Прогноз мезомасштабной погоды

МЕЗОМАСШТАБНЫЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ЛАНДШАФТ

- **ВЕЛИКОБРИТАНИЯ: UM**

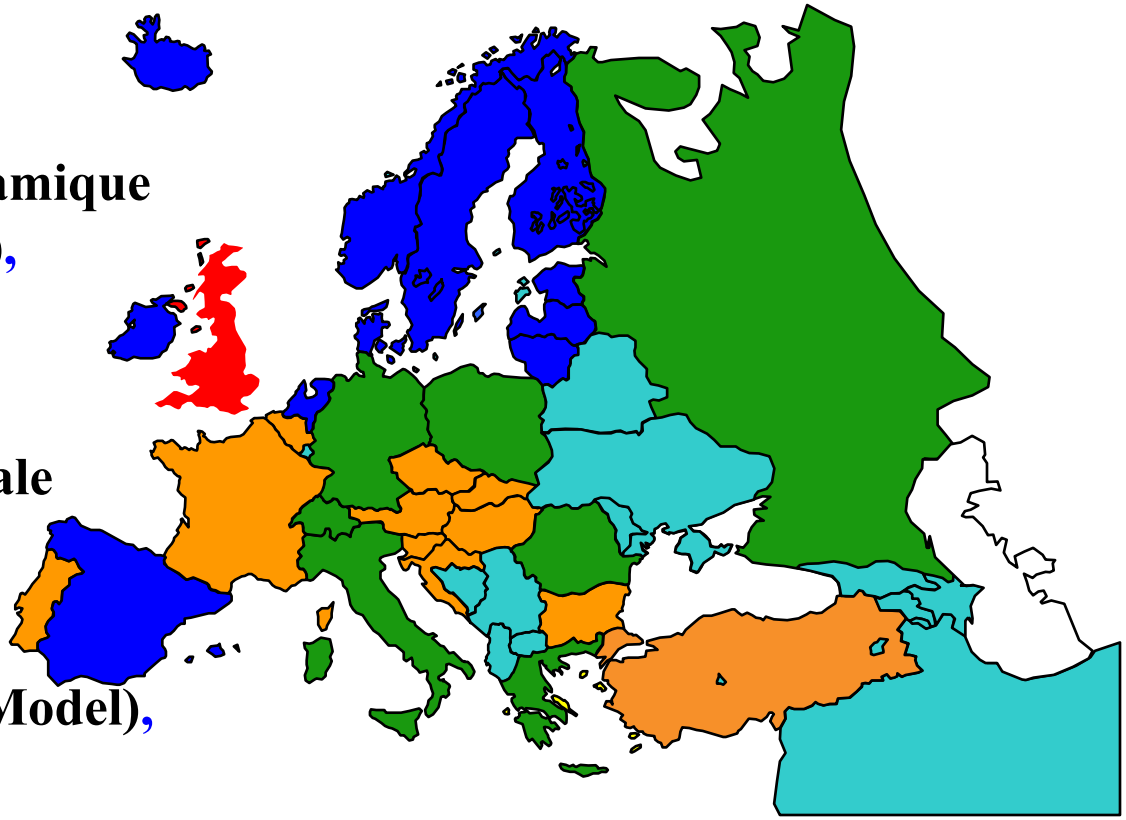
С 1 октября 2009 г. Росгидромет является полноправным членом консорциума.

