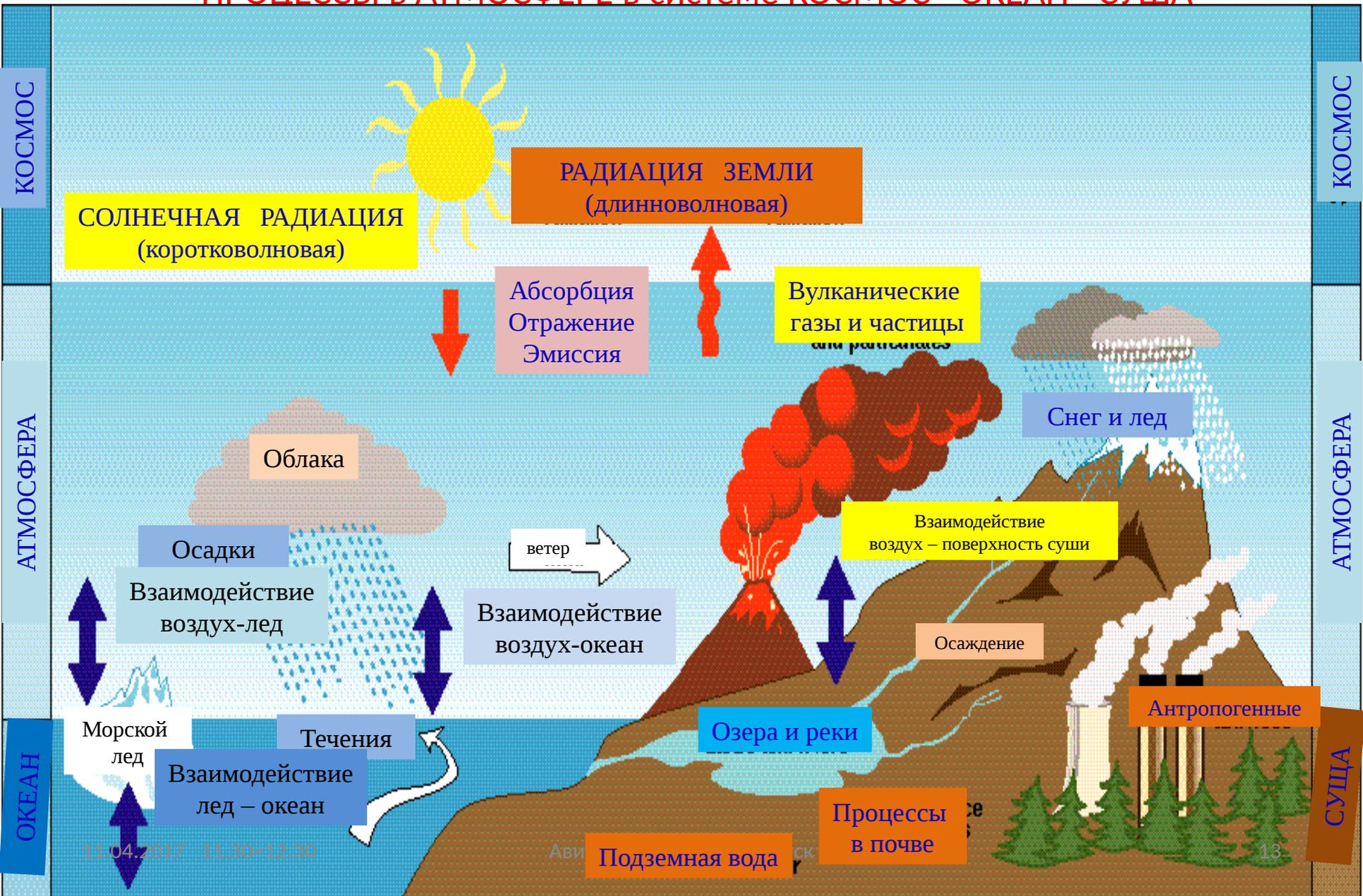
00:00 27мая 2014 (UTC+0): H500



Прогноз на 0ч. от 00:00 27мая 2014 (UTC+0)

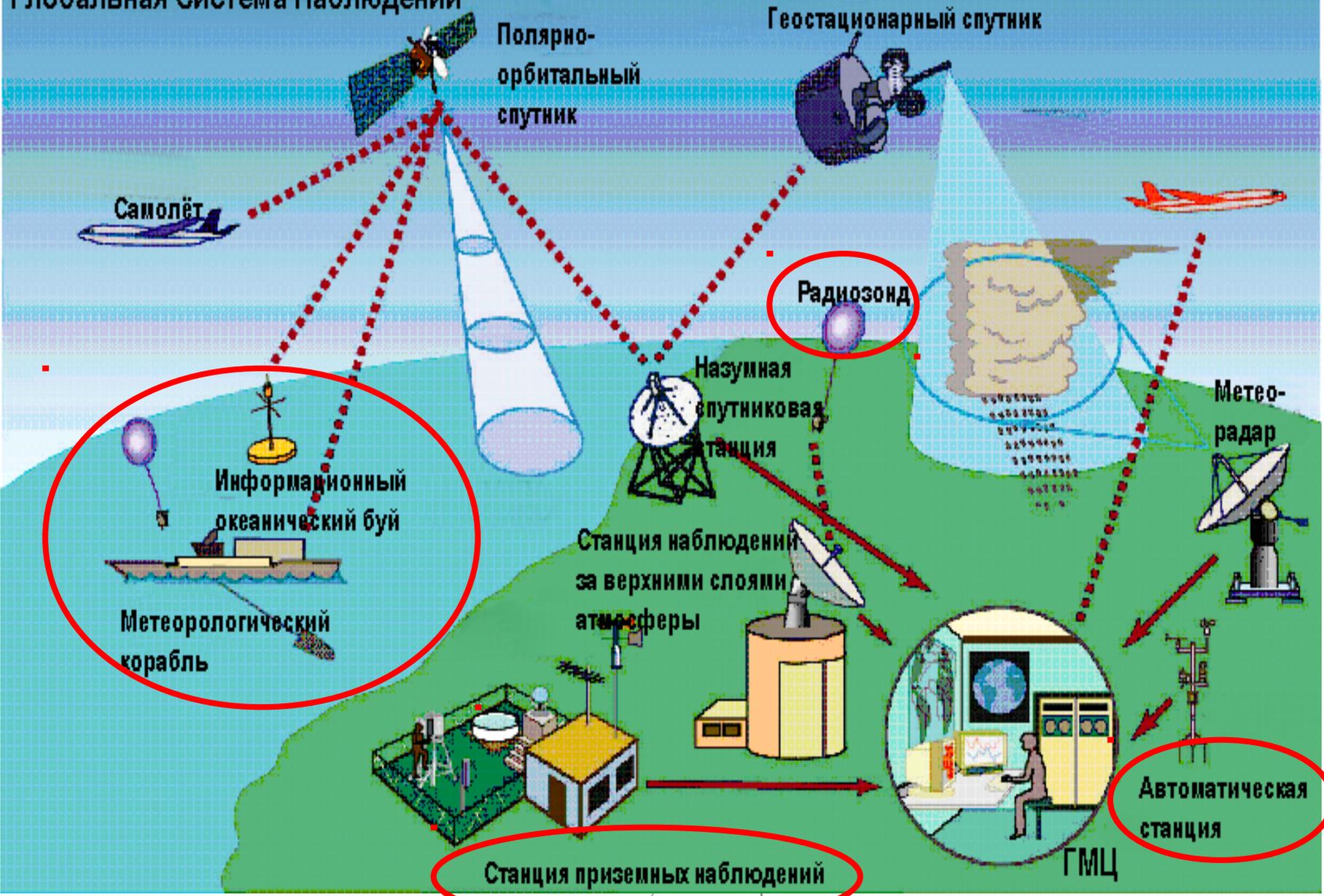
— H500

ПРОЦЕССЫ в АТМОСФЕРЕ в системе КОСМОС - ОКЕАН - СУША



Система гидрометеорологических наблюдений

Глобальная Система Наблюдений





Synop,
TEMP,
Radiosondes,
Buoys,
Airplanes,
Radar,
Wind Profiler,
Scatterometer,
Radiances,
GPS/GNSS,
Ceilometer,
Lidar



Численный прогноз погоды Мирового метеорологического центра "Москва" в технологической цепочке сбора гидрометеорологической информации и доведения ее до потребителей



10.04.2017 11.30=12.30

Авиателеком, новосиоирск

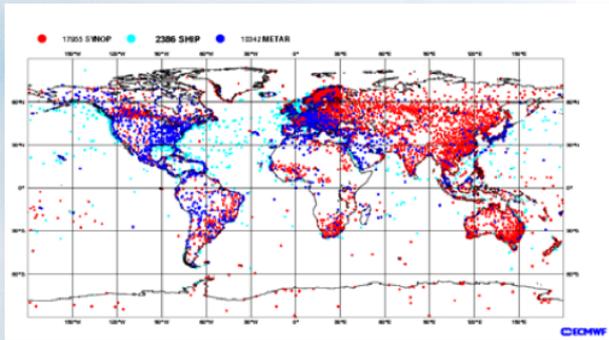
Гидрометеорологический центр Российской Федерации



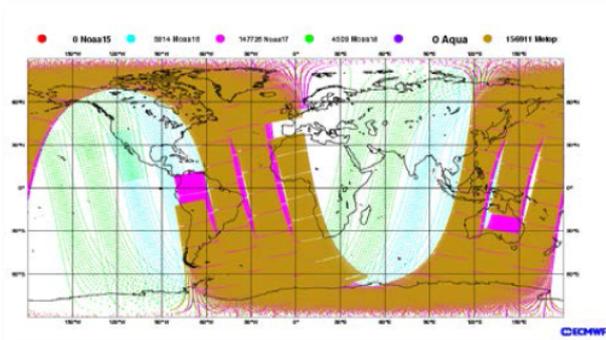
Major assimilated datasets

Receive **300 million** observations from **130 sources** daily.

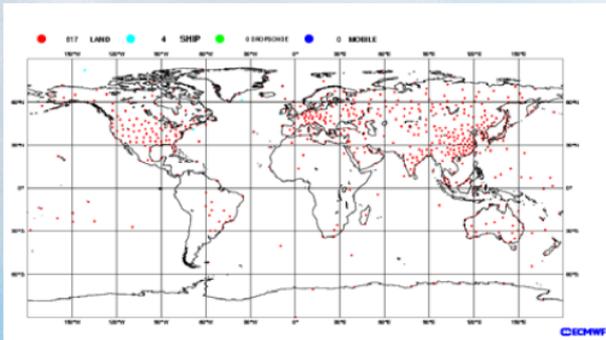
Surface stations



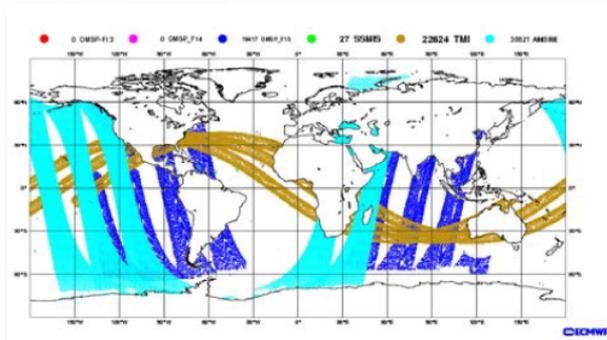
Polar, infrared



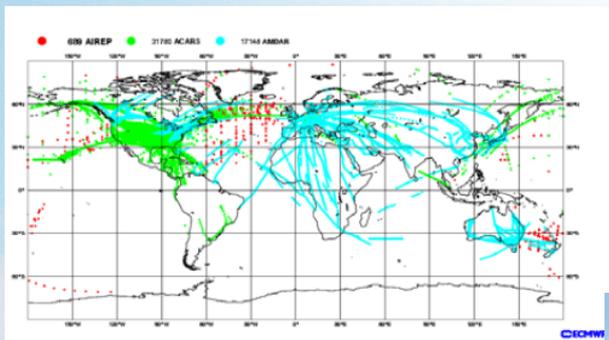
Radiosonde balloons



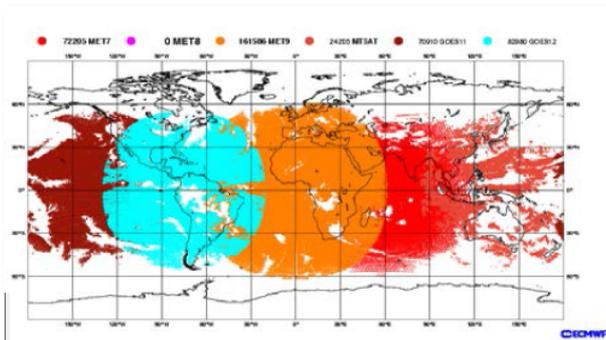
Polar, microwave



Aircraft



Geostationary, IR



ECMWF's Future challenges in Handling and Manipulating Model and Observational Data

Questions in "Big Data"

Tiago Quintino
Data Handling

B. Raouf, M. Fuentes, S. Siemen
ECMWF

ECMWF's **M**eteorological **A**rchival and **R**etrieval **S**ystem

- **Fully distributed** (migrated 2012)
 - 15 servers for metadata and data movers
 - **40 PB** primary archive
 - **1 PB** of disk cache (2.5%)
 - **110 billion** fields in 8.5 million files
 - **200 million** objects/**65 TB** added daily
 - 7000 registered users
 - 650 daily active users
 - **100 TB** retrieved per day, in 1.5 million requests

Users and # Requests **not** directly under our control...

➔ **Scale with # Users / Requests !**

ECMWF's Future challenges in Handling and Manipulating Model and Observational Data

Questions in "Big Data"

Tiago Quintino
Data Handling

B. Raoult, M. Fuentes, S. Siemen
ECMWF

Slide 1

© ECMWF



ПРОЦЕССЫ (МОДЕЛИ : глобальные, региональные)	МАСШТАБ, км	ШАГ СЕТКИ для разрешения процесса моделью и ВРЕМЯ ЖИЗНИ процесса
	α	
планетарные волны	> 10000	1000 км / 1 месяц
антициклоны, циклоны,	10 000 - 2000	200 км / 1 мес.- 1 нед.
фронты, мезоциклоны (полярные и тропические)	$2\ 000 - \gamma\ 200$	20 км / 1 нед. - 1 сут.
горные ветры и волны, кластеры кучево-дождевых облаков, морской бриз, низкоуровневые струйные течения	$200 - 20$	2 км / 1 сут. - 1 час
городская циркуляция, гравитационные волны, кучево-дождевые облака, турбулентность ясного неба	$20 - 2$	200 м / 1 час
11.04.2017 - 11.30=12.30 кучевые облака, торнадо	2 - 0,2	20 м / 1 - 0,5 час

МАКРО

М

Е

З

О

М

И

К
Р
О

Масштабы атмосферных процессов и явлений



COSMO-MODEL

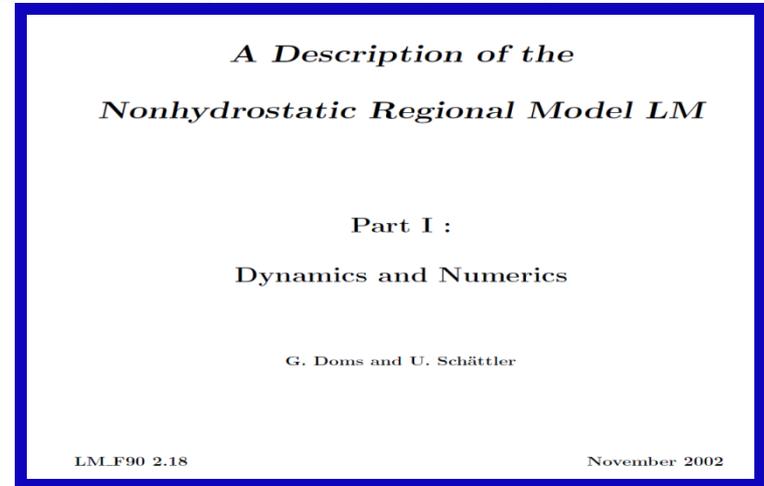
The **COSMO-Model** is a nonhydrostatic limited-area atmospheric prediction model based on the primitive hydro-thermodynamical equations describing compressible nonhydrostatic flow in a moist atmosphere.

The **COSMO-Model** allows for three different applications, namely:

- **NWP**: Convection-permitting numerical weather prediction
- **ART**: Aerosols (dust, pollen, volcanic ash) and **Reactive Trace gases**
- **CLM**: Regional, high resolution climate simulation.

The consortium **COSMO** is responsible for the development and maintenance of the **NWP** application, whereas the **Karlsruhe Institute of Technology**, is responsible for **ART** and the **CLM community** for **CLM**.

МЕТОД РЕШЕНИЯ



4.3.4 Outline of an Integration Step

As mentioned in the previous subsection, not all terms contributing to the tendency due to slow modes are considered by the forcing function f_ψ , which is used in the small time step sub-integration of the equations. The remaining terms are integrated subsequent to time splitting using the Marchuk splitting method (Marchuk, 1975).

To illustrate this method, we rewrite the model equations in the symbolic form (4.31) as

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = s_\psi + f_\psi^{TS} + S_\psi^c + M_\psi^{CM} + M_\psi^{LB} + M_\psi^{RD}. \quad (4.89)$$

s_ψ denotes the terms related to the fast modes and f_ψ^{TS} represents the slow-mode tendencies except for cloud condensation and evaporation (S_ψ^c), computational mixing (M_ψ^{CM}), lateral boundary relaxation (M_ψ^{LB}) and Rayleigh damping at the upper boundary (M_ψ^{RD}).

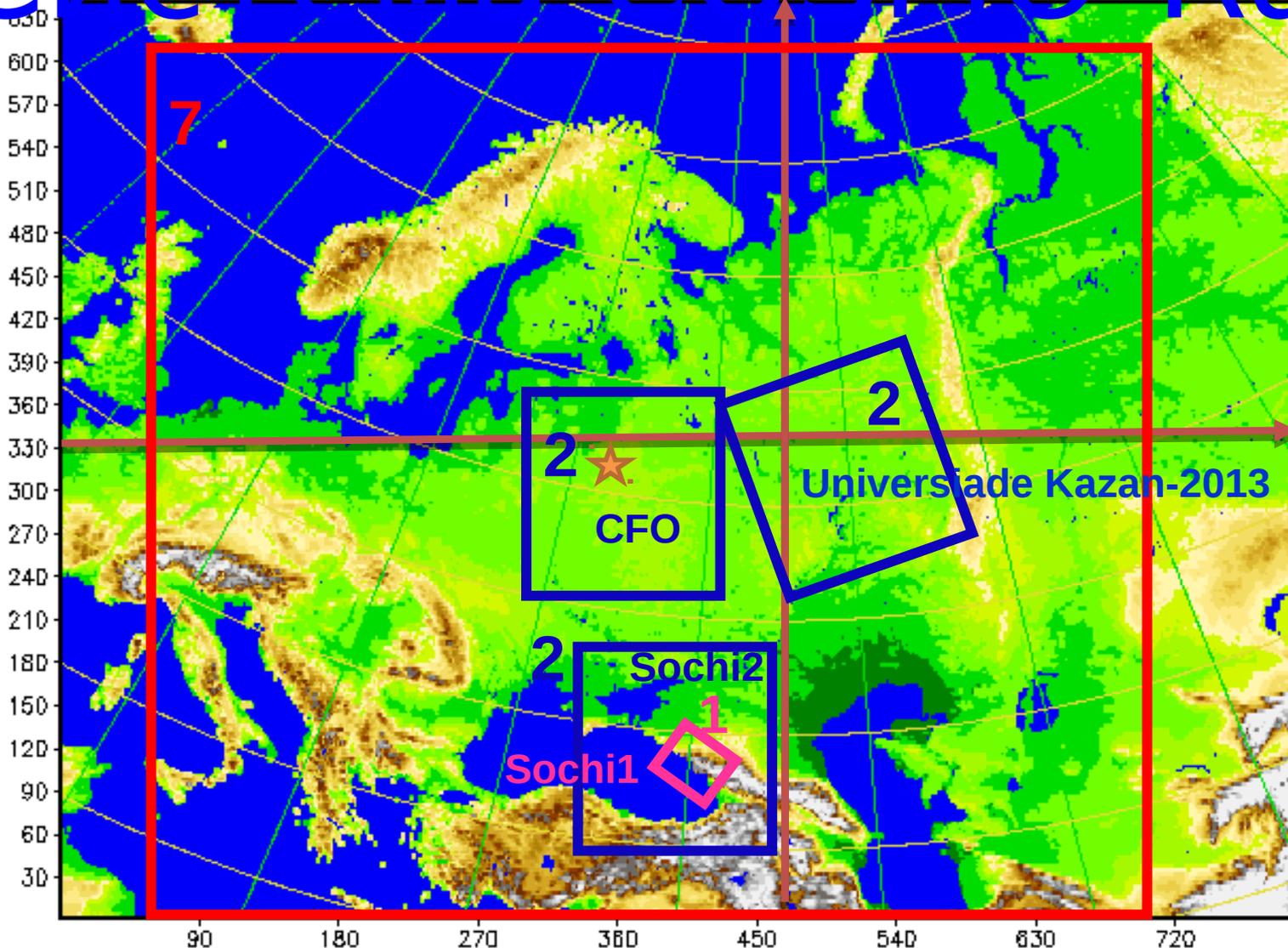
Marchuk, G. I., 1975: Numerical Methods in Weather Prediction.

КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ

1. Люди.
2. Наблюдательная система
3. Телекоммуникационная система
4. Вычислительная система
5. Система усвоения данных
6. Препроцессинг
7. Модель
8. Постпроцессинг