- **МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ КОНСОРЦИУМЫ ЕВРОПЫ:**

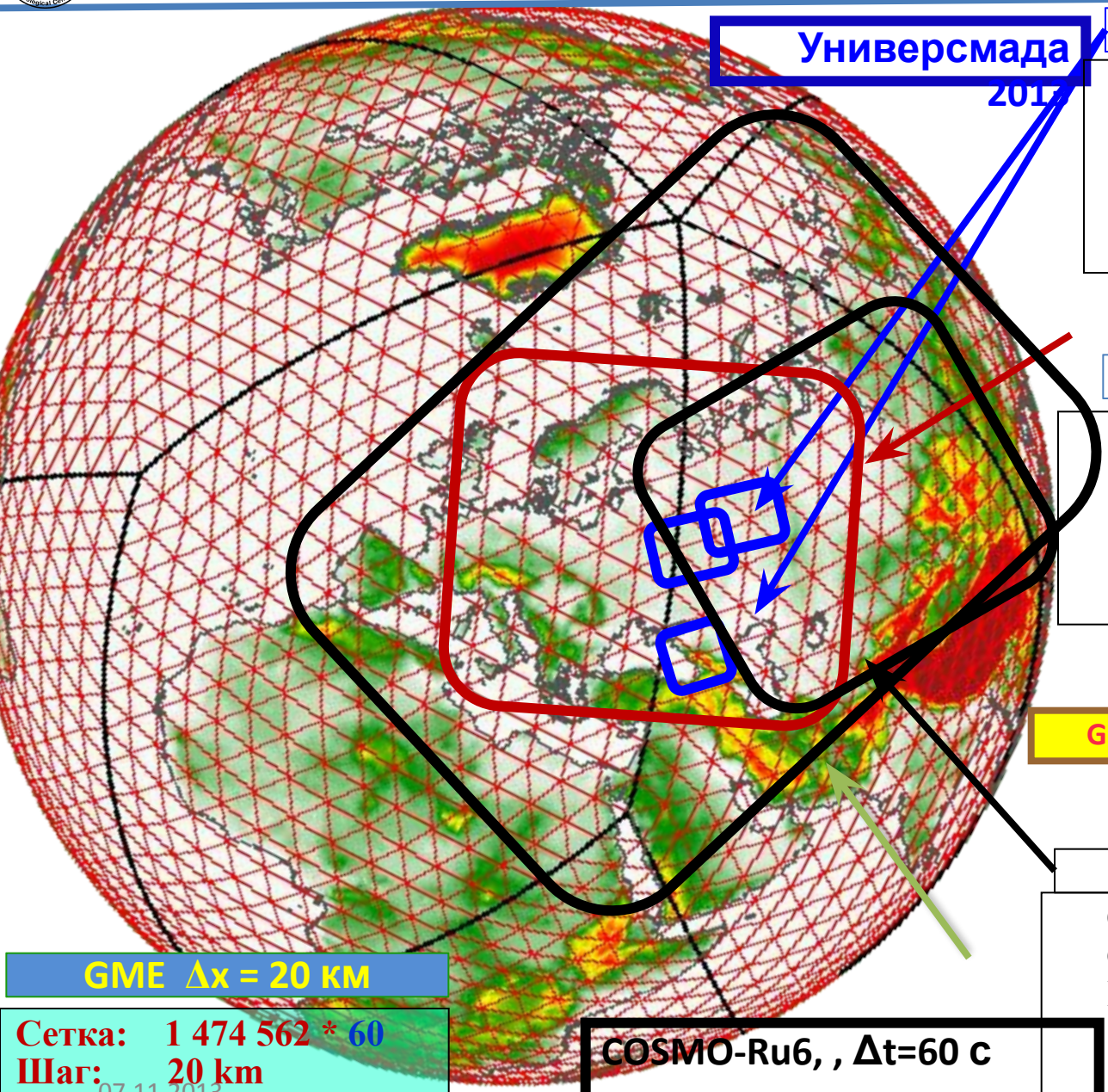
-- **ALADIN**
(Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational), (Франция);

-- **COSMO**
(The Consortium for Small-scale Modeling), (Германия);

-- **HIRLAM**
(HIgh Resolution Limited Area Model), (Скандинавские страны);



- **США: WRF – ARW (Advanced Research WRF),**
WRF – NMM (Nonhydrostatic Mesoscale Model)



Универсмада 2013

COSMO-Ru2 Δx =2.2 км

Область: 900 км * 1000 км
Сетка: 420*470 * 50
Шаг: 2.2 км
Шаг Δt : 20 с
Прогноз: 24 / 42 час

COSMO-Ru7 Δx = 7 км

Область: 4900 км * 4340 км
Сетка: 700*620 * 40
Шаг: 7 км
Шаг Δt: 66 с
Прогноз: 78 / 48 час

GME: начальные и граничные условия

COSMO-RuSib Δx =14 км

Область: 5000 км * 3500 км
Сетка: 360*250 * 40
Шаг: 14 km
Шаг Δt: 80 с
Прогноз: 78 / 48 час