Система COSMO-Ru



COSMO-Ru7, $\Delta x = 7$ km

COSMO-Ru1, $\Delta x = 1.1$ km

11.04.2017 11.30=12.30

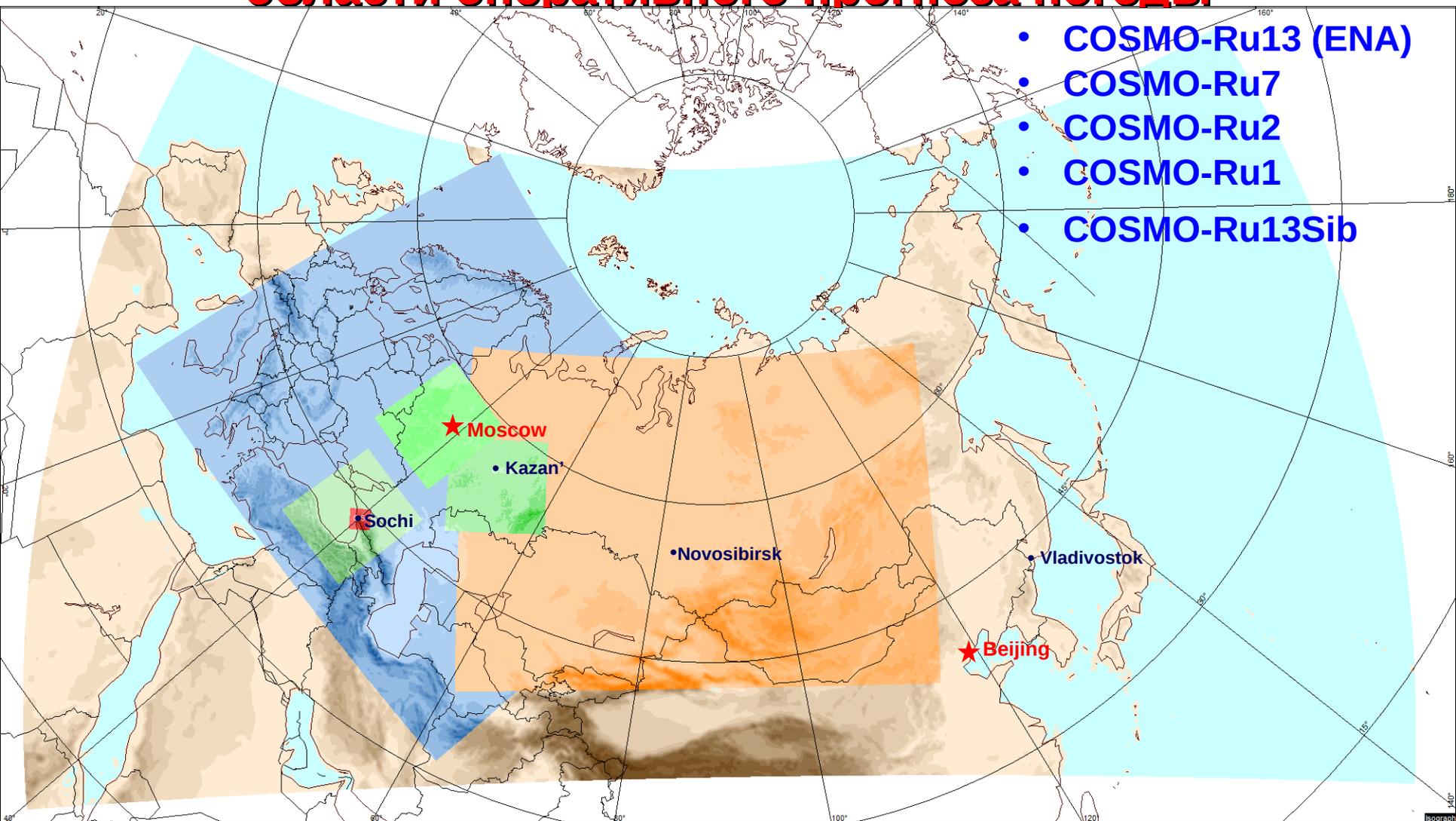
Авиатеком, Новосибирск

COSMO-Ru2 (CFO, Universiade, Sochi-2014), $\Delta x = 2.2$ km



Система COSMO-Ru: области оперативного прогноза погоды

- COSMO-Ru13 (ENA)
- COSMO-Ru7
- COSMO-Ru2
- COSMO-Ru1
- COSMO-Ru13Sib



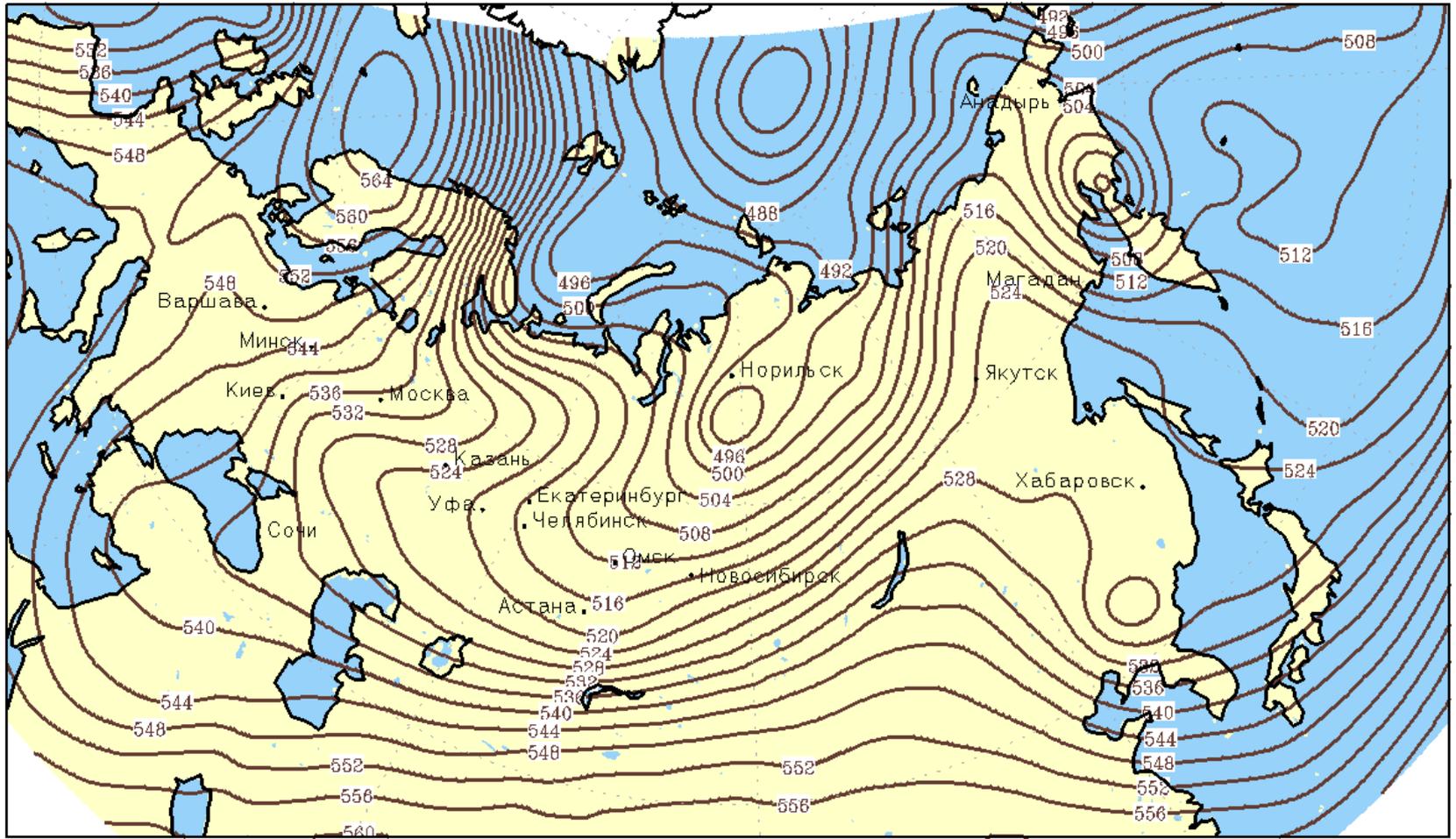
СЕТКА

Узел сетки

Шаг сетки
 h

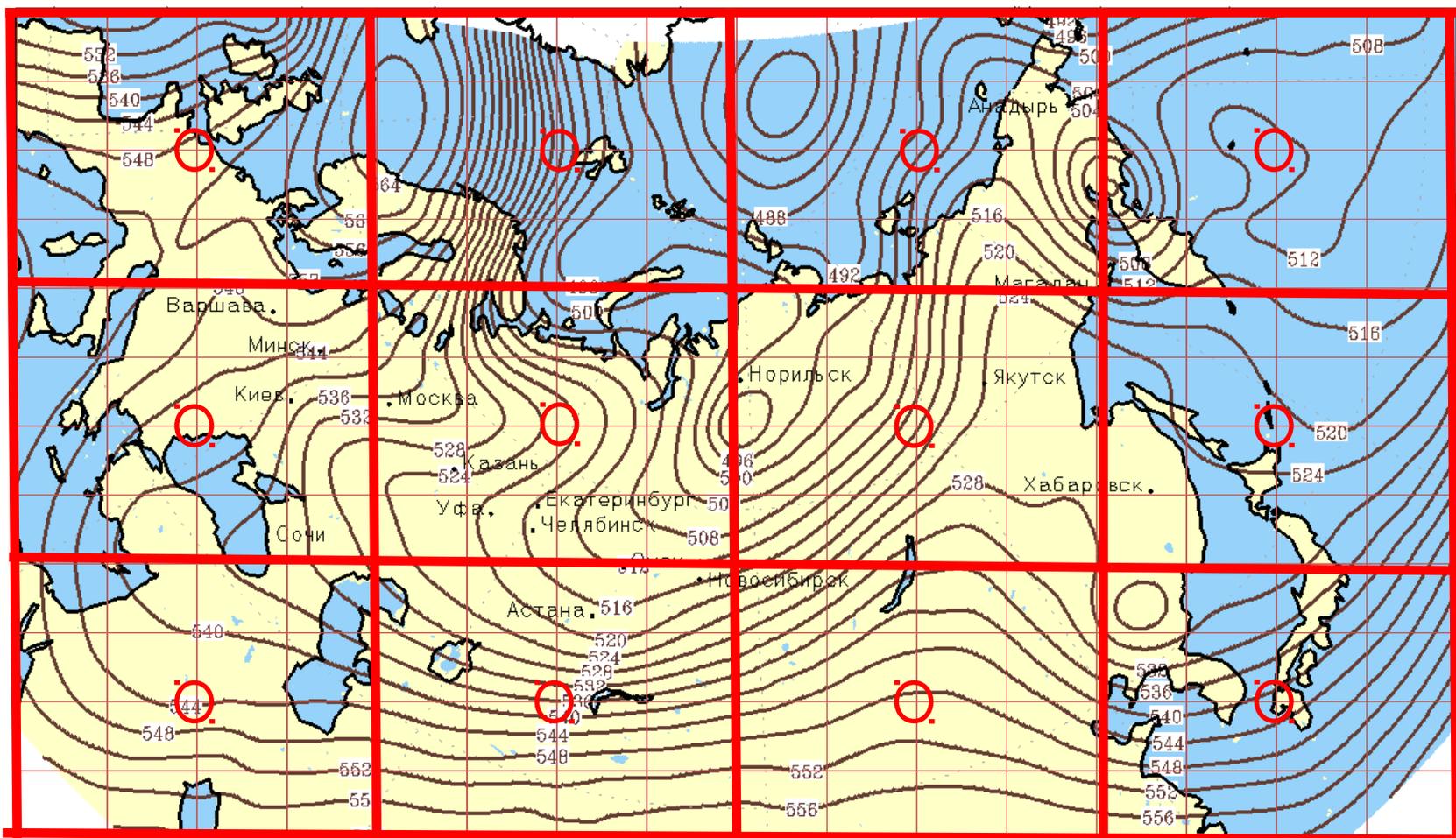


00:00 13фев 2017 (UTC): H500





00:00 13 фев 2017 (UTC): H500



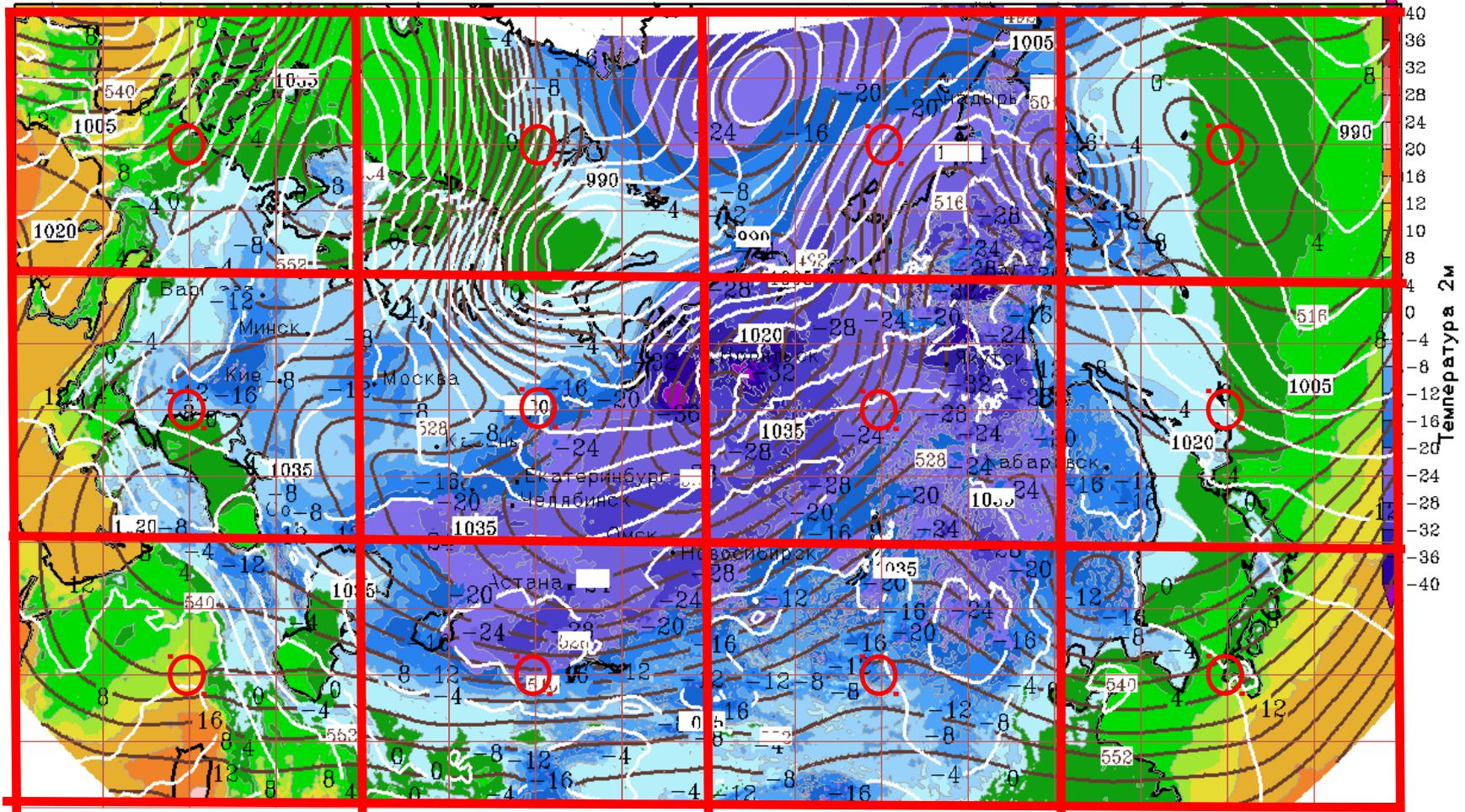
Прогноз на Оч. от 00:00 13 фев 2017 (UTC)

— H500 [gp dam]

COSMO-Ru 13.2km



00:00 13фев 2017 (UTC): T2м, P ур.моря, H500



Прогноз на 0ч. от 00:00 13фев 2017 (UTC)

— H500 [gr dam]

Область квазиоперативного прогноза COSMO-Ru7-ART



- в 0:00 ВСВ прогноз на 48 ч.
- в 12:00 ВСВ прогноз на 60 ч.
- сетка 135x150x40
- ~30-45° в.д., 50-60° с.ш.
- шаг сетки 7 км
- $\Delta t = 40$ с
- начальные и граничные условия **COSMO-RU7**
- антропогенные эмиссии TNO
- CO, NO, NO₂, O₃, SO₂, PM₁₀

COSMO-RU7



Часть 2. ICON



Новая глобальная негидростатическая модель **ICON** (**ICO**sahedral **N**onhydrostatic model)

«**ICON** является разработкой Немецкой службы погоды (Deutscher Wetterdienst – DWD) и Метеорологического института им. Макса Планка (MPI-M) для системы глобальных прогнозов **погоды климата** нового поколения».

В 2012 Институт Технологии в Карлруэ присоединился к работам для подключению химического модуля ART.

Используется для оперативных прогнозов с 01.2015

Область Глобус:

Шаг сетки : 13 км -> **2.95 Млн точек** 1 ячейка: 173 km²

Число уровней: 90

Заблаговременность прогнозов:

174ч по 00 и 12 UTC

78ч в 06 and 18 UTC

Встроенная область:

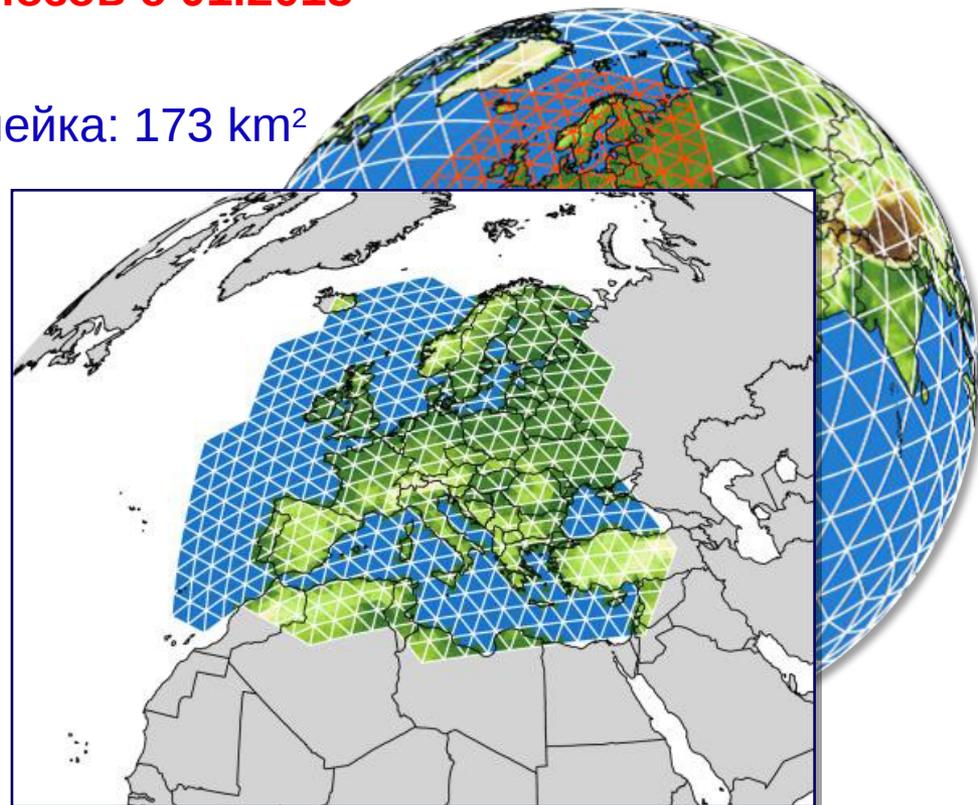
Шаг сетки: 6.5 км

Число уровней: ~ 60

Заблаговременность прогнозов:

78 ч по 00, 06, 12 и 18 UTC

1 ячейка: 43 km²





Numerical Weather Prediction at DWD in 2015

Global model ICON

Grid spacing: **13km**

Layers: **90**

Forecast range:

174 h at 00 and 12 UTC

78 h at 06 and 18 UTC

1 grid element: 173 km²

ICON

with zooming area
Europe

Grid spacing: **6.5 km**

Layers: **~ 60**

Forecast range:

78 h at 00, 06, 12 and 18 UTC

1 grid element: 43 km²

plus three other zooming
areas

COSMO-DE (-EPS)

Grid spacing: **2.2 km**

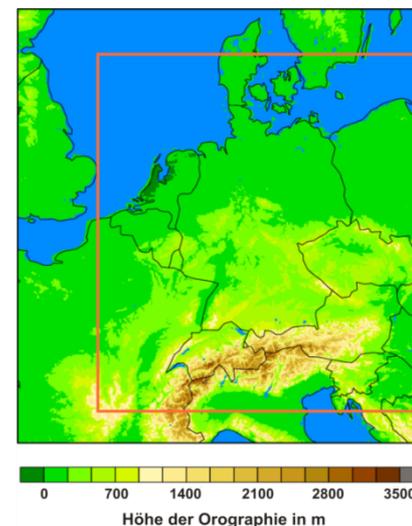
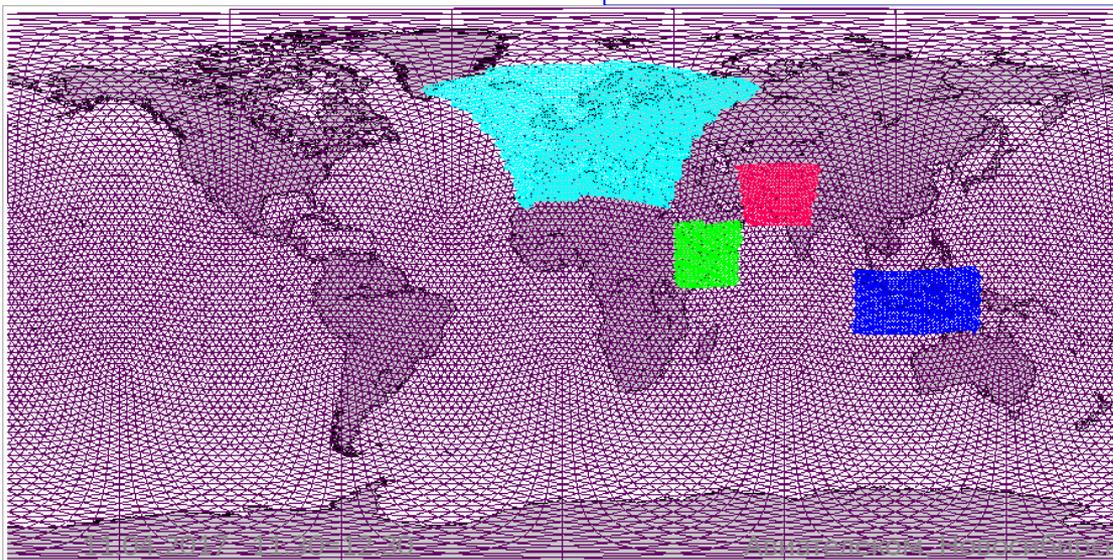
Layers: **~ 80**

Forecast range:

24 h at 00, 03, 06, 09,

12, 15, 18, 21 UTC

1 grid element: 5 km²



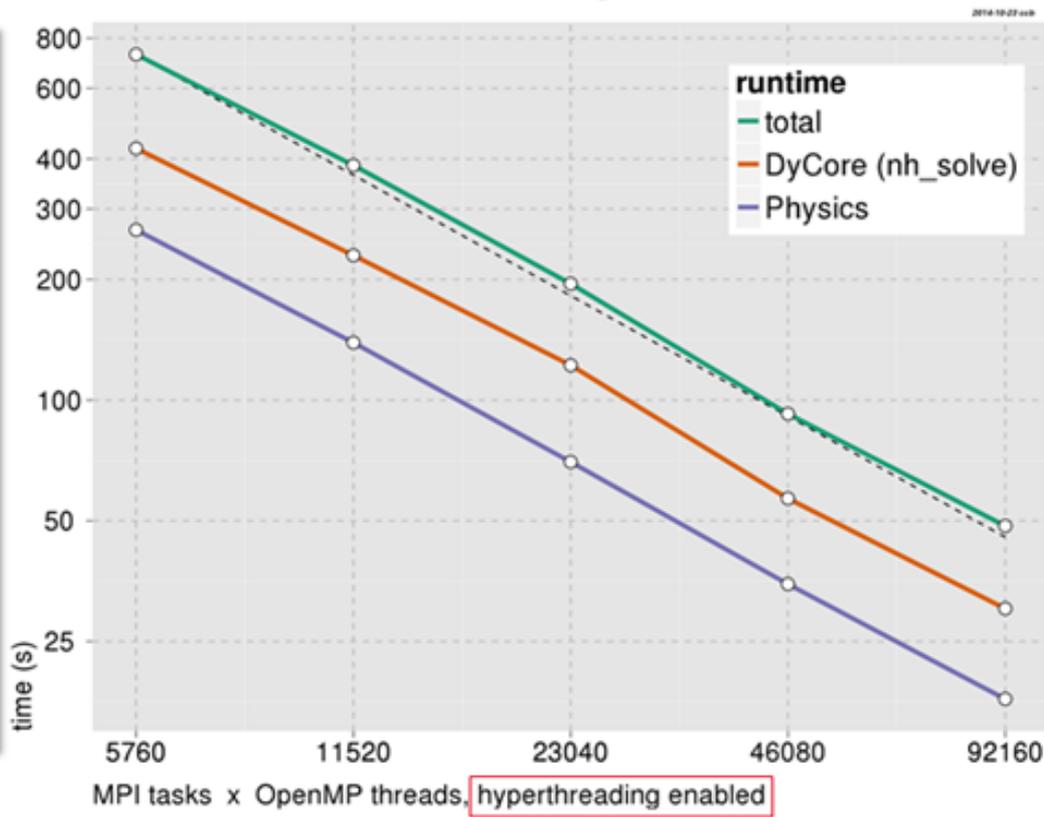
D. Majewski

(Deutscher Wetterdienst, Research and Development,
detlev.majewski@dwd.de)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Scaling of ICON (5 km grid spacing, L90) on Cray XC30 at ECMWF (Reading)





Часть 3. COSMO-Ru



КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА

Люди.

Наблюдательная система

Телекоммуникационная система

Вычислительная система

Система усвоения данных

Препроцессинг

Модель

Постпроцессинг

Atmospheric levels

N	p, mm	z, m
0,5	20	23589
1	30	22300
8,5	203	11879

Boundary layer
17,5 499 5569

27,5 830 1546

35,5 975 214

39,5 997 20

40 998 10

40,5 1000 0

Vertical grid for variables:

n-1/2	w, z
n	T, u, v, p ₀
n+1/2	w, z

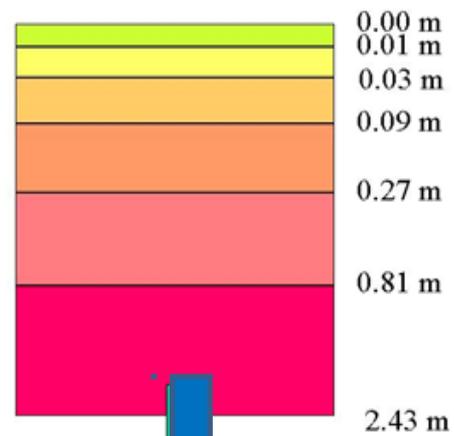


7 – layers soil model

ENERGY



WATER



GRAVITATIONAL DRAINAGE



COSMO-Ru2 / Ru1

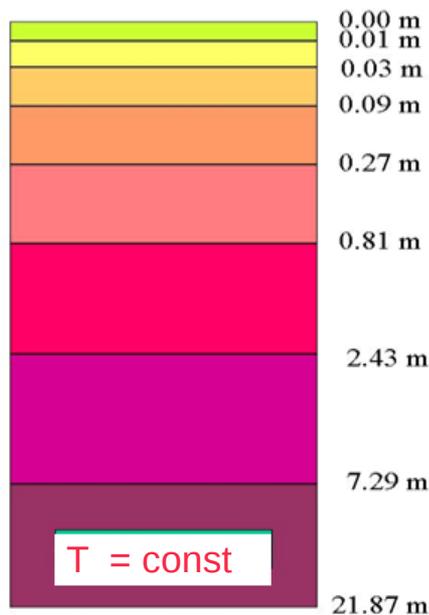
АТМОСФЕРА: 50 / 70 уровней

n-1/2	w, z
n	T, u, v, p ₀
n+1/2	w, z

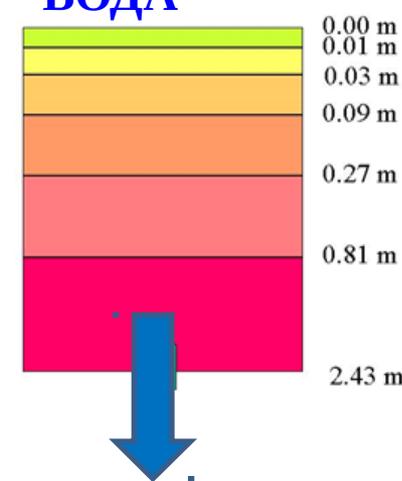


7 – слойная модель почвы

ЭНЕРГИЯ



ВОДА



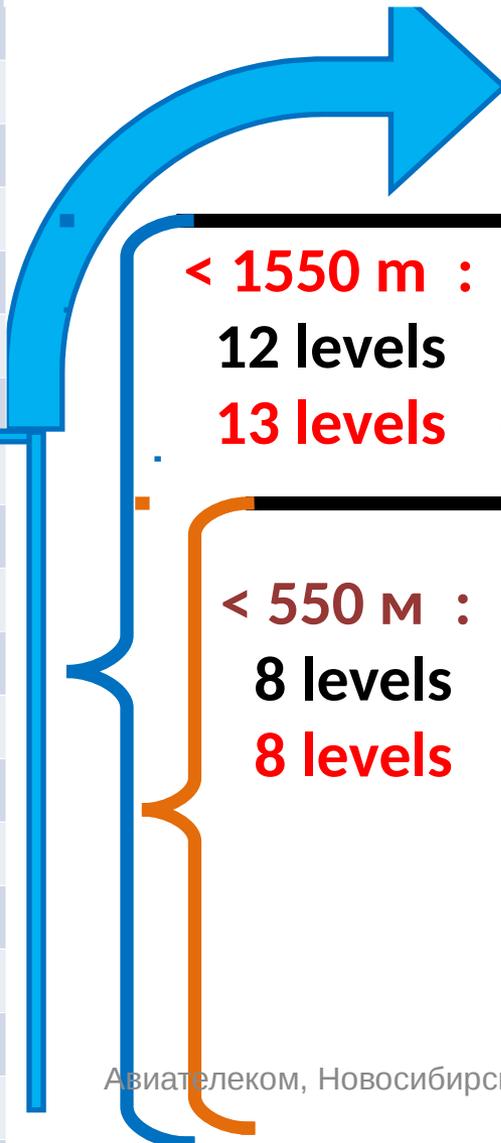
Уровни в атмосфере

N	p, mm	z, m
0,5		22000
....	
12,5		11807
Ниже 1550 м - 13 уровней		
24,5		5162
Пограничный слой		
Ниже 550 м - 8 уровней		
36,5		1450
42,5		500
49,5		20
50		10
50,5		0

11.04.2017 11.30=12.30

7 N	Z	2.2 N	Z
1	23 589	1	22 000
3	18 834	4	19 085
5	15 978	8	15 587
7	13 763	10	13 998
9	11 879	13	11 807
11	10 211	15	10 470
13	8 711	18	8 643
15	7 355	20	7 539
17	6 132	23	6 050
19	5 035	25	5 162
21	4 060	26	4 750
23	3 201	29	3 630
25	2 456	32	2 680
27	1 823	35	1 891
29	1 295	38	1 254
31	871	41	757
33	542	43	500
35	303	45	299
37	143	47	150
39	49	49	51

COSMO-Ru7 && COSMO-Ru2



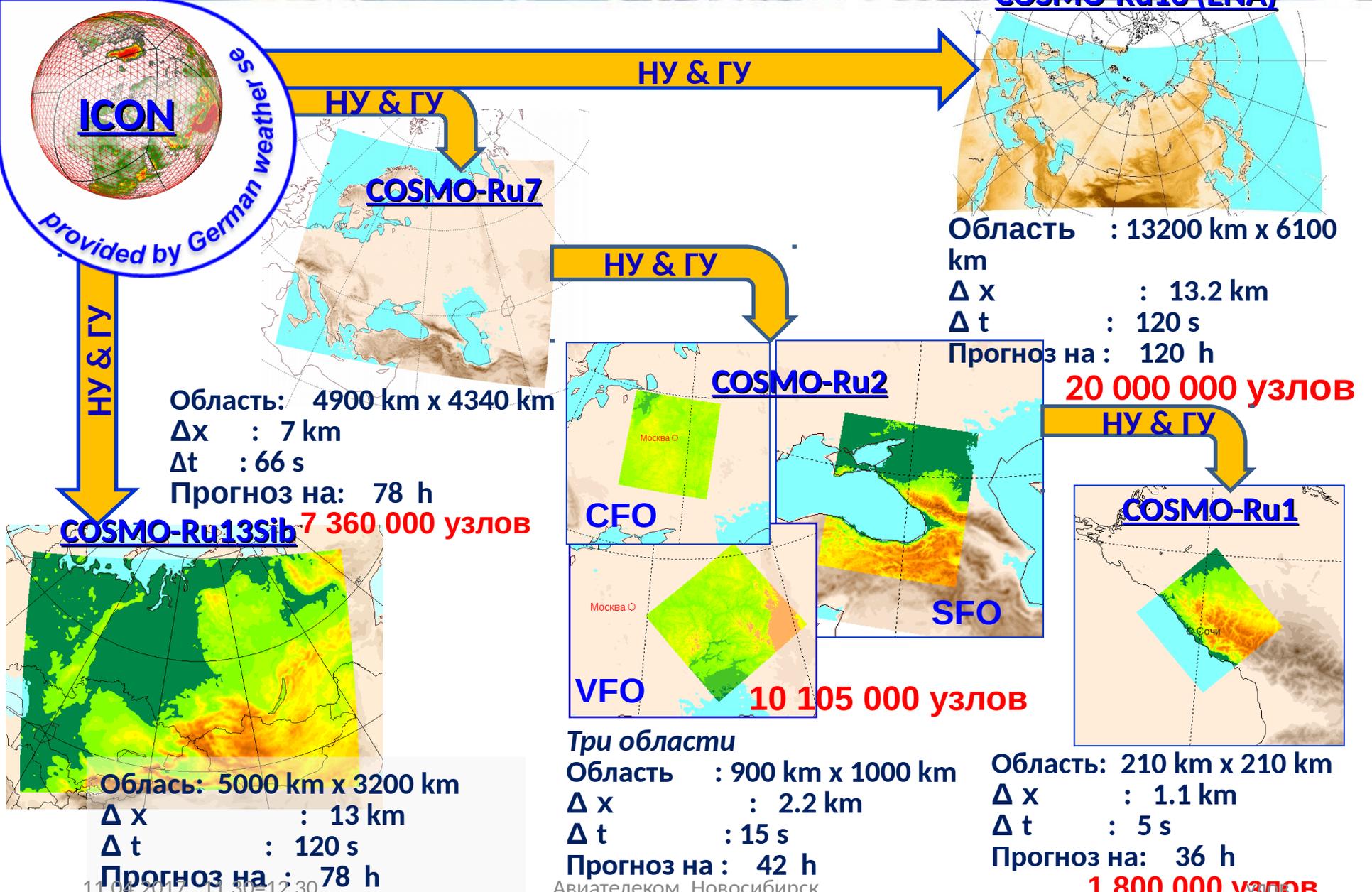
7 N	Z	2.2 N	Z
21	4 060	38	3 984
22	3 616	29	3 630
23	2 101	34	2 137
24	2 815	32	2 680
25	2 456	35	1 891
26	2 126	36	1 662
27	1 823	37	1450
28	1 546	38	1254
29	1 295	39	1 073
30	1 070	40	908
31	871	41	757
32	695	42	621
33	542	43	500
34	412	44	393
35	303	45	299
36	214	46	218
37	143	47	150
38	89	48	65
39	49	49	51
40	20	50	20
41	0	51	0



Вычислительный комплекс Росгидромета

	SGI ALTEX 4700	SGI ICE - X	РСК ТОРНАДО
Тип процессоров	Intel Itanium 2 (2-ядерный)	Intel Xeon (10-ядерный)	Intel® Xeon® E5-2600 (8-ядерный)
Количество узлов / ядер на узел (всего)	13 / 128 (1664)	72 / 10 (720)	96 / 16 (1536)
Оперативная память на ядро	2 Гбайт	3.2 Гбайт	4 Гбайт
Пиковая производительность	11 Тфлопс	14 Тфлопс	35 Тфлопс

**1 Тфлопс = 10^{12} операций в сек =
= 1 000 000 × 1 000 000 = миллион миллионов операций в сек.**

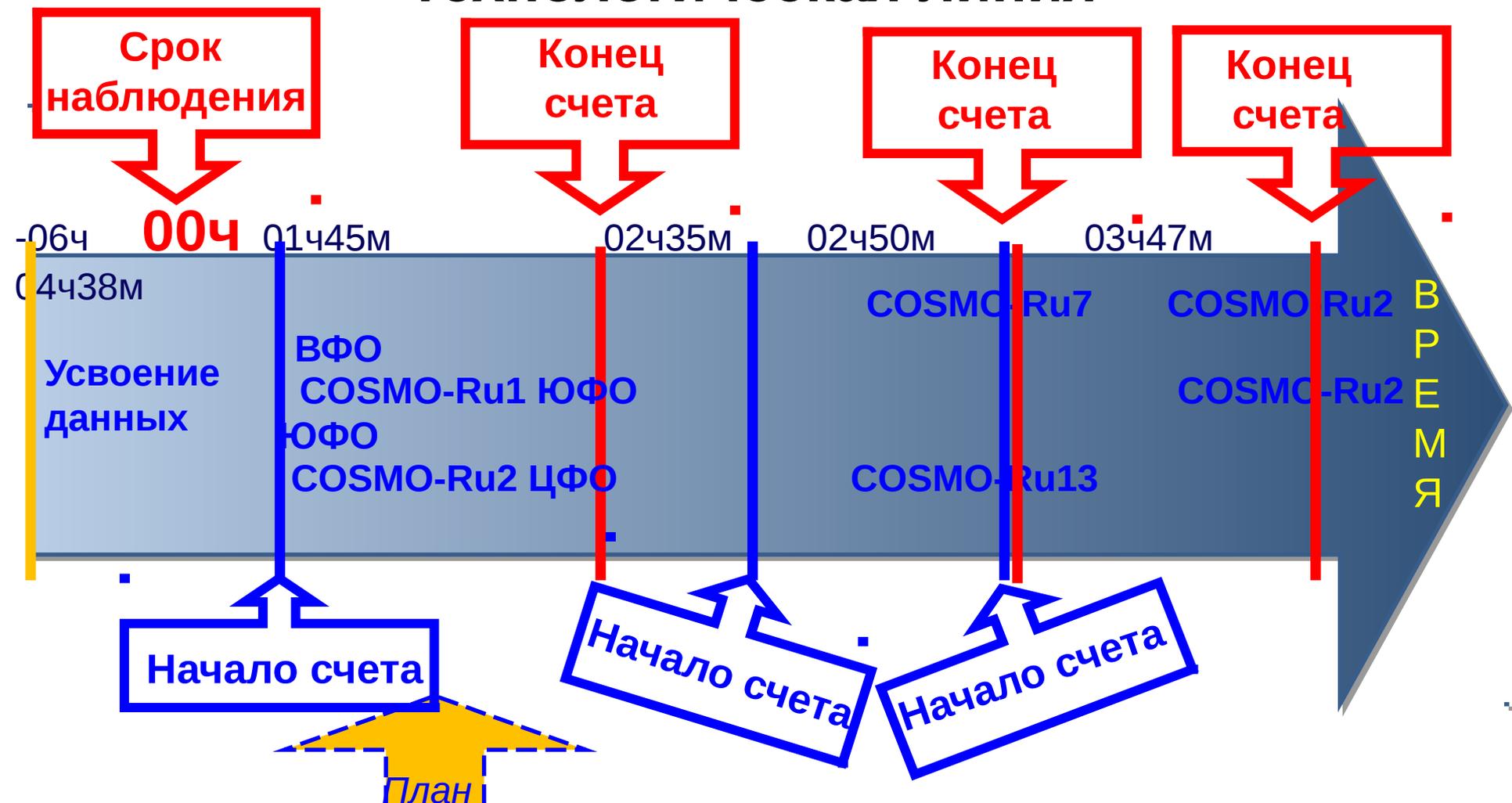


11.04.2017 11:30-12:30

Авиателеком, Новосибирск



Система COSMO-Ru Технологическая линия



- План** (Plan)
- Усвоение радаров в COSMO-Ru2 для ЦФО
 - RAP (RAPid refresh)
 - HRRR (High Resolution Rapid Refresh)

Продукты системы COSMO-RU

В сутки 8000 карт и 1000 метеограмм

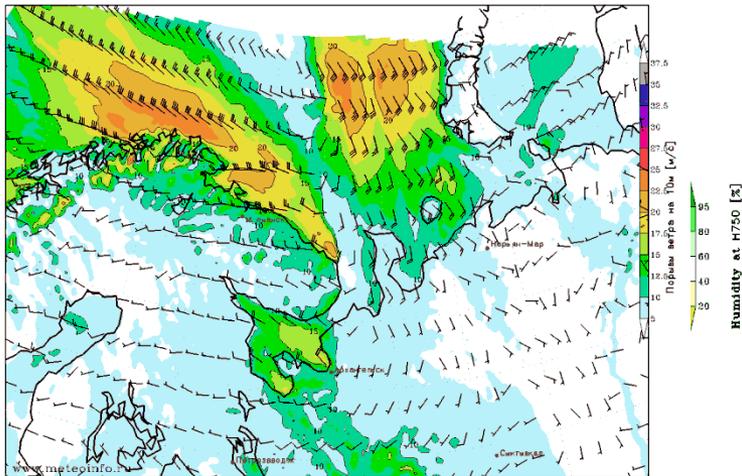
Карты

- ❑ Комбинации параметров
- ❑ Обширные регионы
- ❑ «Вырезки» повышенной детализации

(Центральный регион, Дальний Восток, , Сибирь, Балтийское, Черное, Каспийское, Баренцево моря и т.д.)
 Часть области COSMO-RU7

01:00 17FEB 2014 (MSK):

15:00 16дек 2016 (MCK): Ветер на 10м



Прогноз на 48ч. от 15:00 14дек 2016 (MCK)

COSMO-RU 7km

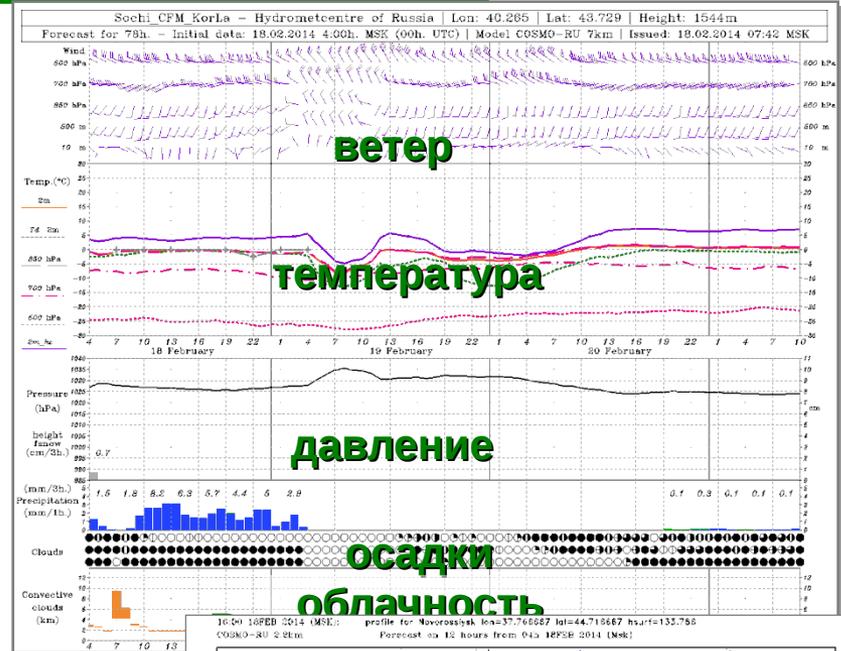
11.04.2017 11.30=12.30
 Forecast on 21 hours from 04h 16FEB 2014 (Msk)

COSMO-RU 7km

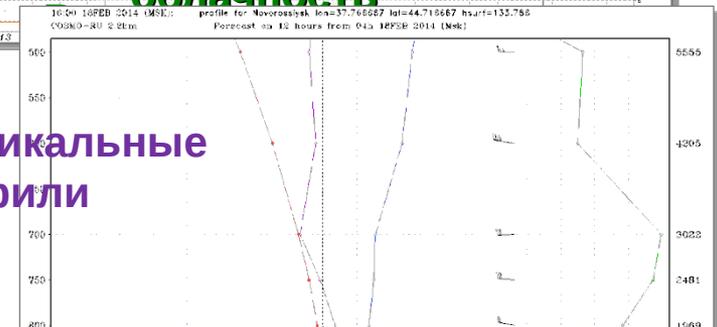
→ Wind direction

метеограммы

Для пунктов



Вертикальные профили



Продукция GRIB, а также дополнительно – согласованных с пользователями форматах (ASCII, XML, CVS & etc.)

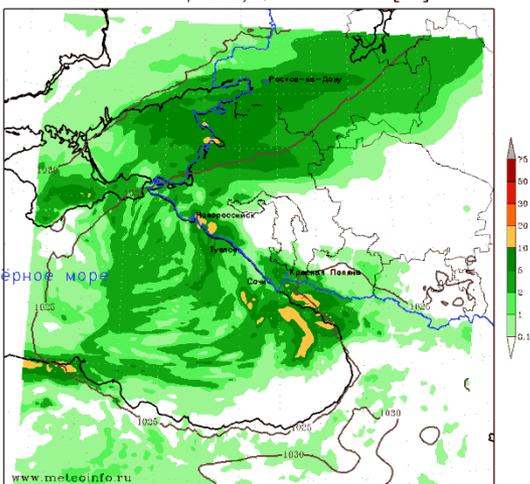
Примеры продукции COSMO-Ru2 (Сев. Кавказ)

Сумма осадков за 12ч

Влажность и линии тока

Ветер,

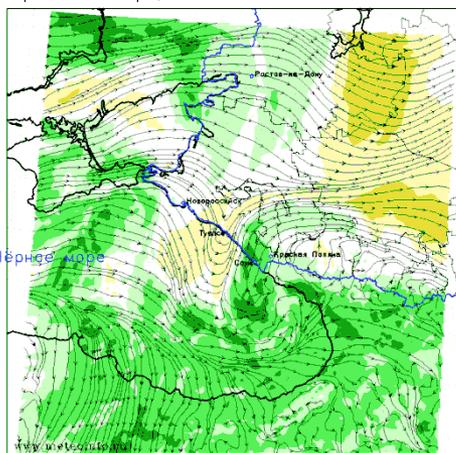
Осадки за предыдущие 12 часов [мм]



Прогноз на 42ч. от 15:00 14дек 2016 (МСК)
COSMO-Ru 2.2км

— Давление на уровне моря

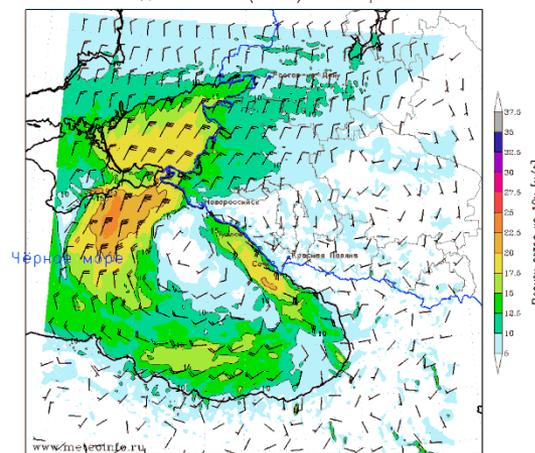
Направление ветра, Относительная влажность на H800



Прогноз на 14ч. от 15:00 14дек 2016 (МСК)
COSMO-Ru 2.2км

→ Направление ветра

09:00 10дек 2016 (МСК): Ветер на 10м

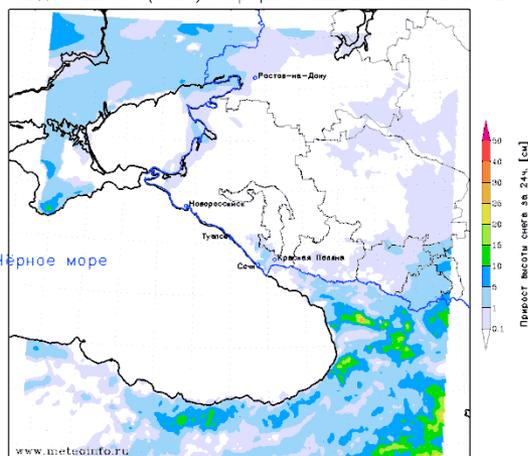


Прогноз на 42ч. от 15:00 14дек 2016 (МСК)
COSMO-Ru 2.2км

— Ветер на 10м

Прирост высоты снега

15:00 15дек 2016 (МСК): Прирост высоты снега за 24ч.

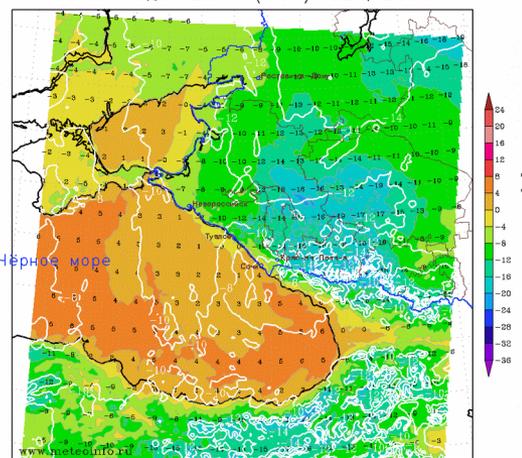


Прогноз на 24ч. от 15:00 14дек 2016 (МСК)
Постпроцессинг COSMO-Ru 2.2км

11.04.2017

T2m,

01:00 15дек 2016 (МСК): T2m, T850



Прогноз на 10ч. от 15:00 14дек 2016 (МСК)
COSMO-Ru 2.2км

— Температура на 850гПа

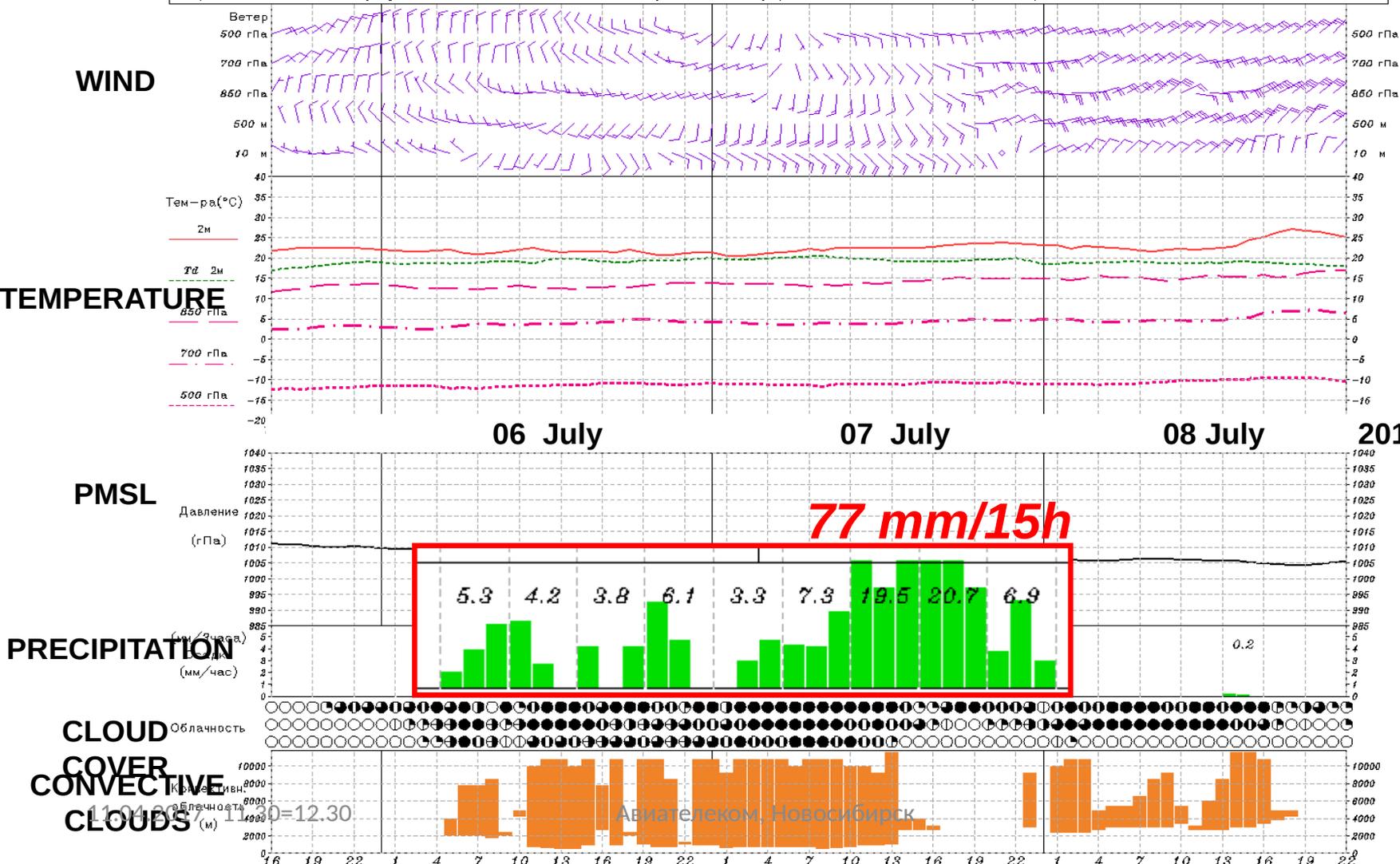
леком, Новоселов

Продукты системы COSMO-Ru: COSMO-Ru7

Сильные дожди вызвали катастрофические паводки

**Метеограмма для Геленджика
05/07/12, 12 UTC, fc+78 h**

Sochi_Gelendjik W — Предоставлено: ГУ "Гидрометцентр РФ" | Долгота: 37.935 | Широта: 44.58 | Высота: 40.768м
 Прогноз на 78 часа(ов) от 05.07.2012 16:00 МСК (12ч. UTC+0) | Модель COSMO-RU / 7км | Рассчитано: 05.07.2012 19:31 МСК

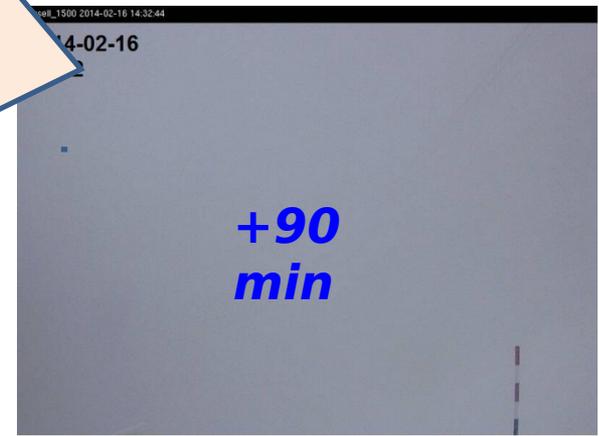
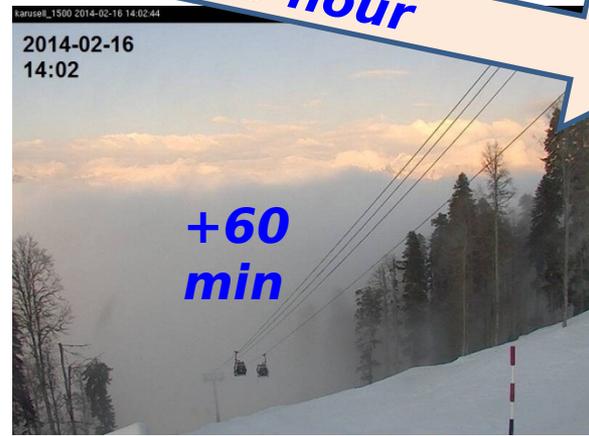
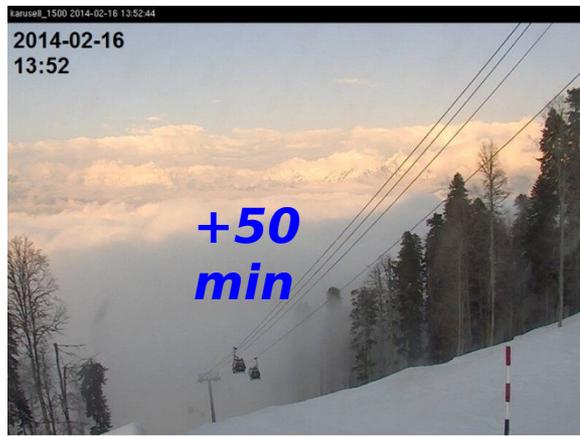
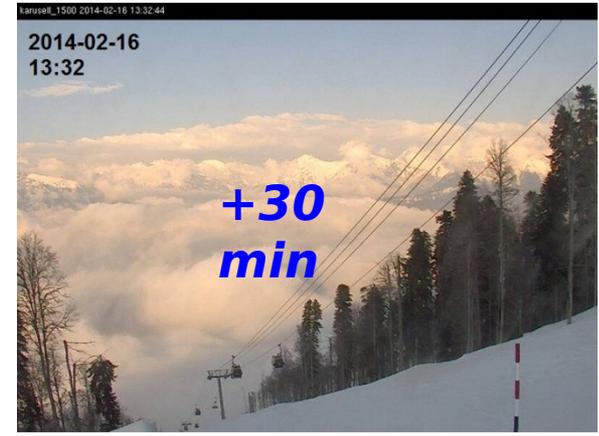
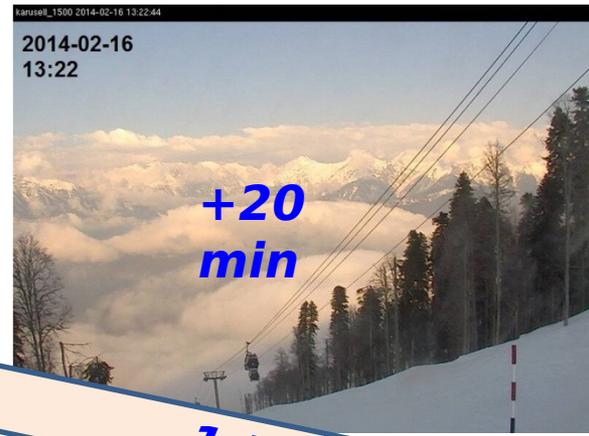
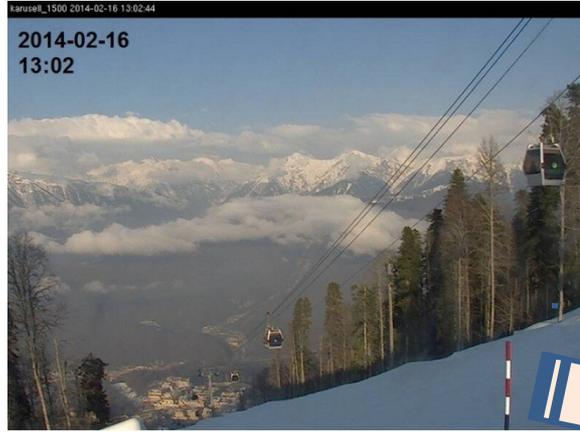




Low visibility event

Cloudiness formation due to adiabatic cooling of the moisture air during it rise along the slope of the valley

February, 16-17, 2014



Camera shots at Gornaya Karusel-1500



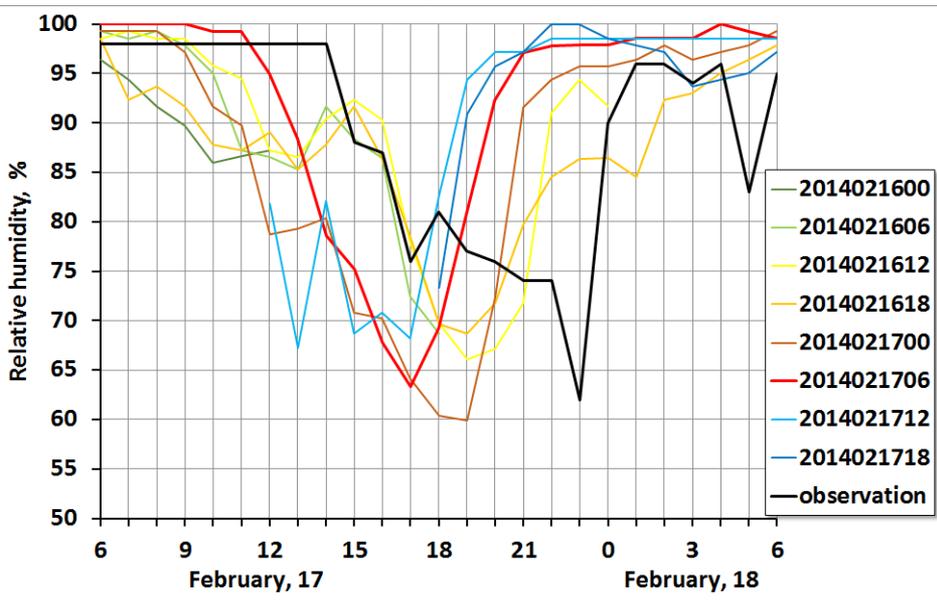
Low visibility event

COSMO-Ru1

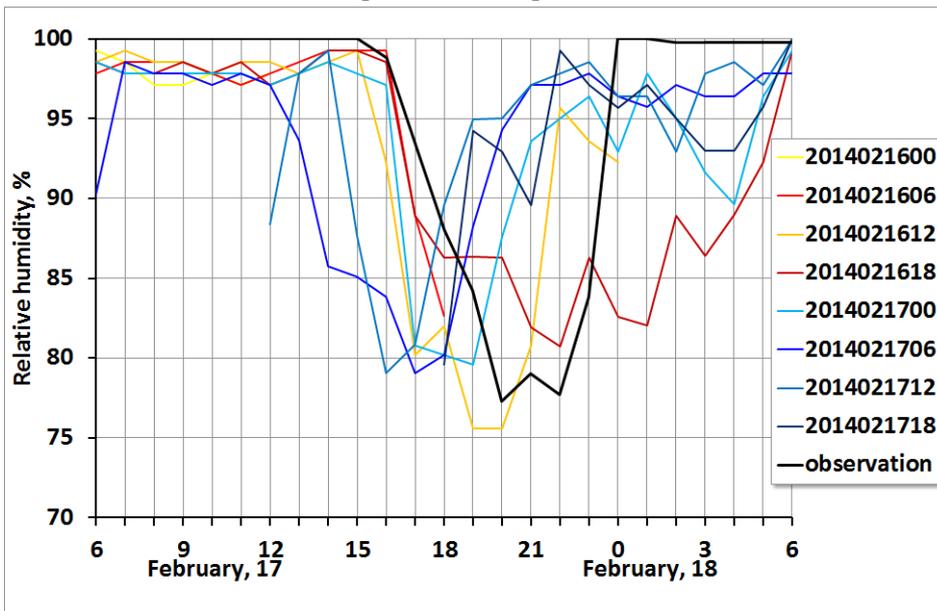
Low visibility event during Sochi Olympics

Relative humidity at 2m: series of the forecasts for the sites

Biathlon Stadium (1455 m)



Roza Khutor-4 (1580 m)



COSMO-Ru1 forecast for relative humidity and wind allowed forecasters to predict changes in visibility (“good visibility window”) and determine the time for the competitions.