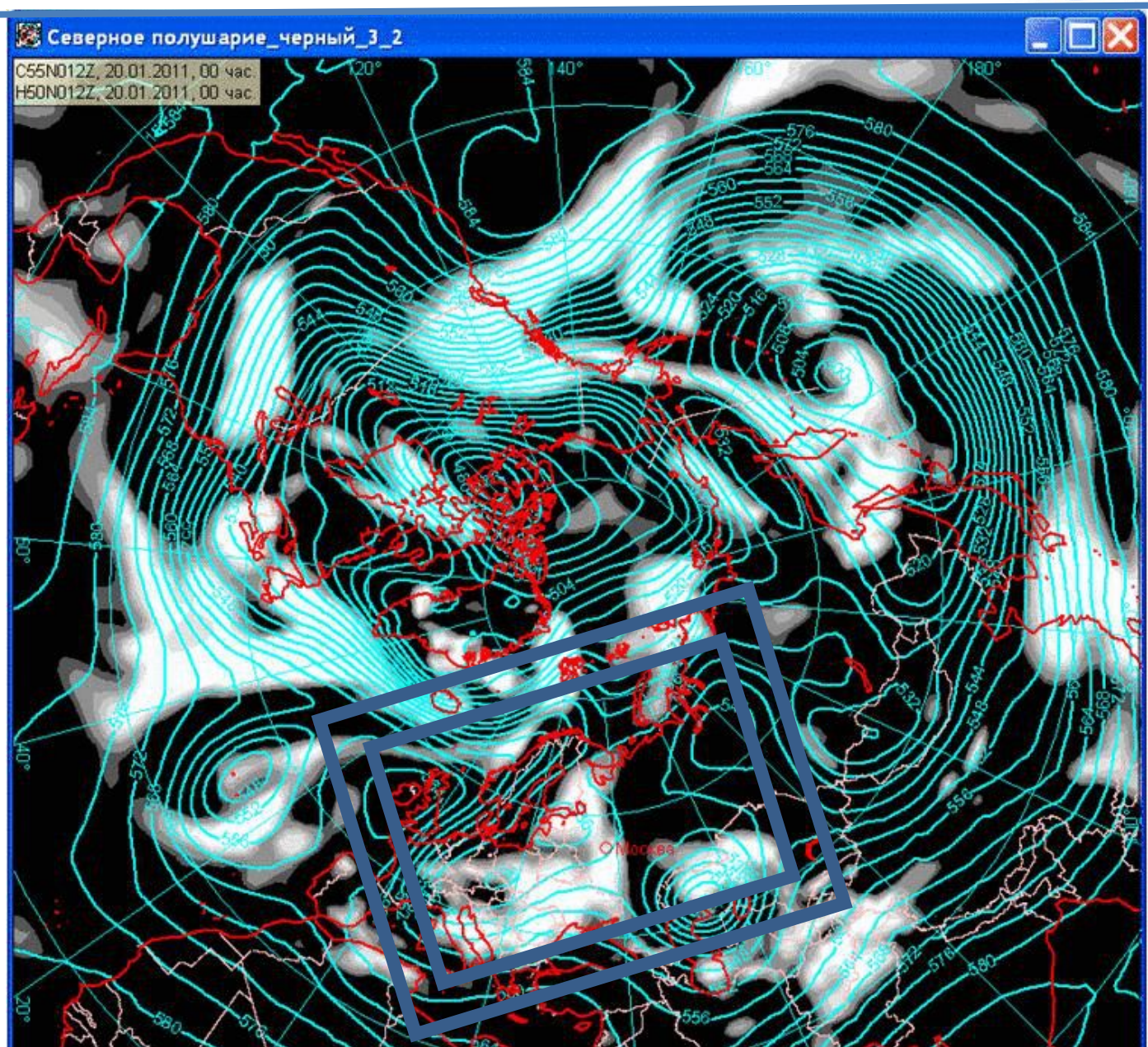
GME Δx = 20 км

Сетка: 1 474 562 * 60
Шаг: 20 km
Δt: 110 s

COSMO-Ru6, , Δt=60 с

COSMO-Ru13 , Δt=120 с

Прогностическое моделирование движения атмосферы над Северным полушарием:
внешняя модель (предоставляет начальные данные и боковые условия), внутренняя модель



13 апреля 2011 г. ЦМКП приняла решение о ВНЕДРЕНИИ системы мезомасштабного прогноза погоды COSMO-RU в оперативную практику в качестве базовой для использования в ГУ "Гидрометцентр России" и других прогностических учреждениях Росгидромета.

$$F = ma$$

$$\frac{d_a \mathbf{v}_a}{dt} = \mathbf{F}/m$$

$$\frac{du}{dt} = -\frac{\alpha}{r\cos\varphi}\frac{\partial p}{\partial \lambda} + F_\lambda + (2\Omega + \frac{u}{r\cos\varphi})(v\sin\varphi - w\cos\varphi)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{\alpha}{r}\frac{\partial p}{\partial \varphi} + F_\varphi - (2\Omega + \frac{u}{r\cos\varphi})u\sin\varphi - \frac{vw}{r}$$