2013

За сутки подготавливалось и рассылалось

3000 и 2000 метеограмм

2016

За сутки подготавливается и рассылается

более 8000 карт и 2500 метеограмм



Сильные осадки, вызвавшие катастрофическое наводнение в Кубани

July, 6-7, 2012

171 погибло
34600 пострадало
5000 домов разрушено



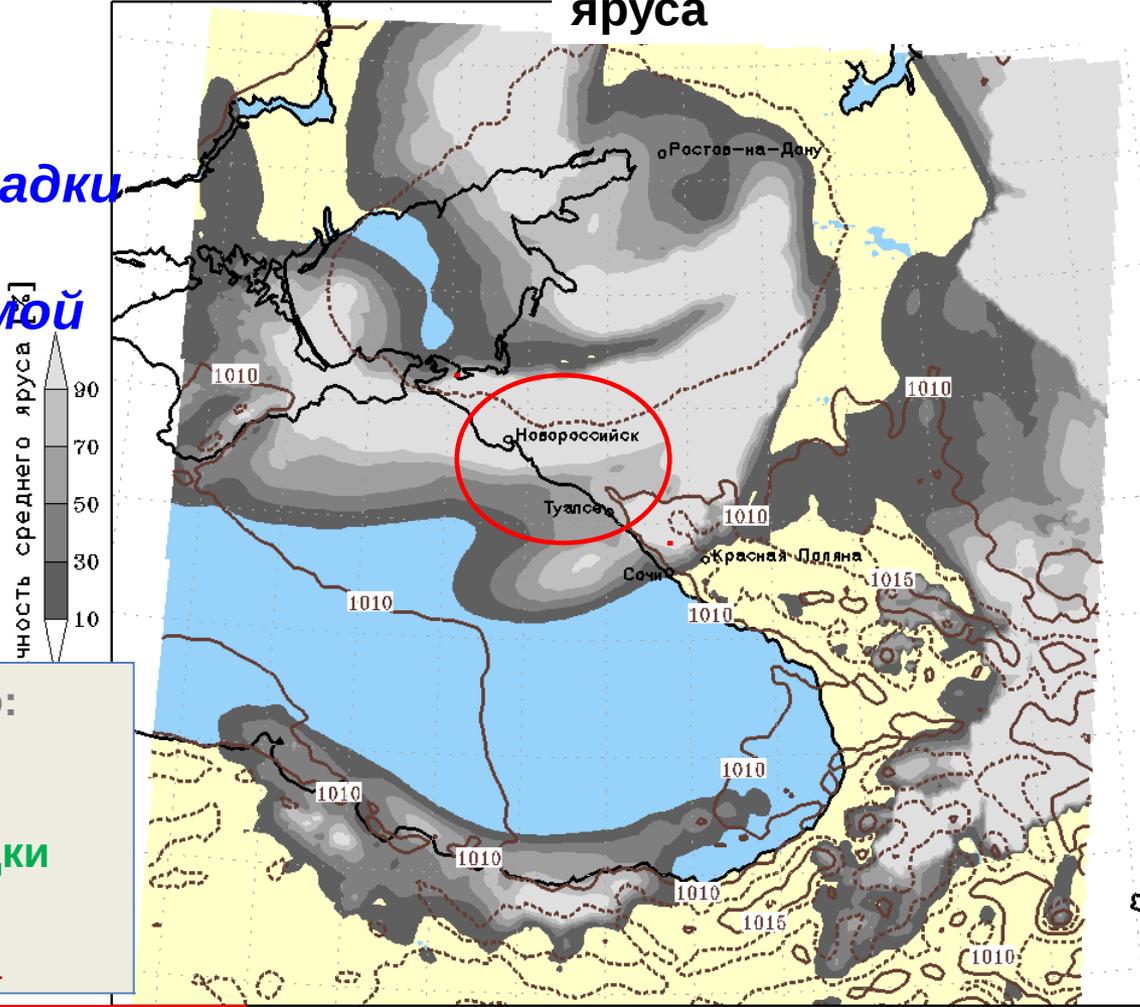
11.04.2017 11.30=12.30

Авиателеком, Новосибирск

Сильные осадки, вызвавшие наводнение

04:00 06 июля 2012 (МСК): P_{MSL} , осадки, облачность среднего яруса

Модель показала сильные осадки в интересующей области



- Оттенки серого: облака
- Цветные: осадки
- Изолинии: P_{MSL}

11.04.2017 11:30-12:30 **Время** Оч. от 04:00 06 июля 2012 (МСК)

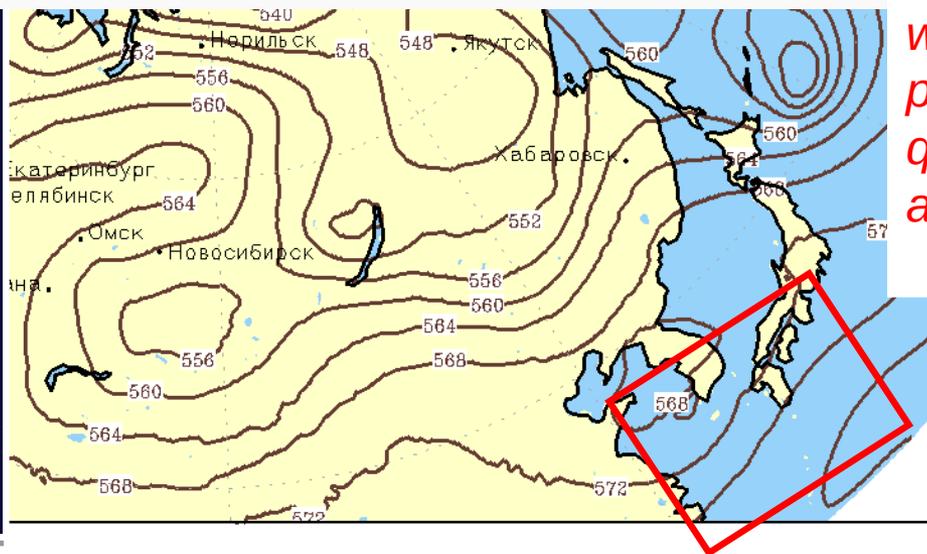
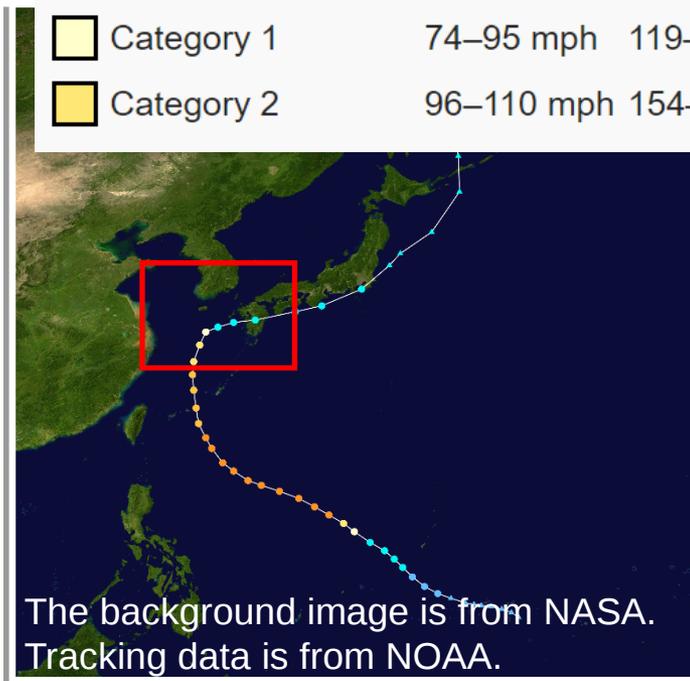
COSMO-RU 2.2км

— Давление на уровне моря

English: Track map of Typhoon Neoguri of the 2014 Pacific typhoon season. The points show the location of the storm at 6-hour intervals. The colour represents the storm's maximum sustained wind speeds as classified in the Saffir–Simpson hurricane wind scale (see below), and the shape of the data points represent the nature of the storm, according to the legend below.

Saffir–Simpson hurricane wind scale

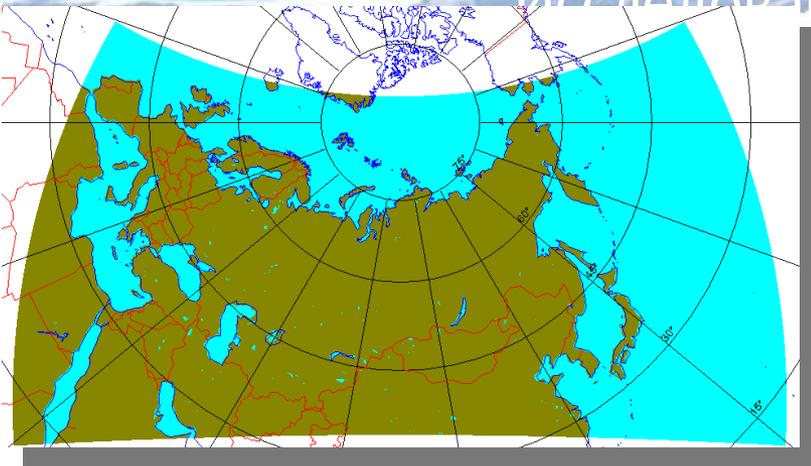
	Tropical depression	≤38 mph	≤62 km/h		Category 3	111–129 mph	178–208 km/h
	Tropical storm	39–73 mph	63–118 km/h		Category 4	130–156 mph	209–251 km/h
	Category 1	74–95 mph	119–153 km/h		Category 5	≥157 mph	≥252 km/h
	Category 2	96–110 mph	154–177 km/h		Unknown		



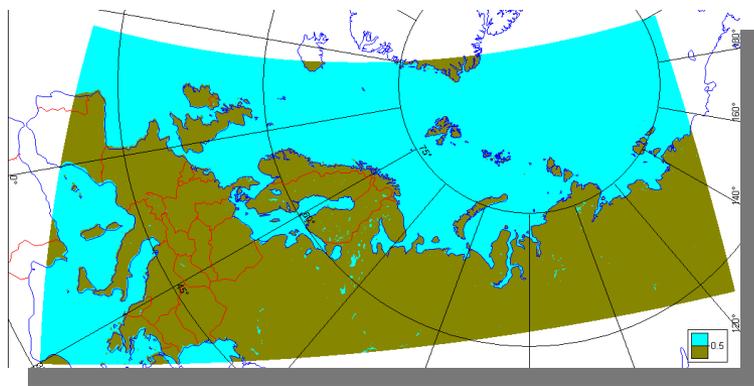
Location and pressure in the center of the cyclone were predicted quite accurately

Lead time 0ч. от 00:00 06 июл 2014 (UTC+0)

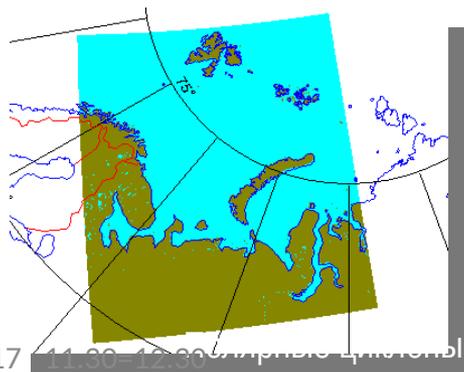
— H500



- ENA (Europe – North Asia)
- $\Delta x = \Delta y = 13,2 \text{ km}$, $\Delta t = 120 \text{ s}$
- 1000 × 500 grid points



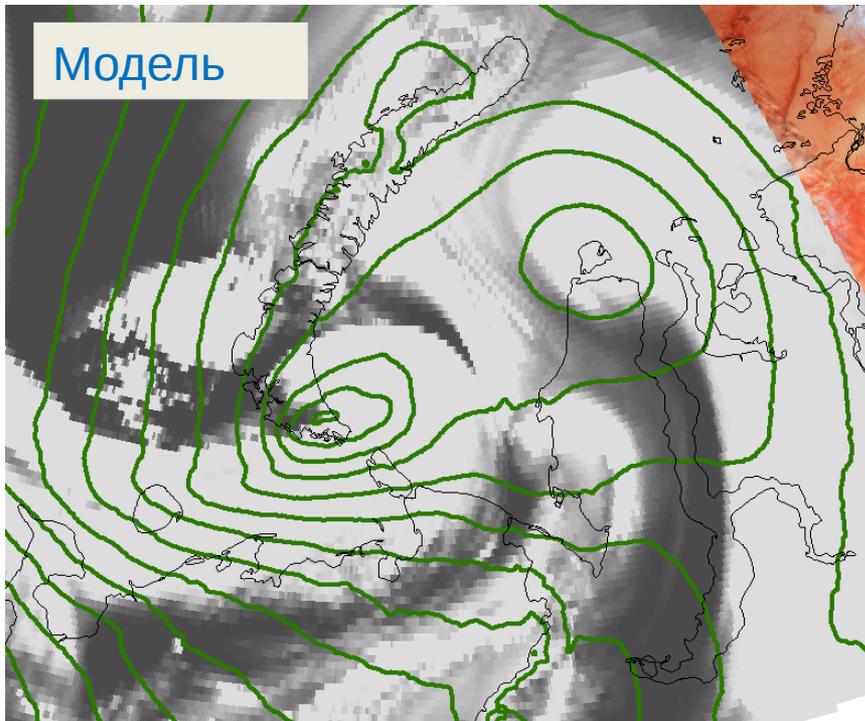
- PENA (Polar Europe – North Asia)
- $\Delta x = \Delta y = 6,6 \text{ km}$, $\Delta t = 30 \text{ s}$
- 1200 × 540 grid points



- BKS (Barentchevo – Karskoe Sea)
- $\Delta x = \Delta y = 2,2 \text{ km}$, $\Delta t = 10 \text{ s}$
- 1000 × 1100 grid points

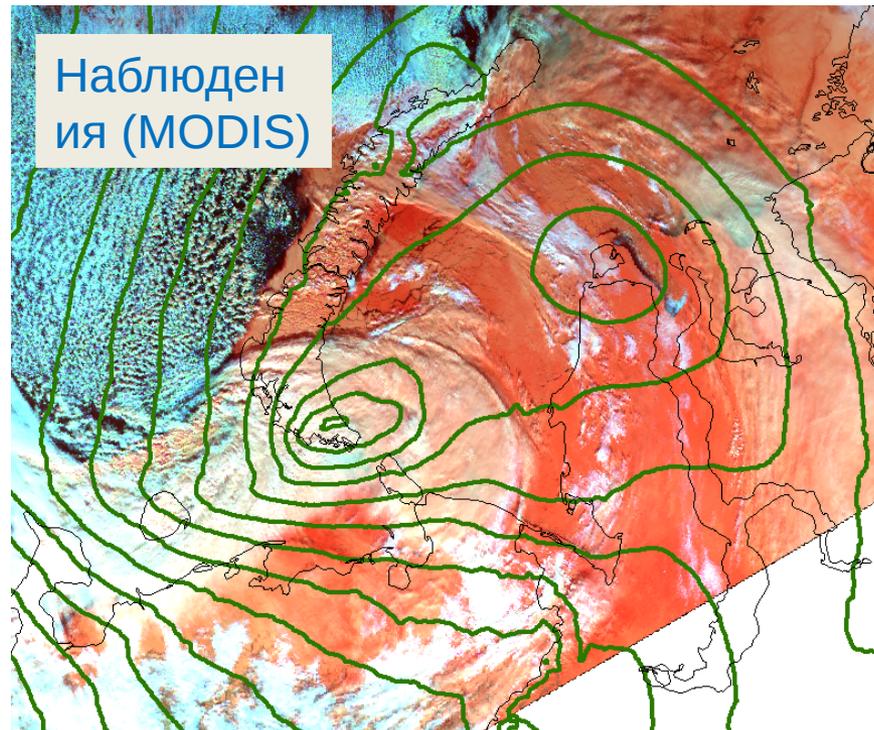
Верификация COSMO-Ru по спутниковым данным

Модель



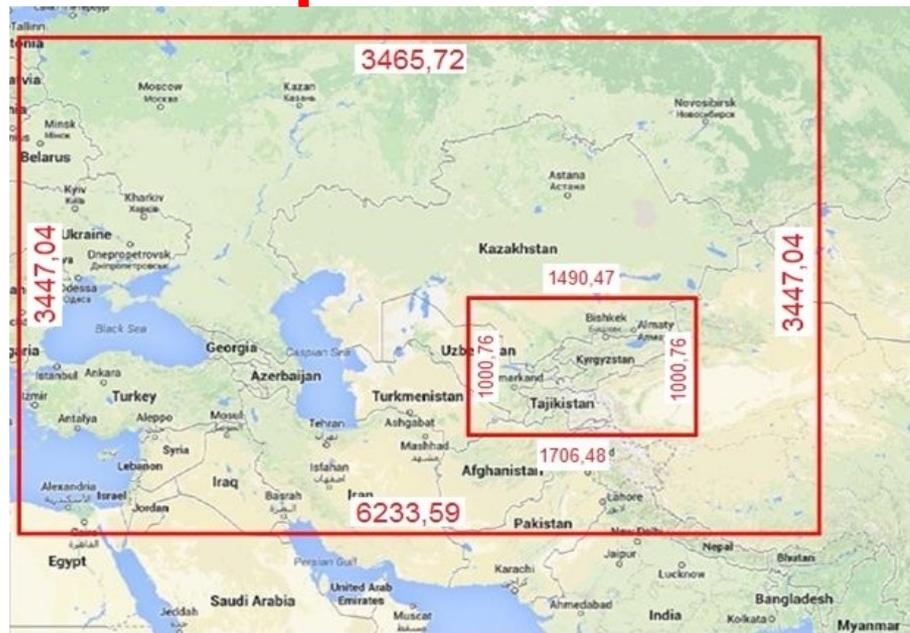
Прогноз от 2014.03.26 00 UTC на 07:45 (приземное давление, облака среднего яруса)

Наблюдения (MODIS)



Модель COSMO реалистично воспроизводит облачность в полярных циклонах

Проект ВМО и МБ для 4-х стран ЦА



Красные прямоугольники –
предлагаемый целевой домен
для SWFDP-Центральная Азия и суб-домен
(стр. 16 Проекта)

Черный и голубой четырехугольники –
минимальные целевые домены COSMO-CAS
для SWFDP-Центральная Азия

500×375 при $\Delta x = 6.6$ км \Rightarrow 3300×2475 км,

230×160 при $\Delta x = 6.6$ км \Rightarrow 1050×2475 км,

- ❑ **Работа по планам Росгидромета**
- ❑ **Работа по перспективным планам консорциума COSMO**
- ❑ **Метеобеспечение специальных периодов**
 - **Казань-2013, Летняя Универсиада**
 - **Сочи-2014, Зимние Олимпийские игры**
 - **Дальний Восток -2016, Россия –Китай: двухстороннее сотрудничество**
 - **Алматы-2017, Зимняя Универсиада**
 - **PyeongChang-2018, Зимние Олимпийские игры**
 - **Красноярск-2019, Зимняя Универсиада**
- ❑ **Работа по проектам РНФ, хоздоговора**



Приоритетный проект CORSO консорциума COSMO Руководители: Г.С.Ривин, И.А.Розинкина

**COSMO Priority Project
CORSO
(2012-2014) :**
**Consolidation of
Operation and
Research results for the
Sochi
Olympic Games**



Цель проекта:

Объединить , реализовать и продемонстрировать возможности оперативных технологий по краткосрочному численному прогнозированию погоды стран консорциума на базе модели COSMO для зимних условий горной местности для практического использования результатов в ходе метеообеспечения Зимней Олимпиады 2014 г.

(создать прототип новой технологии мезомасштабного прогнозирования)

Участники: Россия, Германия, Швейцария, Италия, Греция

Координация: Россия





CORSO: проект консорциума

COSMO

НАПРАВЛЕНИЕ 1. Моделирование с высоким разрешением для горных районов

(Рук. Г.С. Ривин)

- 1.1. Усовершенствование технологий детерминистского прогнозирования погодных условий с разрешением модели 2x2 км для Северо-Кавказского региона
- 1.2. Развитие COSMO—RU-SO с шагом 1 км

НАПРАВЛЕНИЕ 2. Даунскайлинг - постпроцессинг и приложения

(Рук. И.А. Розинина)

- 2.1. Развитие адаптированных техник даун-скейлинга для зимних горных условий с учетом требований МОК
- 2.2. Выявление типичных ошибок моделей для типичных метеорологических-синоптических условий

НАПРАВЛЕНИЕ 3. Развитие и адаптация системы COSMO-EPS для региона Сочи

(Рук. Е.Д. Астахова,

А.Монган)

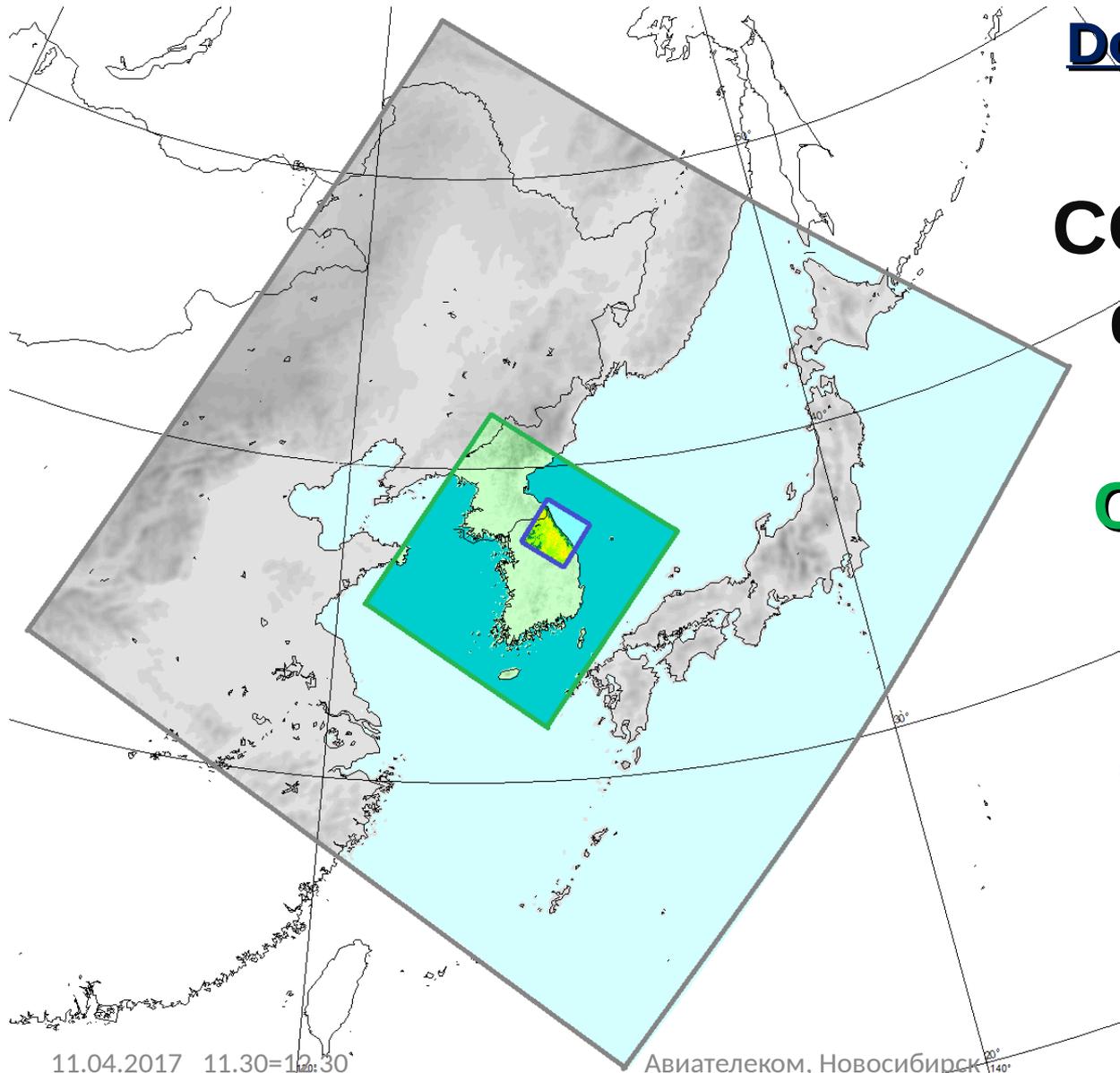
- 3.1. Адаптация COSMO LEPS 7 к региону Сочи 2014 и требованиям МОК. Обеспечение оперативными ансамблевыми прогнозами в периоды соревнований
- 3.2. Развитие и адаптация COSMO-RU-LEPS 2.2 к региону Сочи (с условиями на границах из COSMO LEPS 7



COSMO-Ru system for PyeongChang 2018

COSMO model setting

	COSMO-ICE66	COSMO-ICE16	COSMO-ICE04
Domain	2770 x 2770 km 420 x 420 grid points	825 x 825 km 500 x 500 grid points	180 x 180 km 400 x 400 grid points
Grid spacing	6.6 km	1.65 km	0.45 km
Number of vertical levels	40	50	80
Time step	60 s	12 s	3 s
Forecast lead time	60 h	48 h	24 h
Driven model	ICON	COSMO-ICE66	COSMO-ICE16
Initial and boundary conditions update	3h	1 h	1h → 15'



Domains for NWP

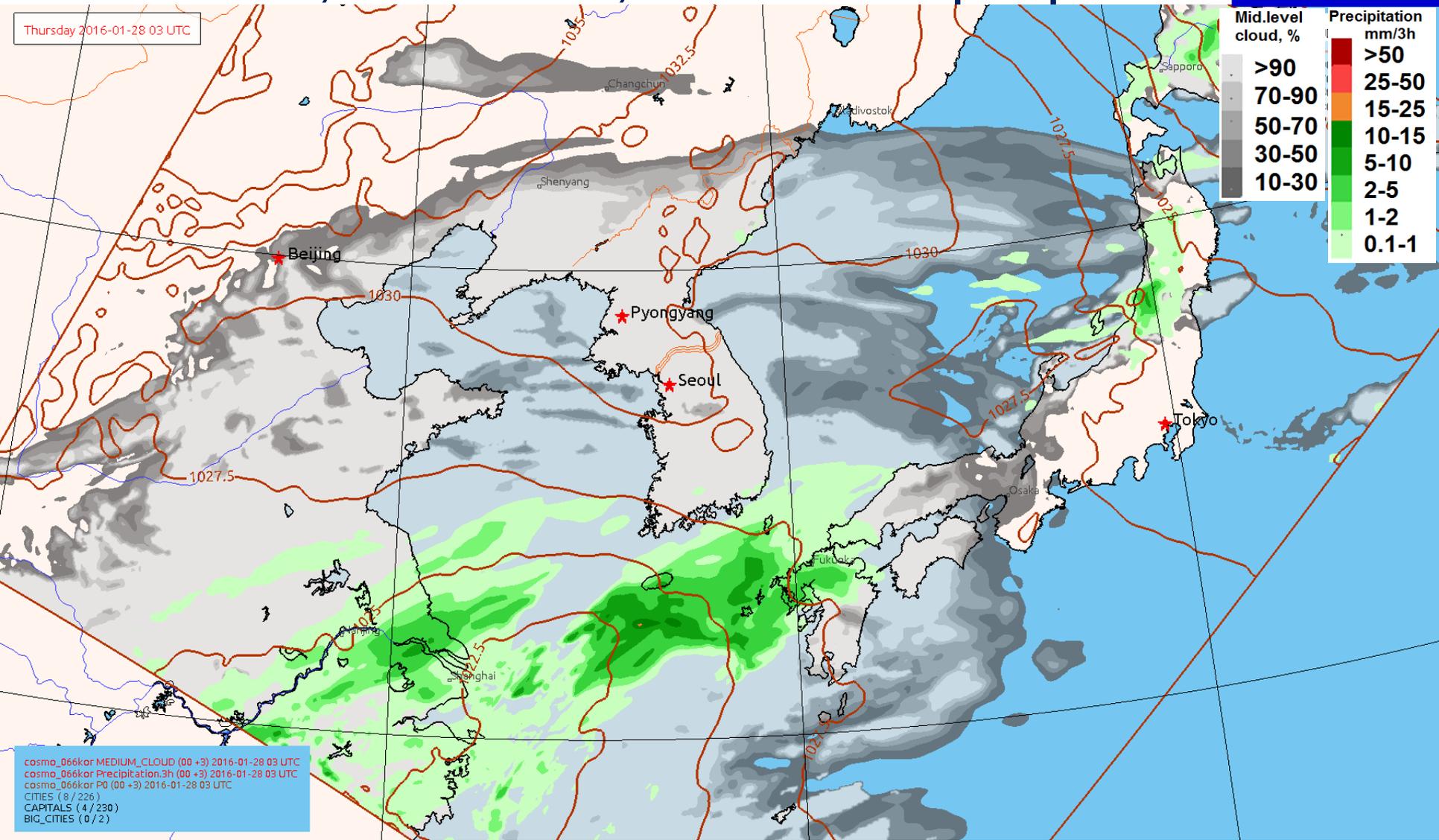
COSMO-ICE66
dx = 6.6 km

COSMO-ICE16
dx = 1.65 km

COSMO-ICE04
dx = 0.445 km

Snow event on January 29-30, 2016

COSMO-ICE66 forecast from 28.01.2016, 00 UTC + 60 h
 Pmsl, Midlevel cloud, 3h accumulated precipitation. **dx = 6.6 km**

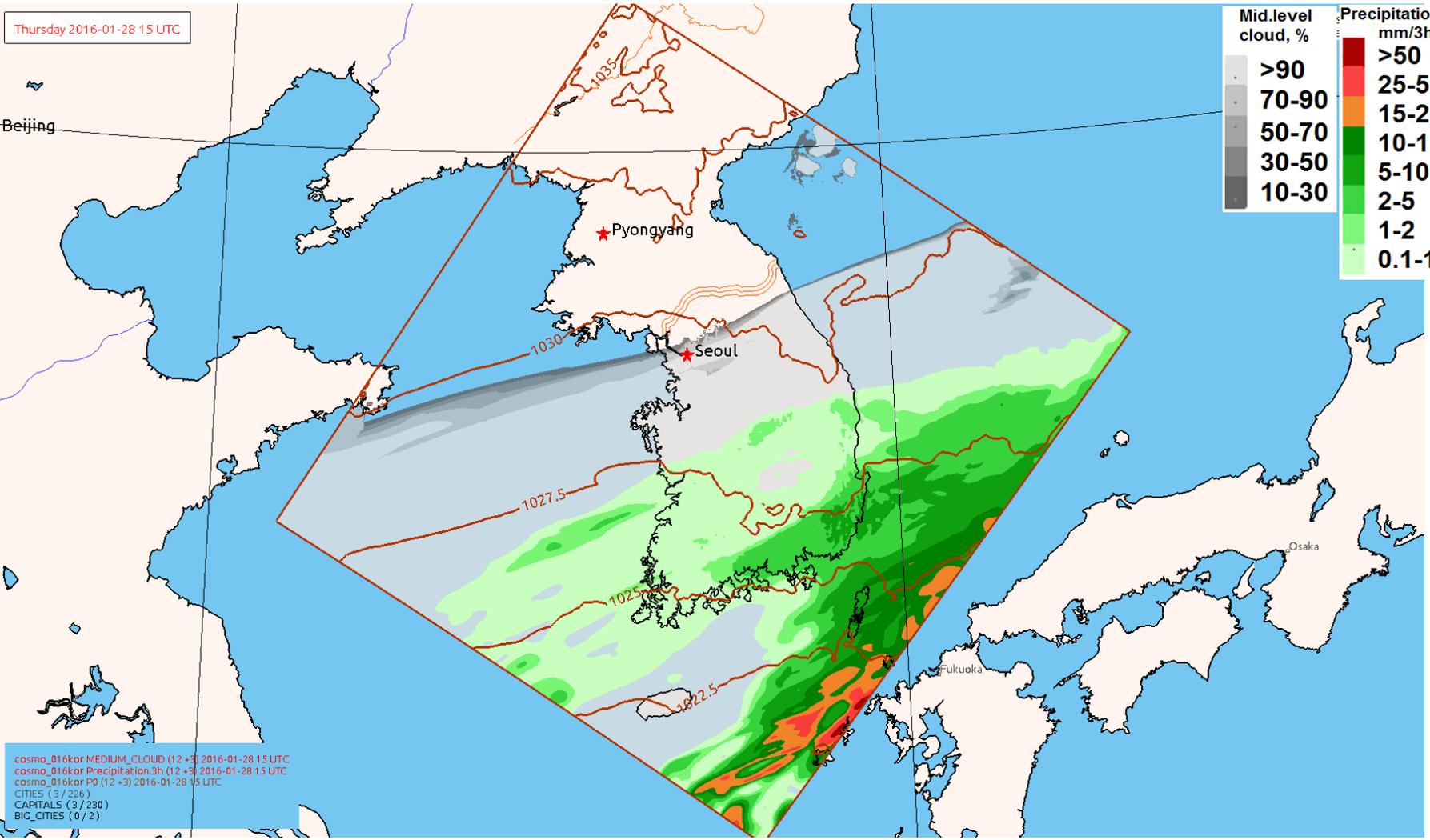


Snow event on January 29-30, 2016

COSMO-ICE16 forecast from 28.01.2016, 00 UTC + 48 h
 Pmsl, Midlevel cloud, 3h accumulated precipitation.

dx = 1.65 km

Thursday 2016-01-28 15 UTC



cosmo_016kor MEDIUM_CLOUD (12 +3) 2016-01-28 15 UTC
 cosmo_016kor Precipitation.3h (12 +3) 2016-01-28 15 UTC
 cosmo_016kor PO (12 +3) 2016-01-28 15 UTC
 CITIES (3 / 226)
 CAPITALS (3 / 230)
 BIG_CITIES (0 / 2)

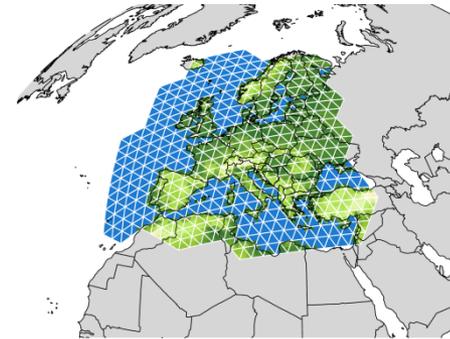


Часть 4. ICON-LAM



ICON

Recent model improvements and current status of the limited-area mode



Günther Zängl, on behalf of the ICON development team

CCIA User Seminar, Offenbach, 07.03.2017



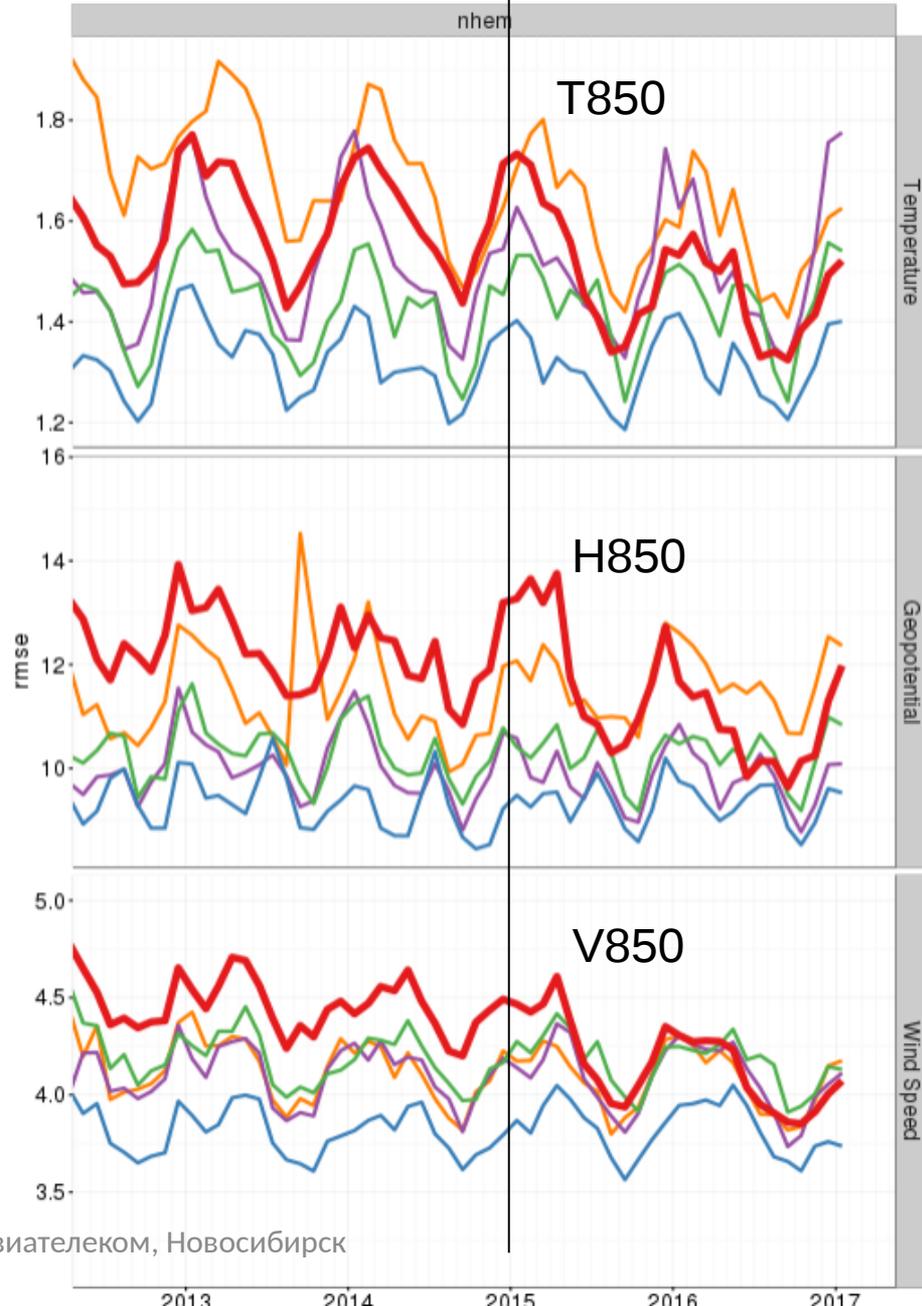
WMO verification against radiosondes

Comparison between DWD and other global NWP centers

RMS errors of temperature, geopotential and wind speed at 850 hPa, lead time 36 h, northern hemisphere

WMO verification against observations
lead-time: 36h
valid-time: 12UTC
level: 850hPa

GME ICON



UK
Japan
France
DWD
ECMWF

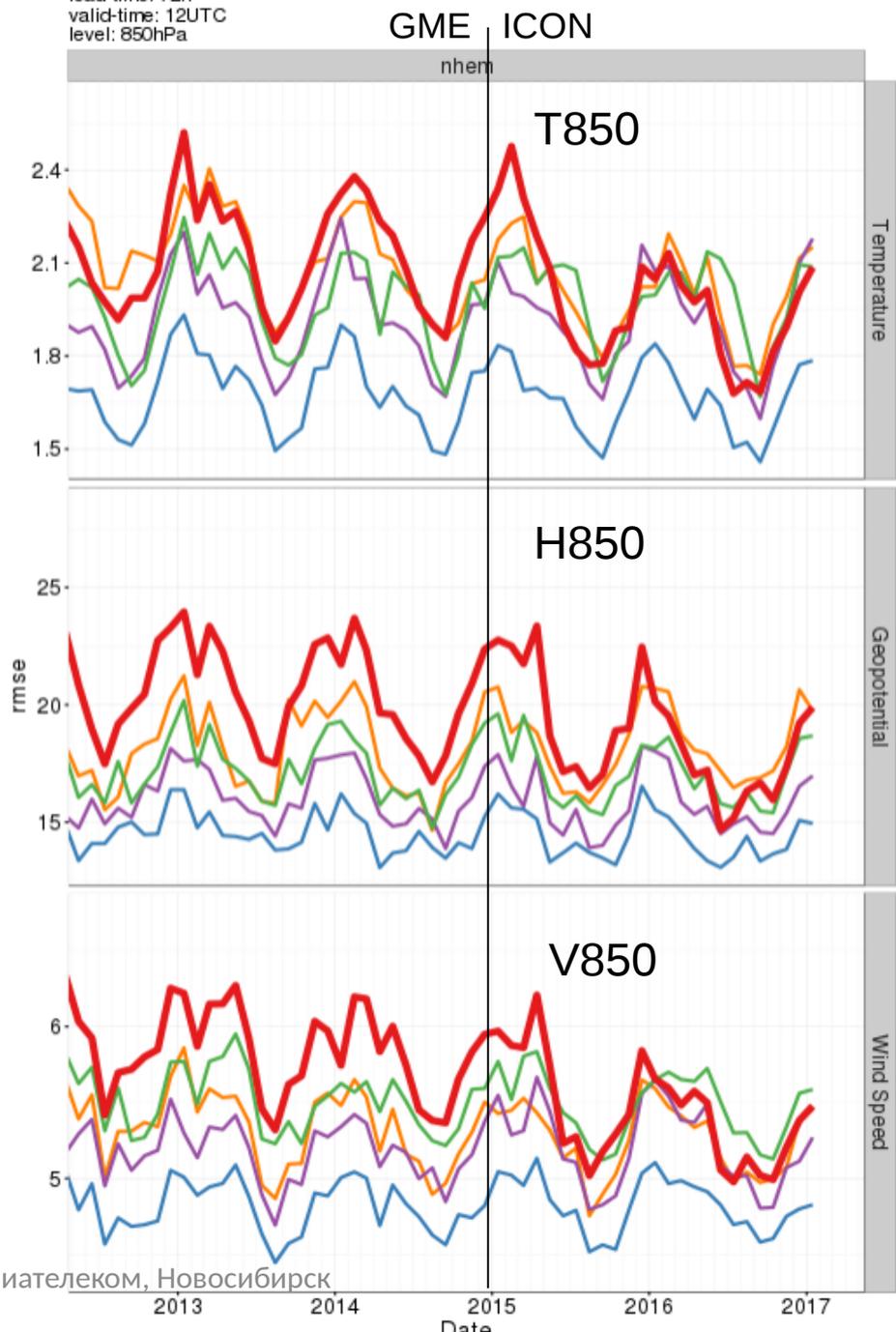
Japan
DWD
FRANCE
UK
ECMWF



WMO verification against radiosondes

Comparison between DWD and other global NWP centers

RMS errors of temperature, geopotential and wind speed at 850 hPa, lead time 72 h, northern hemisphere



UK
Japan
France
DWD
ECMWF

Japan
DWD
France

JAPAN
U-KINGDOM
FRANCE
ECMWF
GERMANY

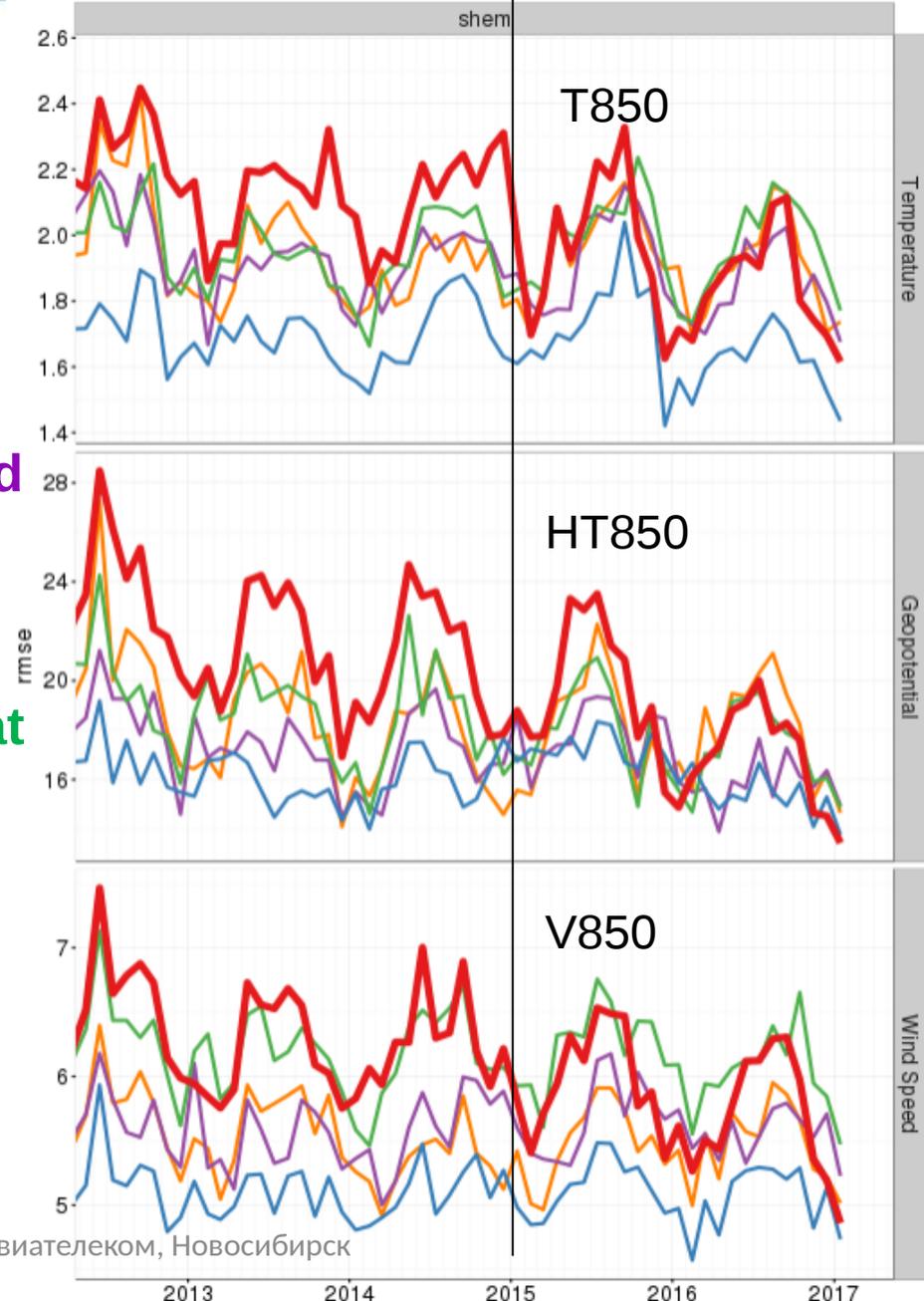
UK
ECMWF

France
Japan
DWD
UK
ECMWF



WMO verification against observations
lead-time: 72h
valid-time: 12UTC
level: 850hPa

GME ICON



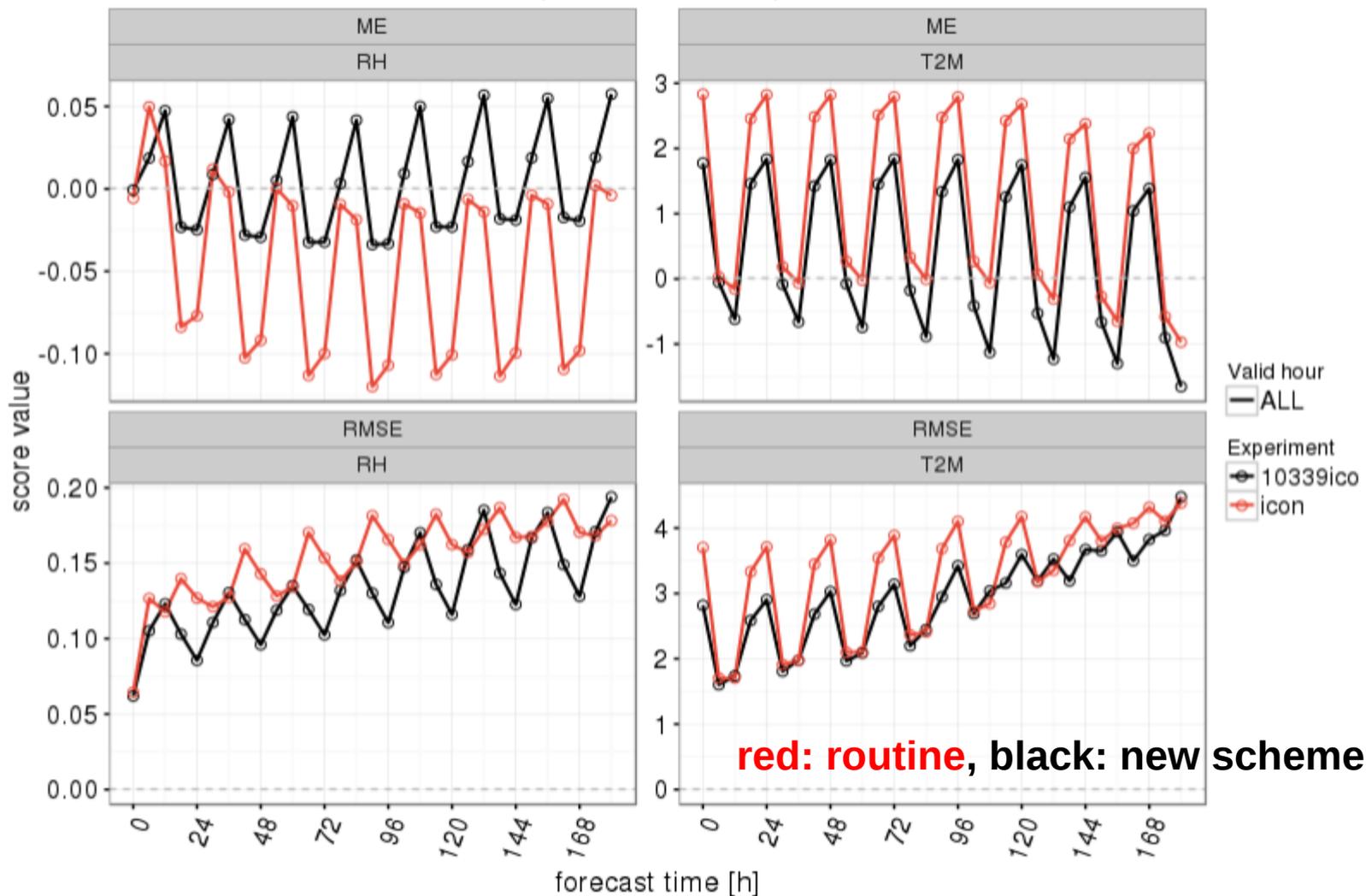
WMO verification against radiosondes

Comparison between DWD and other global NWP centers

RMS errors of temperature, geopotential and wind speed at 850 hPa, lead time 72 h, southern hemisphere

Impact of new bare soil evaporation scheme: RH and T @ 2m, SW-Siberia, September 2016

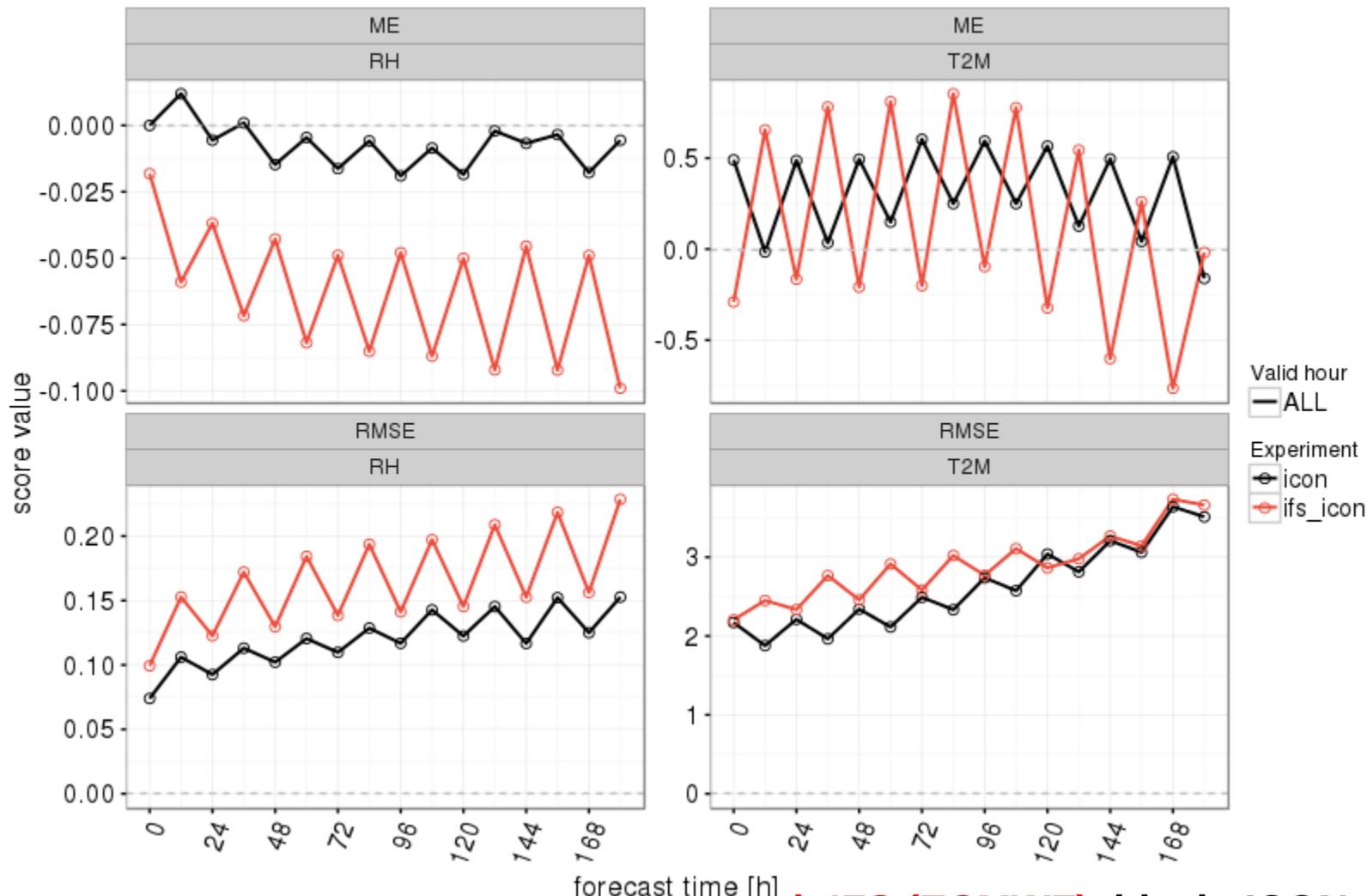
2016/09/01-00UTC - 2016/09/30-18UTC
INI: 00 UTC, DOM: S-W Siberia, STAT: ALL



ECMWF is not always better than ICON:

RH and T @ 2m, Central Europe, December 2016

2016/12/01-00UTC - 2016/12/31-12UTC
INI: 00 UTC, DOM: CDE, STAT: ALL

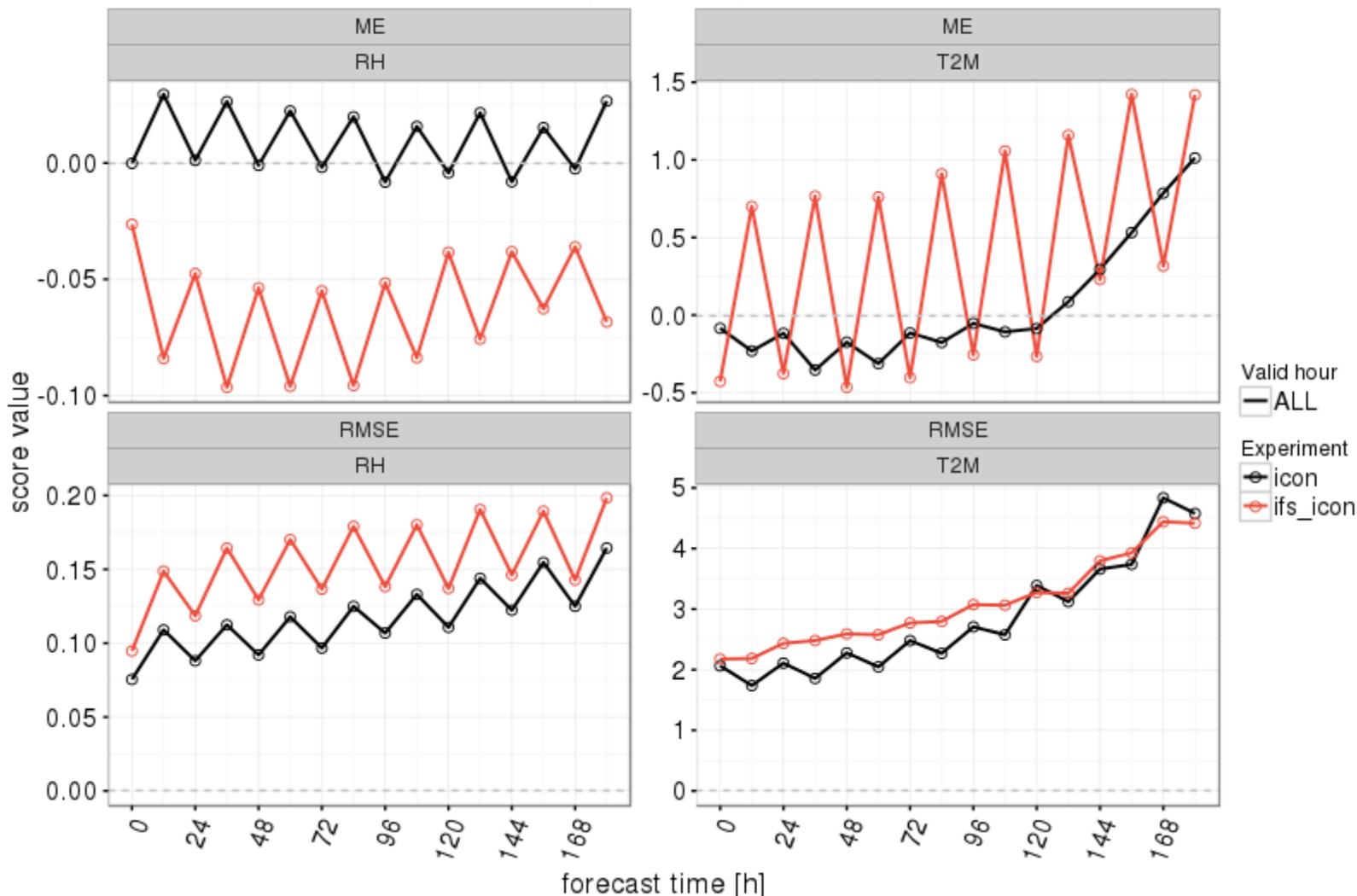


ECMWF is not always better than ICON:

RH and T @ 2m, Central Europe, January 2017

2017/01/01-00UTC - 2017/01/31-12UTC

INI: 00 UTC, DOM: CDE, STAT: ALL



Status of ICON-LAM (limited-area mode)

technical aspects

- Model grid needs to be precomputed with grid generator
- Preprocessing tool 'remapicon' executes only horizontal interpolation from source data to ICON grid
- Initial and boundary data from ICON, COSMO and IFS are supported
- Vertical interpolation is done within ICON; thus, changing the setup of the vertical grid does not require rerunning remapicon
- Boundary data can be read asynchronously with prefetching on a dedicated processor

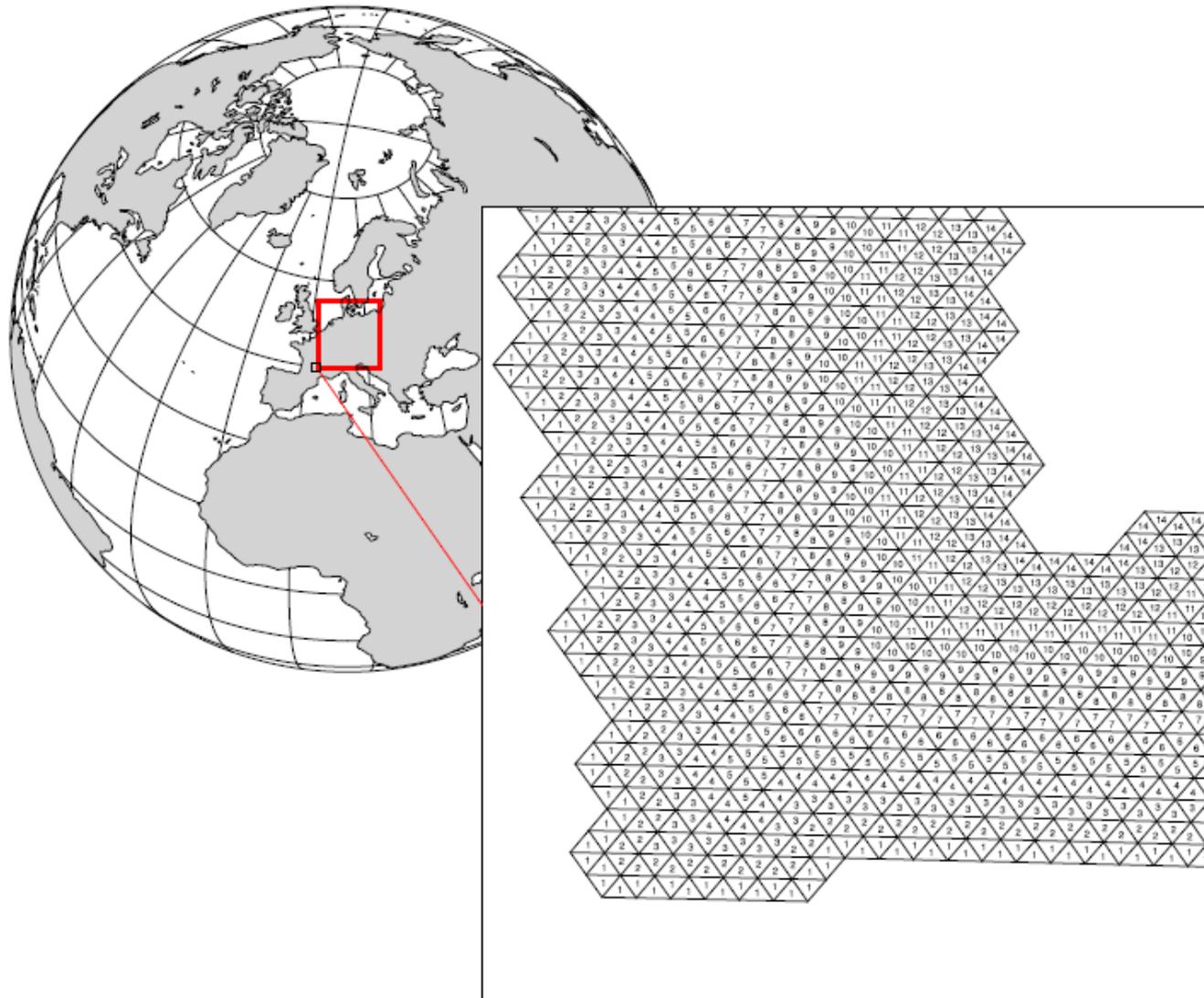


Status of ICON-LAM (limited-area mode)

technical aspects

- ➔ **Boundary data can be restricted to stripes along the lateral boundaries, covering the interpolation and nudging zones (COSMO model always requires data for full domain)**
- ➔ **Apart from boundary data supply, the limited-area mode is technically nearly identical to one-way nesting, where boundary data are updated at each model time step**
- ➔ **This implies that no physics parameterizations are active in boundary interpolation zone; model output can be masked there**
- ➔ **Nesting (one-way or two-way) can be combined with limited-area mode**

Illustration of 'stripe-grid' used for supply with lateral boundary conditions





Status of ICON-LAM (limited-area mode) data assimilation

- Unlike the COSMO-model, no built-in nudging data assimilation is available (3D-Var / EnKF DA is separate code package)
- Instead, the forward operators needed to couple ICON with KENDA will be provided by interfacing ICON with DWD's DACE (Data Assimilation Coding Environment)

Research application: HErZ NARVAL

II HD(CP)²

ICON-LAM (Initial state: ECMWF analysis; LBC: ECMWF forecast)
Convection over the tropical Atlantic ocean, 17 Aug 2016

Domain I: $\Delta = 2.48$ km; $\Delta t = 24$ s 10°S to 20°N; 68°W to 15°E

Domain II (two-way nested): $\Delta = 1.24$ km; $\Delta t = 12$ s; 4°S to 18°N; 64°W to 12°E
<https://goo.gl/bYfIZT>

75 model layers with model top at 30 km

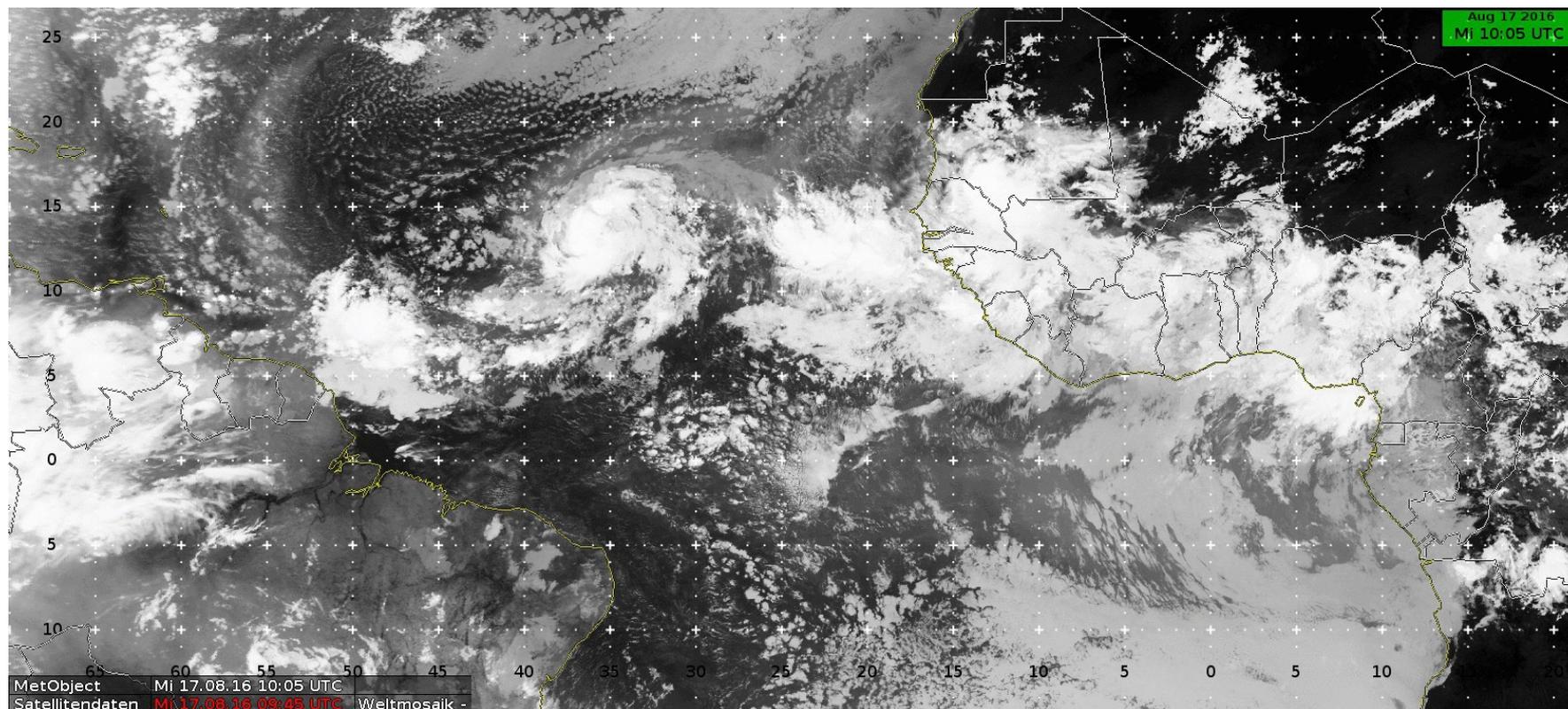
Model runs are performed at ECMWF on a Cray XC40;

Broadwell processors; 1440 MPI-processes, 12 threads; 17280 cores;

36-h forecasts in 5600 sec; 2 TByte output / run.

Daniel Klocke (DWD), Matthias Brueck (MPI-M)

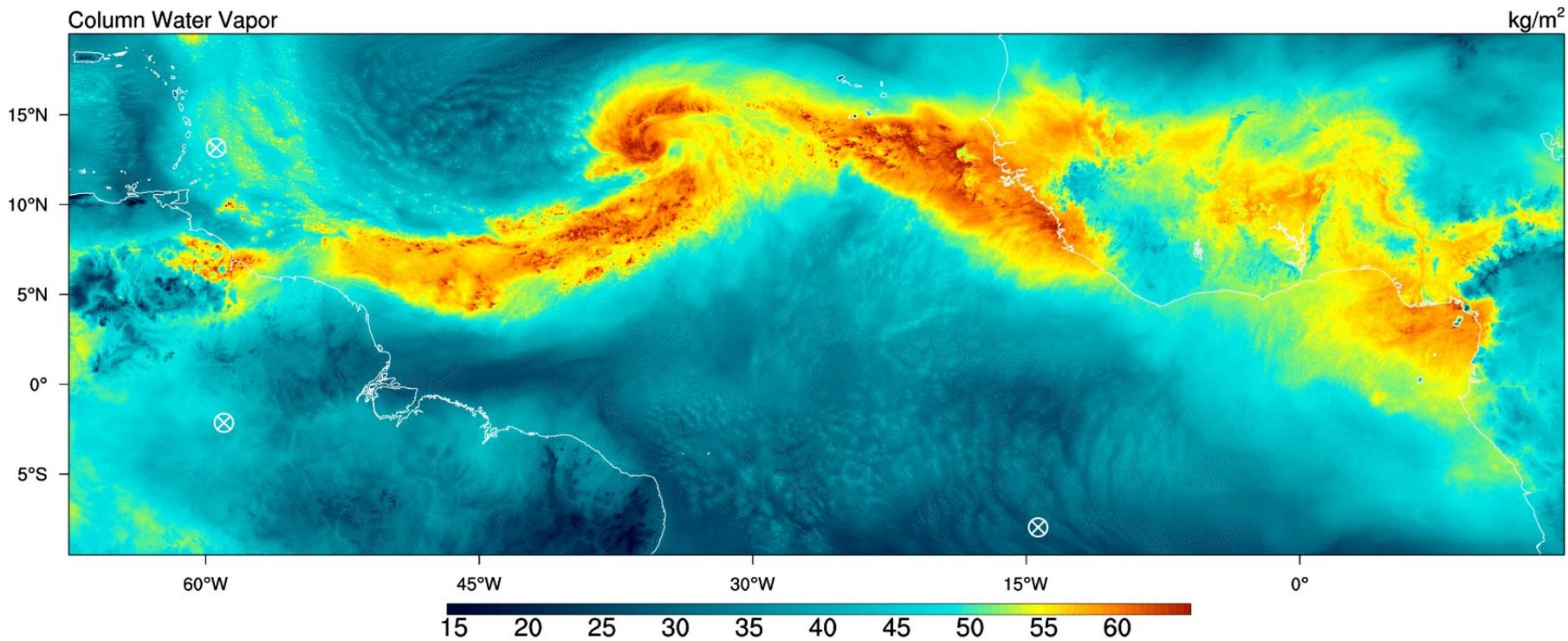
Tropical cyclone FIONA



Daniel Klocke (DWD), Matthias Brueck (MPI-M)

Tropical cyclone FIONA

ICON HErZ - NARVAL-II - HD(CP)² Simulations: 20160817 +10.0h

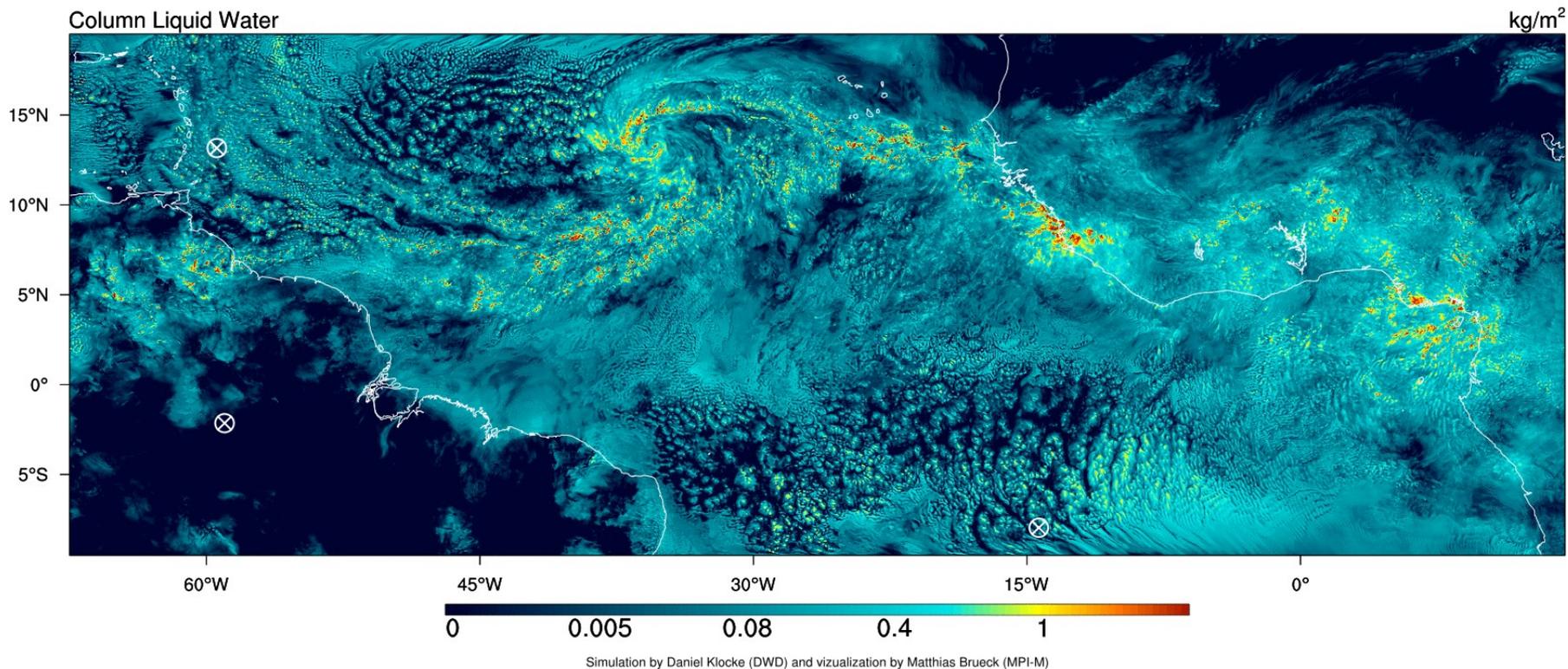


Simulation by Daniel Klocke (DWD) and visualization by Matthias Brueck (MPI-M)

Daniel Klocke (DWD), Matthias Brueck (MPI-M)

Tropical cyclone FIONA

ICON HERZ - NARVAL-II - HD(CP)² Simulations: 20160817 +10.0h

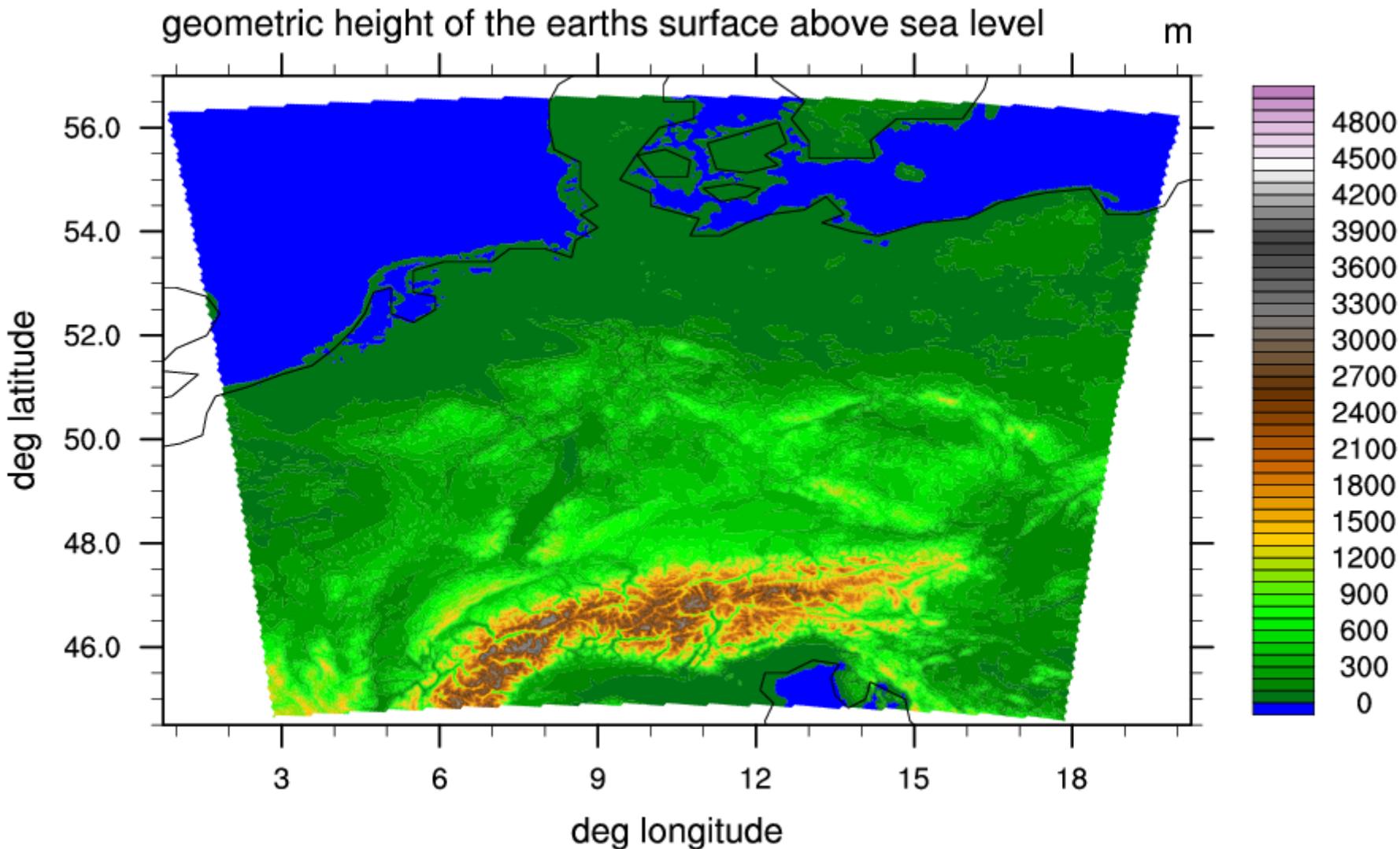


Daniel Klocke (DWD), Matthias Brueck (MPI-M)



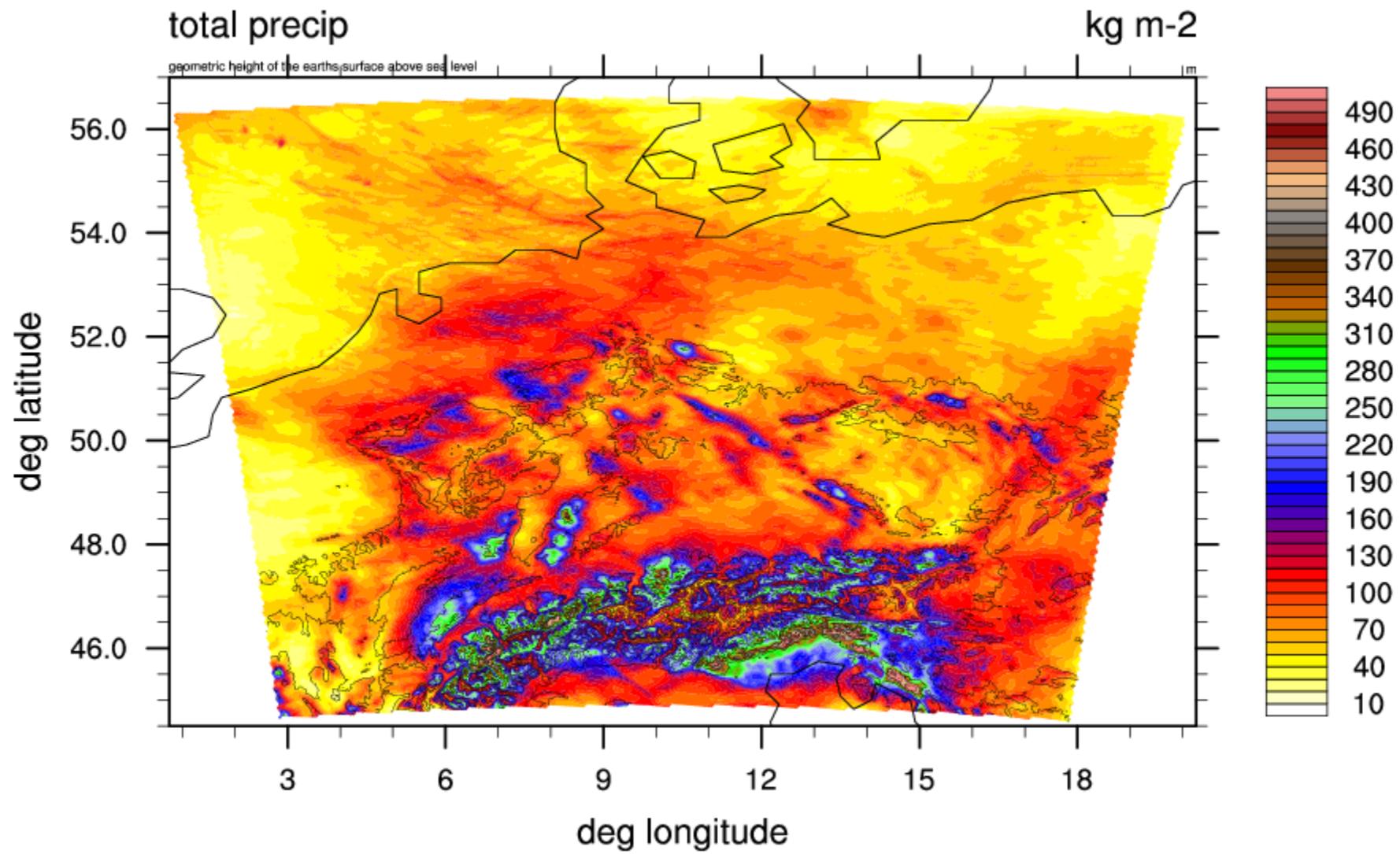
Comparison between 'ICON-DE' and COSMO-DE

- Hindcast experiment for February 2016, initialized with interpolated data from ICON-EU and driven with lateral boundary conditions from the ICON-EU assimilation cycle
- Mesh size 2.5 km for ICON, 2.8 km for COSMO-DE, domain configuration nearly identical to that of COSMO-DE
- Computing time about 70% of COSMO-DE despite slightly higher resolution





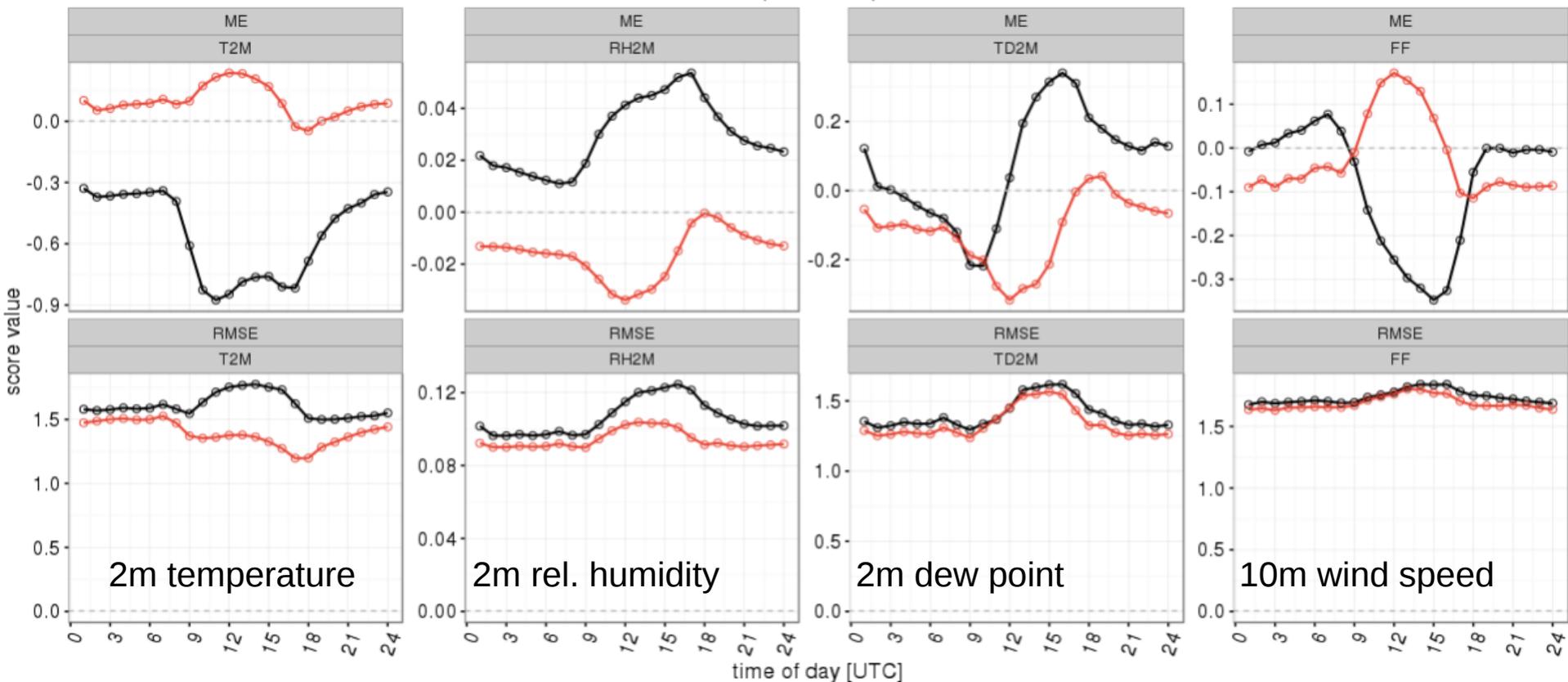
Accumulated precipitation (29 days, mm)





Hindcast experiment COSMO-DE vs. ICON-DE Surface verification for February 2016

2016/02/01-01UTC - 2016/02/28-00UTC
INI: 00 UTC, DOM: ALL, STAT: ALL





Conclusions

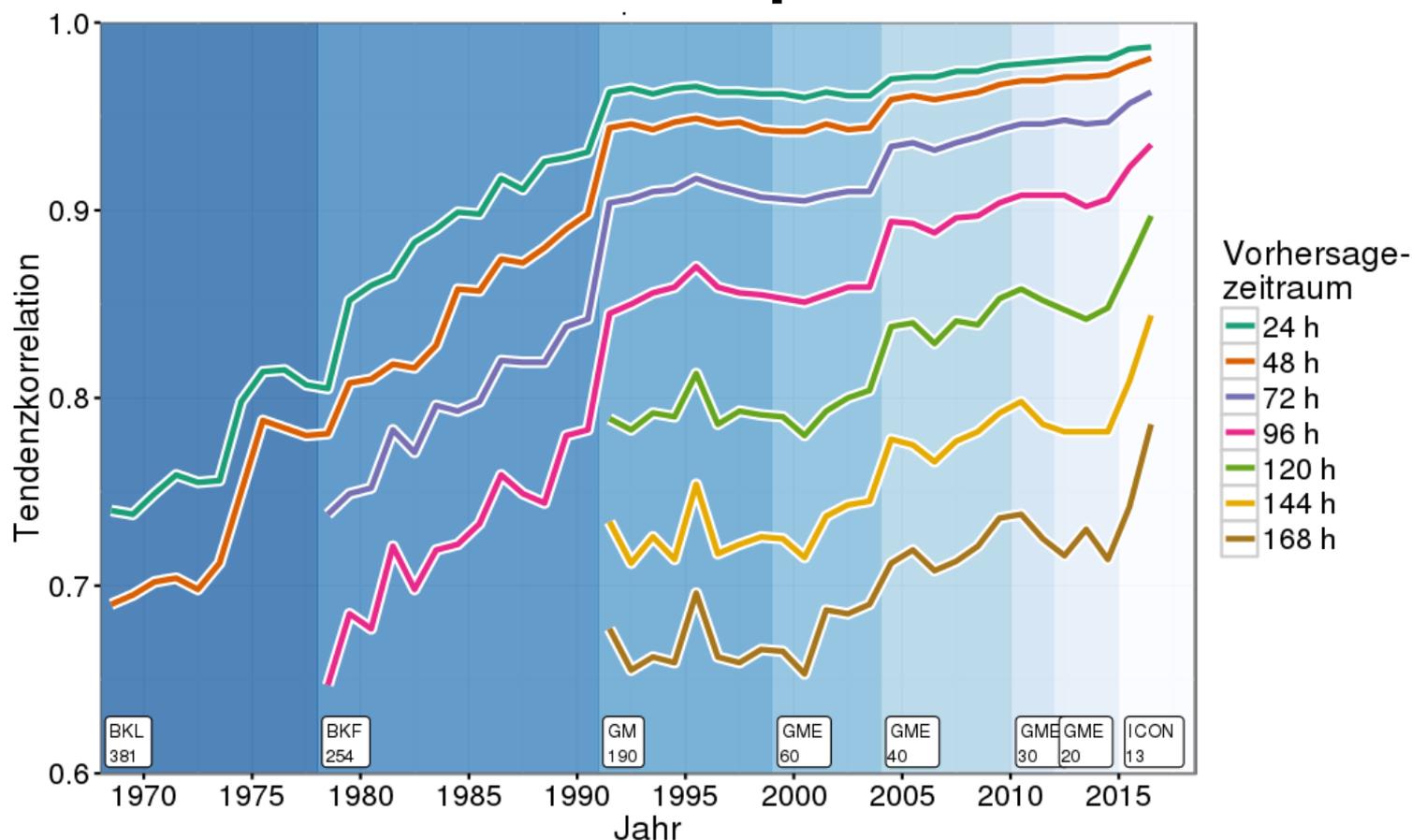
- ➔ **ICON achieved a substantial improvement in forecast quality over GME**
- ➔ **ICON-LAM is ready for use without data assimilation (first training course was last week)**
- ➔ **First comparisons with COSMO-DE already indicate significant improvements, particularly for variables for which COSMO-DE is known to have weaknesses**

COSMO and ICON-LAM



D. Majewski (DWD)

Tendency correlation of surface pressure forecasts from 1968 to 2016 for North Atlantic and Central Europe



ICON features which are important for COSMO-model users

- Mass conservation
- Mass consistent tracer advection
- Stable dycore for steep terrain
- **Up-to-date physics packages**
- One-way and **two-way** nesting options
- **Hybrid MPI / OpenMP parallelization**, highly scalable
- Lateral boundary data in **frame form**, not for full domain

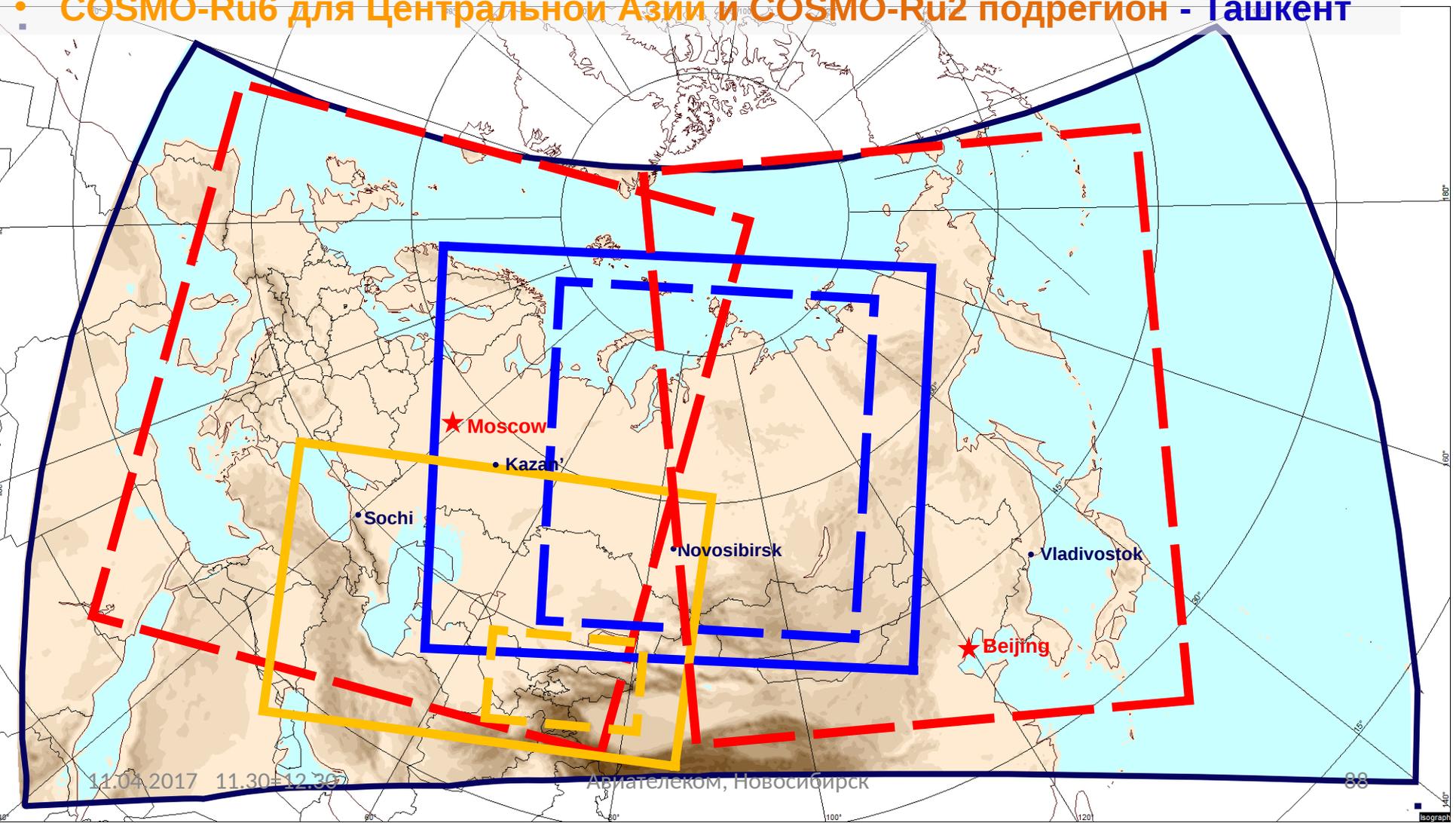
Tentative schedule for COSMO to ICON-LAM migration

- **28 Feb. – 3 March 2017:** ICON-LAM / ICON-ART Training at BTZ Langen
- **March 2017:** ICON-LAM available to all COSMO Partners, licensees, and the COSMO-CLM Community
- **2017 + 2018:** Tests of ICON-LAM (e.g. **PP CDIC** and at licensees, e.g. **Brazil**)
- **2017 + 2018:** Implementation of some observation forward operators into ICON
- **2019 + 2020:** Test of EDA (and EnVar) for ICON-LAM
- **2018 - 2022:** Gradual replacement of the COSMO-model by ICON-LAM at COSMO licensees, COSMO Partners, and the COSMO-CLM Community



План 2017-2019: области прогноза

- COSMO-Ru6 (ENA) - Москва
- COSMO-Ru2 для ЕТР и ДВ - Москва
- COSMO-Ru6 для Сибири и COSMO-Ru2 подрегион - Новосибирск
- COSMO-Ru6 для Центральной Азии и COSMO-Ru2 подрегион - Ташкент





Укрупненная научная задача 1.1.1 (2017-2019) Разработать суперкомпьютерную технологию численного прогноза погоды сверхвысокого разрешения на базе моделей **ICON** и **COSMO** (шаги сетки 1.1 км и менее) (Научный руководитель: Г.С. Ривин, д.ф.-м.н., ФГБУ «Гидрометцентр России»)

Научная задача 1.1.1.1. (2017-2019) Разработать суперкомпьютерную технологию численного прогноза погоды сверхвысокого разрешения на базе моделей **ICON** и **COSMO** по территории северной Евразии (включая всю территорию СНГ) на основе системы **ICON-LAM** с возможностью телескопизации и применения вложенных сеток с шагами от 6.6 км до 500 м и технологию прогнозирования загрязнения воздуха на базе модели **ICON-LAM-ART**. (ФГБУ «Гидрометцентр России»)

Ожидаемый конечный результат

Суперкомпьютерная технология численного прогноза погоды сверхвысокого разрешения на базе моделей **ICON** и **COSMO** (шаги сетки 1.1 км и менее) по территории северной Евразии (включая всю территорию СНГ) на основе системы **ICON-LAM** с возможностью телескопизации и применения вложенных сеток с шагами от 6.6 км до 500 м. Технология прогнозирования загрязнения воздуха на базе модели **ICON-LAM-ART**. (ФГБУ «Гидрометцентр России»)

COSMO-Ru2: усвоение интенсивности осадков по радарным данным методом подталкивания (nudging)

- По радарным данным об отражаемости определяется интенсивность осадков
- По данным об интенсивности осадков определяется величина скрытой теплоты

- Усвоение наблюдаемую интенсивность осадков в модели COSMO-Ru2 с помощью скрытой теплоты

$$\frac{\partial T}{\partial t} = F(T) + \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{LHN}$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{LHN} = (\alpha - 1) \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{LH}, \quad \alpha = \frac{RR_{obs}}{RR_{mod}}, \quad 0.1 \leq \alpha \leq 3$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{LH} = \frac{1}{c_p} \left(\frac{\partial L}{\partial t} \right)_H$$

Развитие системы усвоения данных (СУД) в COSMO-Ru

- С декабря 2014 года в оперативном режиме используется система усвоения для модели COSMO-Ru7, построенная на **методе «подталкивания»**
- Данные усваиваются в 3-часовом интервале: SYNOP, TEMP, AIREP, RASS, SHIP, BUOY
- С апреля 2015 используется СУД для модели COSMO-Ru02CFO.
- Интенсивность осадков на «композитной» карте для ЦФО начала поступать в октябре 2015 года.
- В апреле 2016 года начаты эксперименты по усвоению радарных данных для COSMO-Ru2.



2014-2016: Основные изменения в ICON

- 1.20 Января 2015: Использование в оперативной практике
- 2.Июнь 2015: Применение двухсторонней телескопизации в ICON (6,5 км над Европой и 13 км для остальной Земли)
- 3.Май 2016: Использование в оперативной практике новой системы усвоения

2014-2016: Основные изменения в COSMO-Ru

- 1.Январь 2015: Использование начальных данных из DAS07 в оперативной практике для COSMO-07etr
- 2.Апрель 2015: Использование начальных данных из DAS02 в оперативной практике для COSMO-02cfo
- 3.Февраль 2016: Использование модуля коррекции для DAS07 (mcorr+DAS)
- 4.19 Мая 2016: Изменение настроечных коэффициентов

ICON-LAM -Ru: численные эксперименты (Cray-XC40)

- сетка: шаг **20 км**, R02B07
- шаг по времени: 60 секунд
- время счета: 630 секунд
- прогноз: на **42 час**.
- Распараллеливание **на 25 узлах**:
300 три-поток, 4 нити, 2 гибридные ветки,
всего **2400 ядер**
- запуск задачи –
`aprun -n 300 -N 12 -j 2 -d 4 -m 3g icon`

- запуск задачи yf Cray-XC 40:

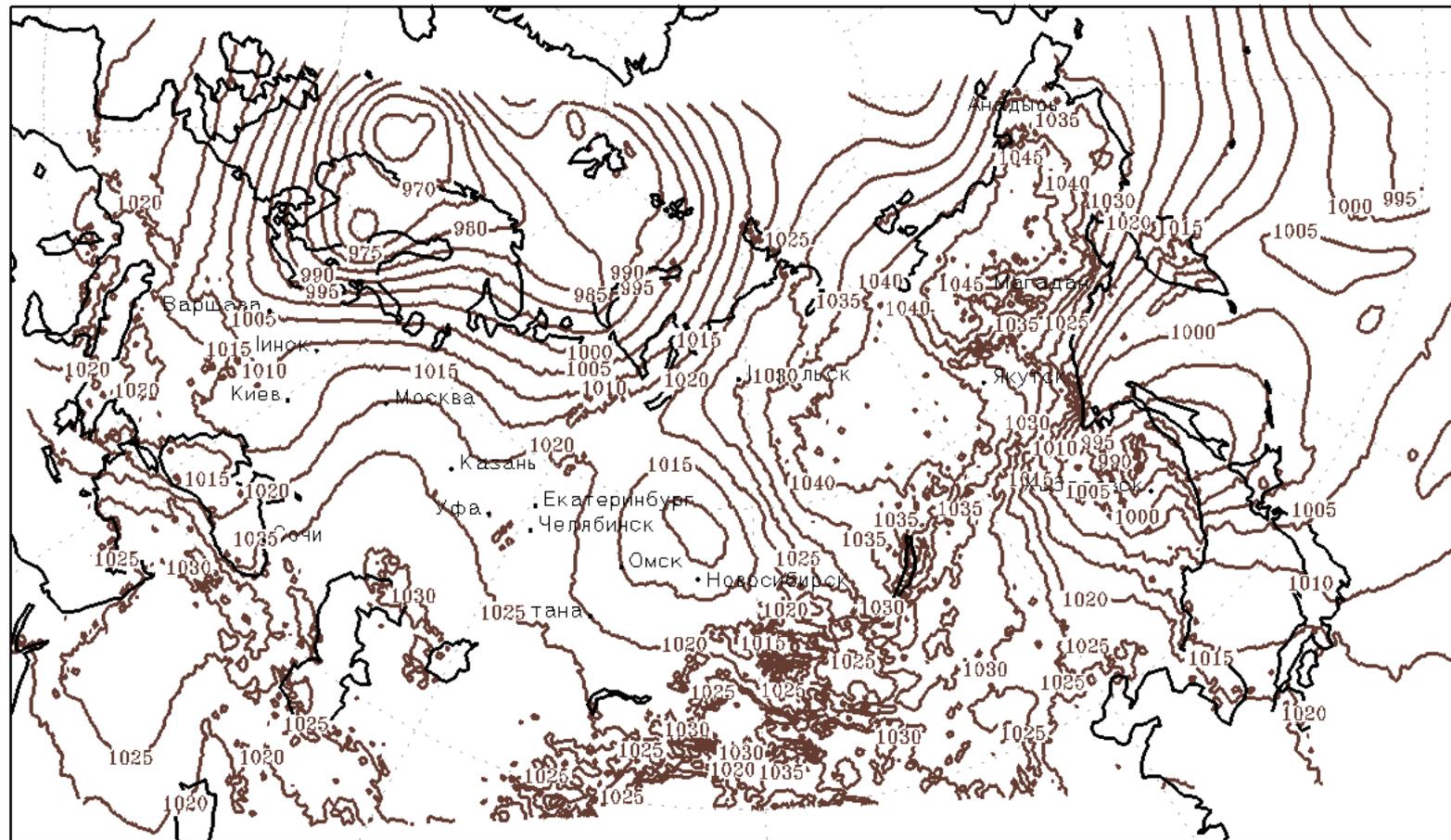
aprun -n 300 -N 12 -d 4 -j 2 -m 3g **icon**

aprun

- n total number of MPI tasks
- N number of MPI tasks/node
- d number of threads/MPI task
- j hyperthreading (enabled=2)
- m memory/task command

aprun -n *total number of MPI tasks*
-N *number of MPI tasks/node*
-d *number of threads/MPI task*
-j *hyperthreading (enabled=2)*
-m *memory/task*
command

03:00 12 янв 2017 (МСК): PMSL

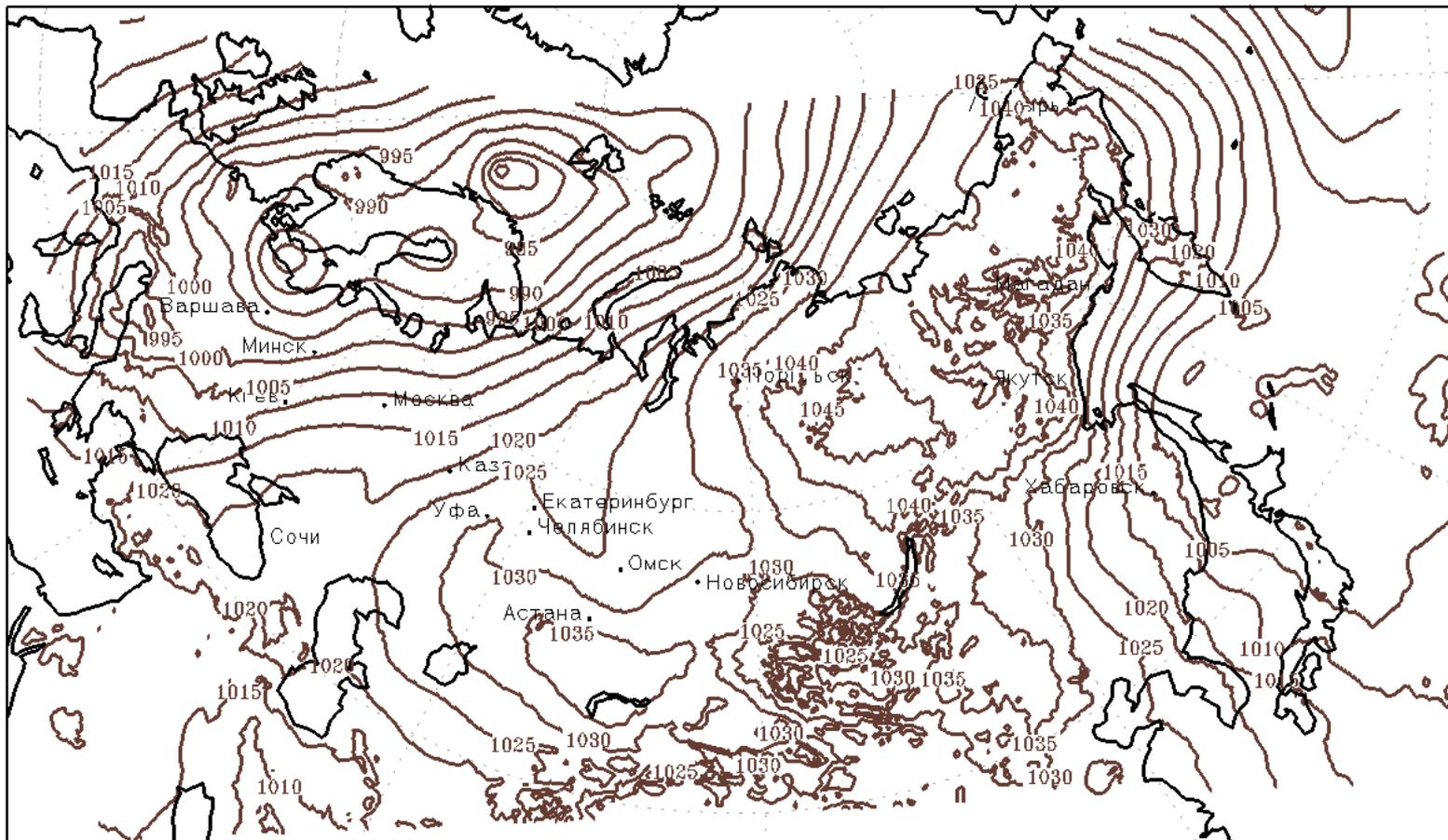


Прогноз на 0ч. от 03:00 12 янв 2017 (МСК)

ICON-LAM 20км

— PMSL [gPa]

21:00 13 янв 2017 (МСК): PMSL

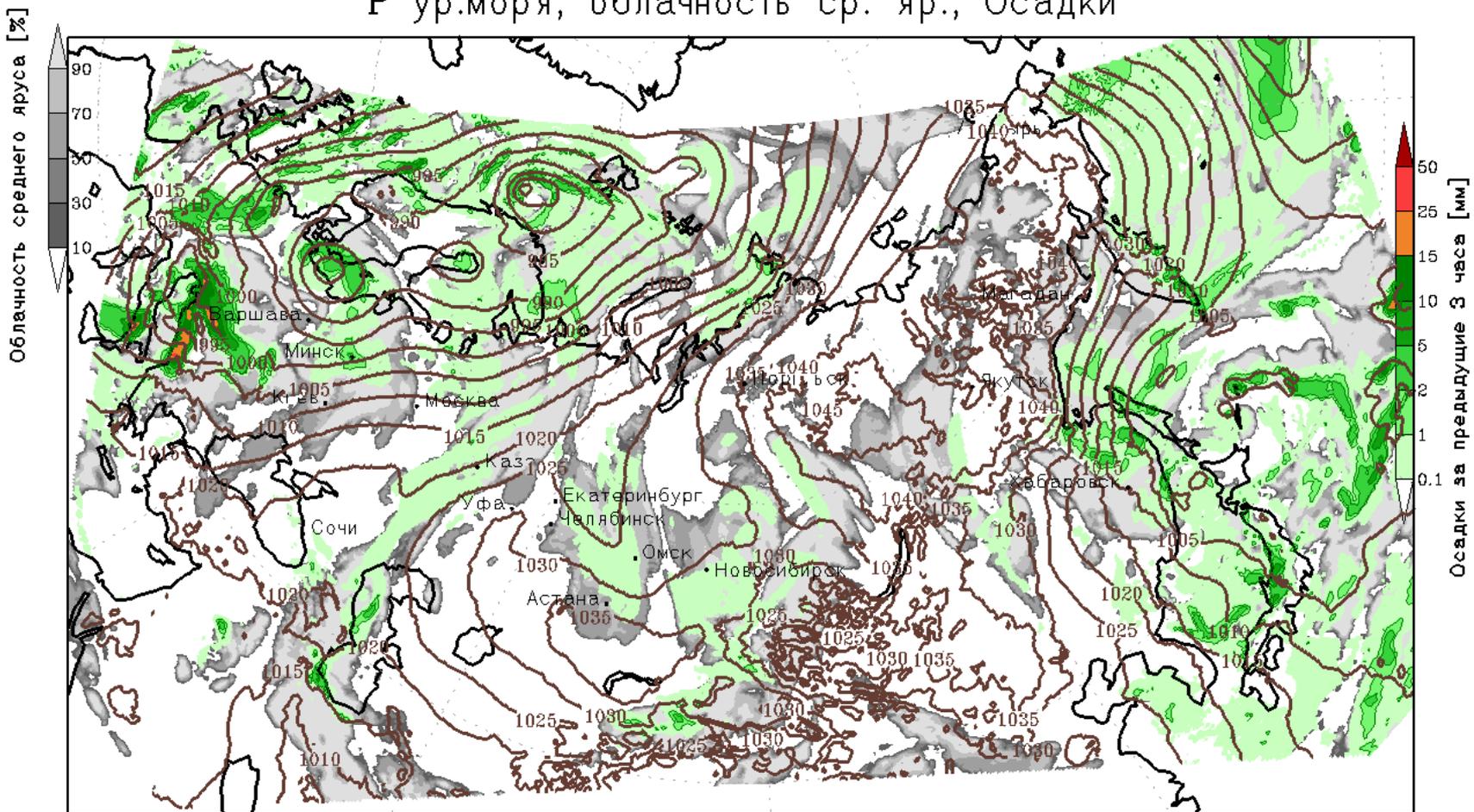


Прогноз на 42ч. от 03:00 12 янв 2017 (МСК)

ICON-LAM 20км

— PMSL [gPa]

21:00 13 янв 2017 (МСК):
Р ур. моря, облачность ср. яр., Осадки

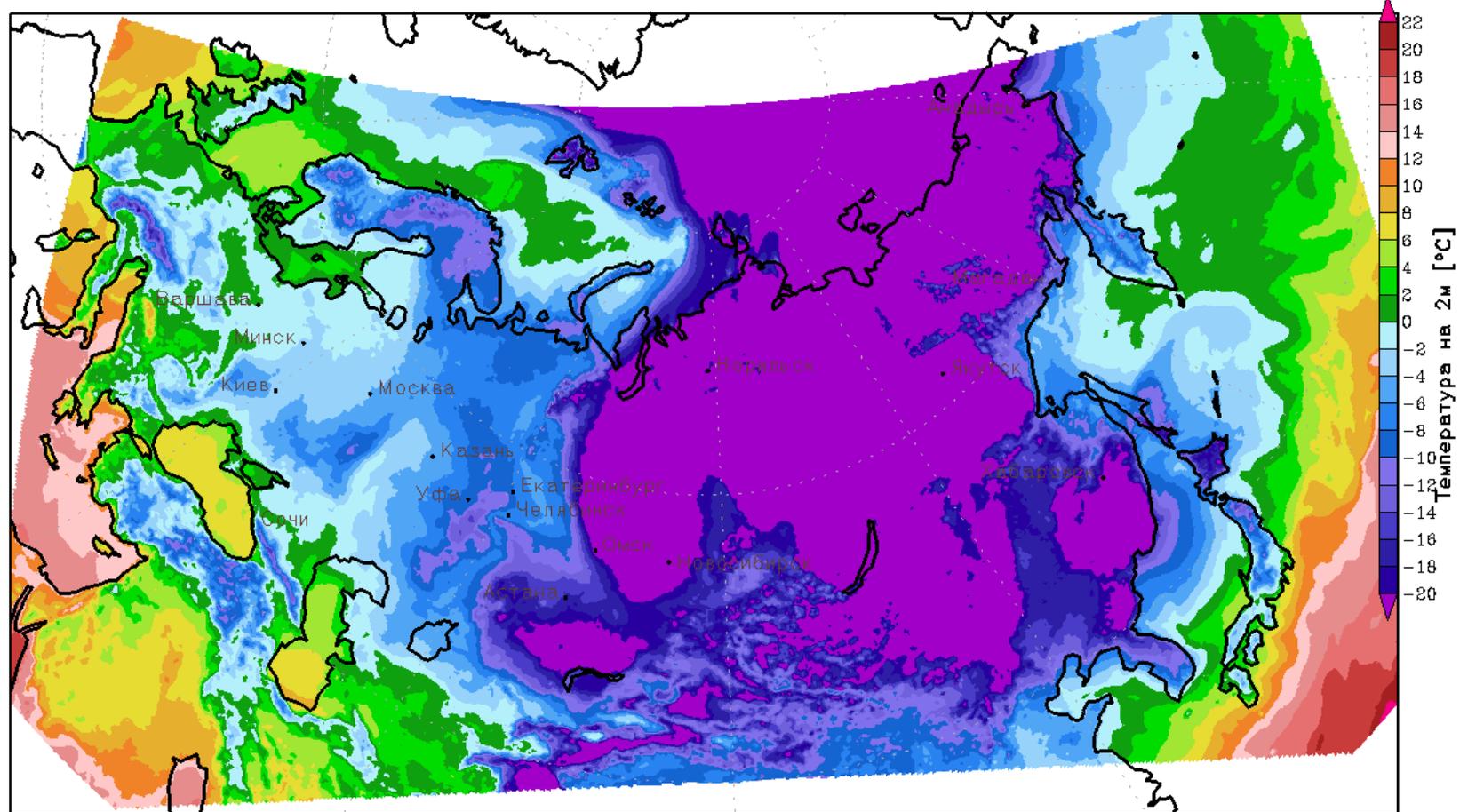


Прогноз на 42ч. от 03:00 12 янв 2017 (МСК)

ICON-LAM 20км

— Давление на уровне моря

21:00 13 янв 2017 (МСК): T2м



Прогноз на 42ч. от 03:00 12 янв 2017 (МСК)

ICON-LAM 20км



Часть 5.

AVIA



В настоящее время для Авиателекома на основе численных прогностических моделей атмосферы проводится:

- 1.подготовка и выпуск авиационных прогнозов погоды** за 00.00 и 12.00 UTC (прогнозы на срок наблюдений + 06 ч, 09 ч, 12 ч, 15 ч, 18 ч, 21 ч, 24 ч, 27 ч, 30 ч;
- 2.выпуск, сопровождение и оперативная передача** авиационных прогнозов в виде карт по элементам:

для Европейского региона Российской Федерации (ЕТР):

- направления, скорости **ветра и температуры** воздуха на высотах 300, 600, 1000 м над уровнем моря;
- высоты нижней/верхней границ **слоистообразной облачности**;
- высоты нижней/верхней границ **конвективной облачности**;
- высоты нижней и верхней границы (в эшелонах полетов) **сильного обледенения**;
- интенсивности **турбулентности** (слабой, умеренной и сильной) для нижнего слоя тропосферы;
- высота нижней и верхней границы **сильной турбулентности** на средних и верхних уровнях атмосферы;
- высоты **нулевой изотермы**;

для регионов Российской Федерации:

- давления, приведенного к среднему уровню моря по стандартной атмосфере (QNH) для всех регионов Российской Федерации.



3. По 18 аэродромам Российской Федерации:

для сроков 00.00 и 12.00 UTC в виде метеограмм (таблиц) прогнозы (Анапа, Астрахань, Волгоград, Махачкала, Нальчик, Нижний Новгород, Самара, Брянск, Ставрополь, Сыктывкар, Ульяновск, Уфа, Ханты-Мансийск, Чебоксары, Элиста, Симферополь, Сургут, Пулково).

4. Файлы в коде Grib1 на FTP-сервер ФГБУ «Гидрометцентр России»:

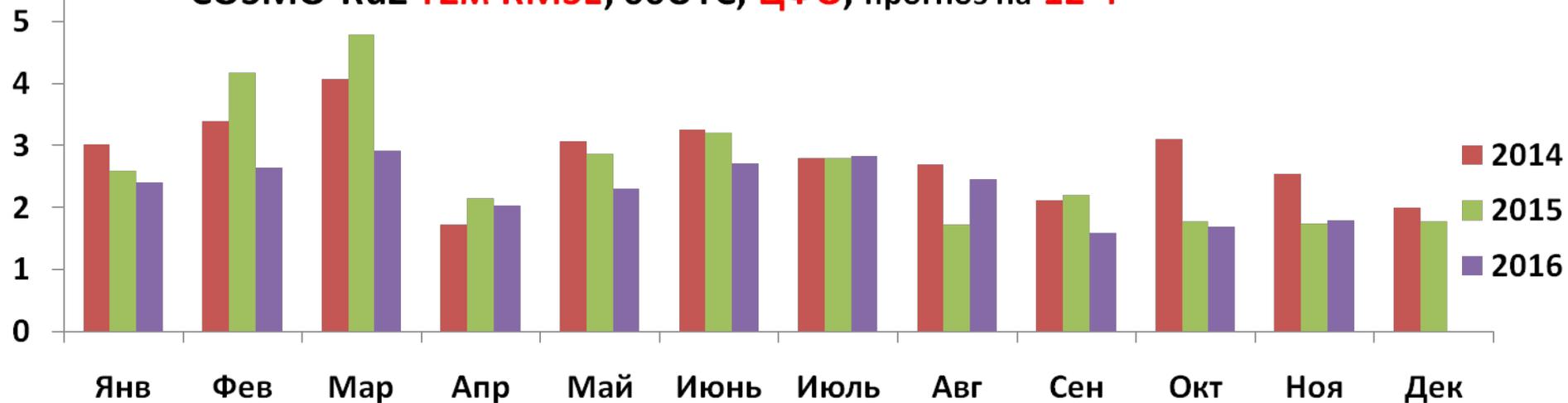
с прогнозами поля давления, приведенного к среднему уровню моря по стандартной атмосфере (QNH) для всех регионов Российской федерации;

5. Консультации:

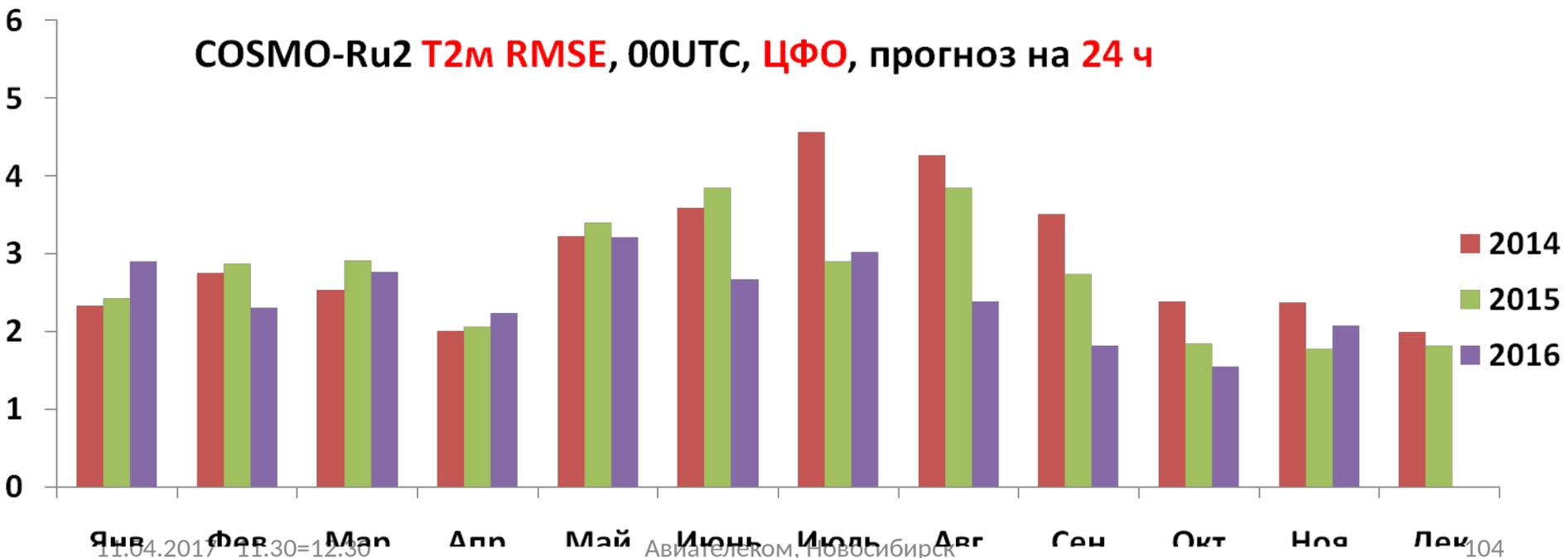
по использованию и верификации размещаемой на FTP-сервере ФГБУ «Гидрометцентр России» выходной продукции численных моделей атмосферы проводилось по мере необходимости в рабочем порядке, в частности, работающим в аэропорту Якутска слушателям Института повышения квалификации Росгидромета прочитана лекция по использованию прогностической продукции системы COSMO-Ru.



COSMO-Ru2 T2m RMSE, 00UTC, ЦФО, прогноз на 12 ч

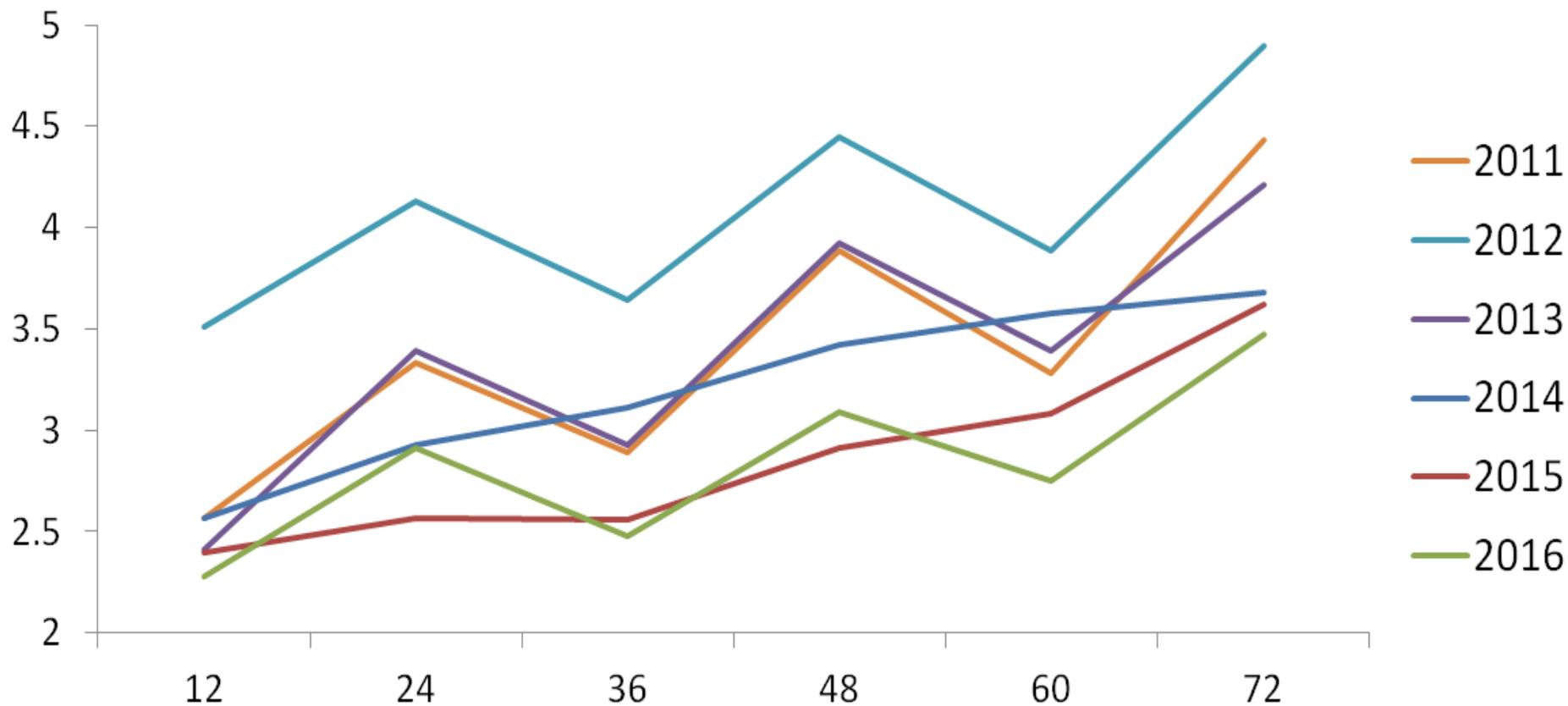


COSMO-Ru2 T2m RMSE, 00UTC, ЦФО, прогноз на 24 ч



Сравнение прогнозов COSMO-Ru7, Январь, ЕТР, Т2м, RMSE

January, COSMO-Ru7, European Russia, T2m, RMSE





13 апреля 2011 г. ЦМКП приняла решение о **ВНЕДРЕНИИ** системы мезомасштабного прогноза погоды COSMO-Ru в оперативную практику в качестве базовой для использования в ФГБУ “Гидрометцентр России” и других прогностических учреждениях Росгидромета.



15 декабря 2016 г. ЦМКП приняла решение:

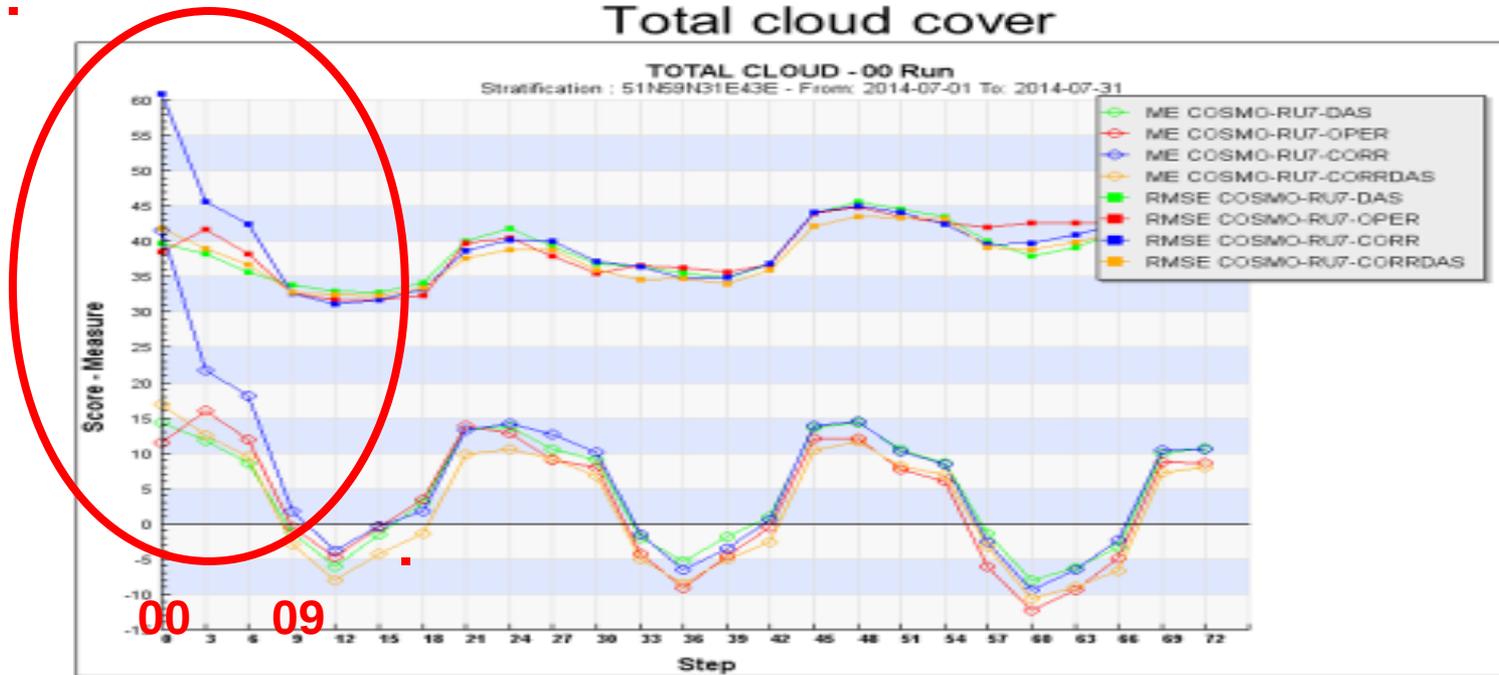
- **ВНЕДРИТЬ** в оперативную практику по территории **Московской области и ЦФО** прогнозы осадков и скорости ветра по **COSMO-Ru2**, как дополняющие и детализирующие основной метод прогноза по COSMO-Ru7;
- **ИСПОЛЬЗОВАТЬ** прогнозы **COSMO-Ru2** (температуры, ветра, осадков) по территории **Северного Кавказа** в оперативной практике **в качестве ОСНОВНОГО** численного метода краткосрочного прогноза погоды

Part III: Regional Modelling

a) Regional deterministic model (number of gridpoints, resolution, number of layers)

Forecast Centre (Country)	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ECMWF (Europe)	-	-	-	-	-	-
Met Office (UK)	744x928; 1.5km vrb L70	744x928; 1.5km vrb L70	940x1016; 1.5km vrb L~120	940x1016; 1.5km vrb L~120	940x1016; 1.5km vrb L~120	tbd
Météo France (France)	1536x1440; 1.3 km; L90	1536x1440; 1.3 km; L90	~1996x1872; 1.0 km; L90	~1996x1872; 1.0 km; L90	~1996x1872; 1.0 km; L90	
DWD (Germany)	zooming 6.5 km; L60 651x716; 2.2 km; L65	zooming 6.5 km; L60 651x716; 2.2 km; L65	zooming 6.5 km; L60 651x716; 2.2 km; L65			
HMC (Russia)	1000x500; 13.2km, L40 800x700, 6.6km, L40 3 dom.: 420x470, 2.2km, L50 190x190, 1.1km, L50	1000x500; 13.2km, L60 800x700, 6.6km, L60 3 dom.: 420x470, 2.2km, L60 190x190, 1.1km, L60	2000x1000, 6.6km, L90 2 dom. 2000x1000, 2.2km, L80 2 dom.: 800x400, 2.2km, L80 2 dom.: 1000x500, 1.1km, L80			
NCEP (USA)	935x835; 12 km; L60 1371x1100; 4 km; L60 595x625; 6 km; L60 373x561; 3 km; L60 401x325; 3 km; L60 375x375; 1.333km; L60 758x567; 13 km; L50 1799x1059; 3 km; L50	935x835; 12 km; L60 1827x1467; 3 km; L60 1189x1249; 3 km; L60 373x561; 3 km; L60 401x325; 3 km; L60 501x501; 1 km; L60 935x835; 12 km; L50 1827x1467; 3 km; L50	935x835; 12 km; L60 1827x1467; 3 km; L60 1189x1249; 3 km; L60 373x561; 3 km; L60 401x325; 3 km; L60 501x501; 1 km; L60 935x835; 12 km; L60 1827x1467; 3 km; L60	935x835; 12 km; L60 1827x1467; 3 km; L60 1189x1249; 3 km; L60 373x561; 3 km; L60 401x325; 3 km; L60 501x501; 1 km; L60 935x835; 12 km; L60 1827x1467; 3 km; L60	1122x1002; 10 km; L60 2193x1761; 2.5 km; L60 1427x1499; 2.5 km; L60 448x673; 2.5 km; L60 481x390; 2.5 km; L60 601x601; 833 m; L60 1122x1002; 10 km; L60 2193x1761; 2.5 km; L60	1122x1002; 10 km; L60 2193x1761; 2.5 km; L60 1427x1499; 2.5 km; L60 448x673; 2.5 km; L60 481x390; 2.5 km; L60 601x601; 833 m; L60 1122x1002; 10 km; L60 2193x1761; 2.5 km; L60
Navy/FNMOC/NRL (USA)	45/15/5km L60	Typical: 27/9/3 km L60 Nested, Variable resolution	Typical: 27/9/3 km L60 Nested, Variable resolution	Typical: 9/3/1 km L80 Nested, Variable resolution	Typical: 9/3/1 km L80 Nested, Variable resolution	
CMC (Canada)	- 3000x2400; 2.5 km; L80	- 3000x2400; 2.5 km; L80	- 3750x3000; 2 km; L80	- 3750x3000; 2 km; L80	- 5000x4000; 1.5 km; L125	
CPTEC/INPE (Brazil)	500x600, 15 km, L60; 1360x1480, 5km, L60	500x600, 15 km, L60; target 2700x2900, 2km, L75	2700x2900, 2km, L75	2700x2900, 2km, L75	tbd	
JMA (Japan)	817x661; 5 km; L50 1581x1301, 2km, L60	817x661; 5 km; L75 1581x1301, 2km, L60	817x661; 5 km; L75 1581x1301, 2km, L60			
CMA (China)	750x500, 10km, L60 1000x750, 3km, L90					
KMA	~12km L70	~12km L70	~12km L70	~12km L70		

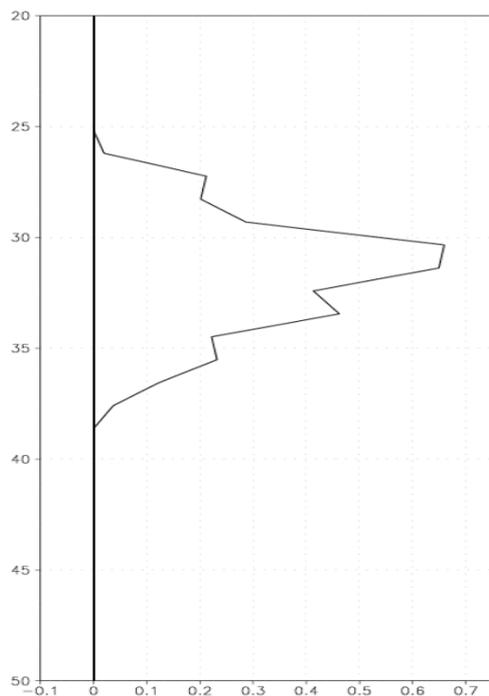
Verification July 2014. CFO Total cloud cover



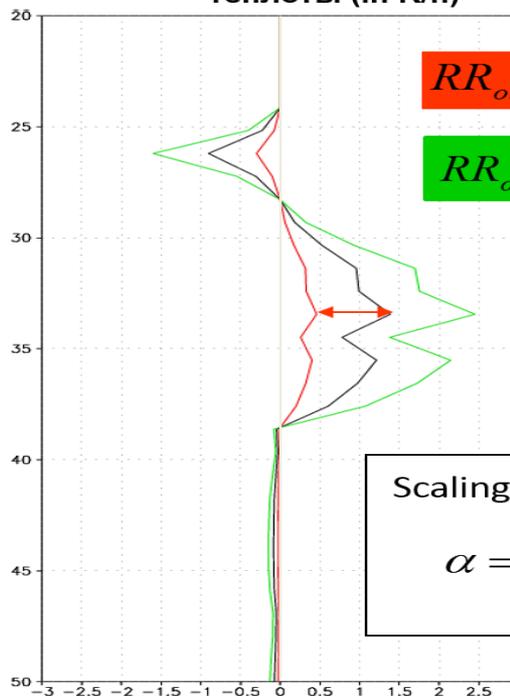
Оценки прогнозов экспериментов с различными начальными данными для общей облачности для 165 станций ЦФО модели COSMO-Ru07. Эксперимент *contr(oper)* – начальные данные из глобальной модели без использования усвоения, *DAS* – эксперименты с системой усвоения методом подталкивания, *corr* – эксперименты с коррекцией начальных полей температуры из глобальной модели, *corrDAS* – эксперименты с совмещённой коррекцией полей температуры и системой усвоения.

Вертикальные профили:

а) Содержание облачной влаги (в г/кг)



б) высвобождение скрытой теплоты (in K/h)



в) LHN – поправка температуры (in K/h)

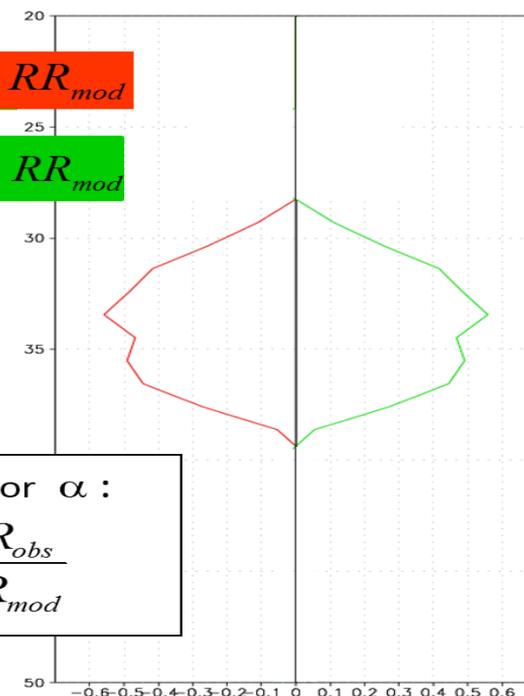


Схема действия модуля LHN по вертикали.

Слева изображен чёрной линией профиль облачной влаги(а), в центре сопутствующее ему высвобождение скрытой теплоты (б), справа инкременты в поле температуры при различии модельной и наблюдаемой интенсивности осадков



На следующем этапе (в **2016** г.) в системе усвоения стали усваиваться данные **радарных наблюдений** методом «подталкивания скрытой теплоты» (Latent Heat Nudging (LHN)).

Для модели COSMO по территории Центрального федерального округа (ЦФО) с горизонтальным шагом 2.2 км (COSMO-Ru02CFO) в тестовом режиме проводится усвоение интенсивности осадков (RR), которые получены с радаров ЦФО.

Эксперименты показали, что усвоение интенсивности осадков методом LHN позволяет уточнить прогноз времени и места прохождения осадков, а также других характеристик, которые связаны с усвоенными гидрометеорами.

Для грозы 13 июля 2016 года в Московском регионе усвоение радарных данных позволило улучшить предсказание траектории и времени прохождения осадков, порывов ветра, гроз над Московским регионом.

План дальнейшей работы

1. Оперативная ICON-LAM

- ✓ new physics,
- ✓ triangular grid,
- ✓ irregular grid,
- ✓ vertical and horizontal nested,
- ✓ conservation laws,
- ✓ LES (Large Eddy Experiments)

2. Исследование с ICON



Roshydromet _ Hydrometeocenter of Russia



*Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды*

ТЕХНОЛОГИЯ численного регионального мезомасштабного прогноза погоды COSMO:

Спасибо за внимание!

Ривин Г.С.

**Лаборатория численных прогнозов погоды по ограниченной
территории Гидрометцентра России**

ИПК: Малый конференцзал ГМЦ, 8 февраля 2017 г., 11.00 – 12.30.