$$\frac{dw}{dt} = -\alpha\frac{\partial p}{\partial r} - g + F_r + (2\Omega + \frac{u}{r\cos\varphi})u\cos\varphi + \frac{v^2}{r}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\nabla.(\rho \mathbf{v})$$

$$p\alpha = RT$$

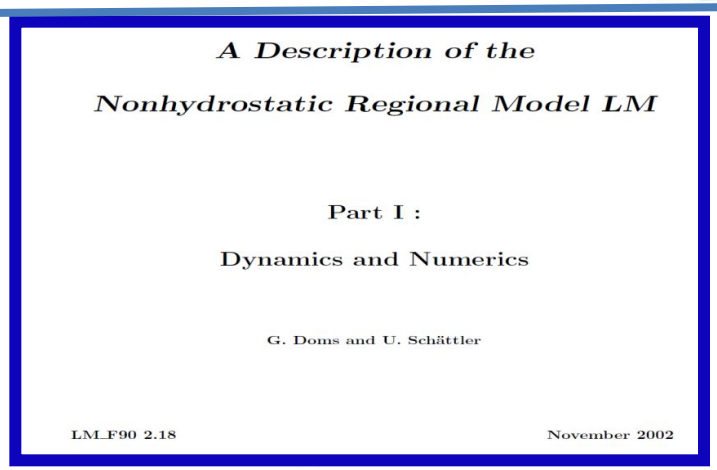
$$Q = C_p\frac{dT}{dt} - \alpha\frac{dp}{dt}$$

$$\theta = T\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{R}{C_p}}$$

$$\frac{ds}{dt} = C_p\frac{1}{\theta}\frac{d\theta}{dt} = \frac{Q}{T}$$

$$\frac{\partial \rho q}{\partial t} = -\nabla.(\rho \mathbf{v} q) + \rho(E - C)$$

МЕТОД РЕШЕНИЯ



A Description of the

Nonhydrostatic Regional Model LM

Part I :

Dynamics and Numerics

G. Doms and U. Schättler

LM_F90 2.18 November 2002

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

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

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. Academic Press, 227 p.

УРОВНИ

N	p, mm	z, m
0,5	20	23589
1	30	22300
8,5	203	11879
17,5	499	5569
Пограничный слой		
27,5	830	1546
35,5	975	214
39,5	997	20
40	998	10
40,5	1000	0

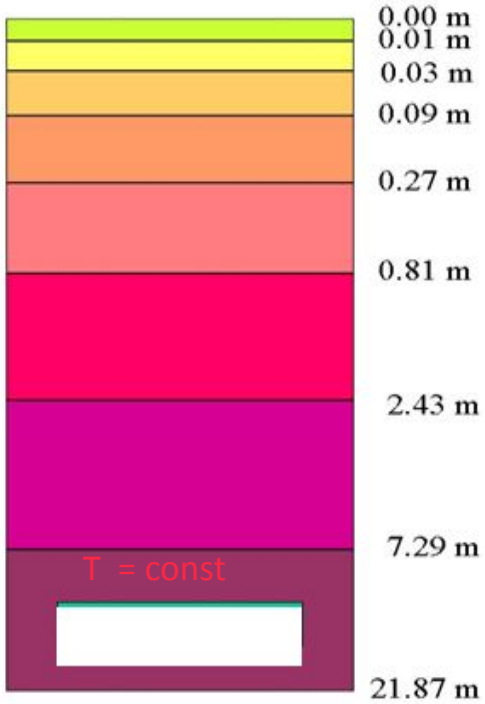
АТМОСФЕРА: 40 – уровней

n-1/2	w, z
n	T,u,v, p_0
n+1/2	w, z

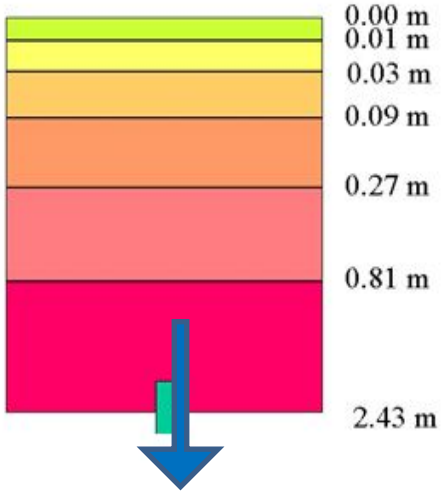
COSMO-Ru7

ПОЧВА: 7 – уровней

БАЛАНС ЭНЕРГИИ



ВОДНЫЙ БАЛАНС



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
41	0	51	0

< 1550 м :
12 уровней
13 уровней

< 550 м :
8 уровней
8 уровней

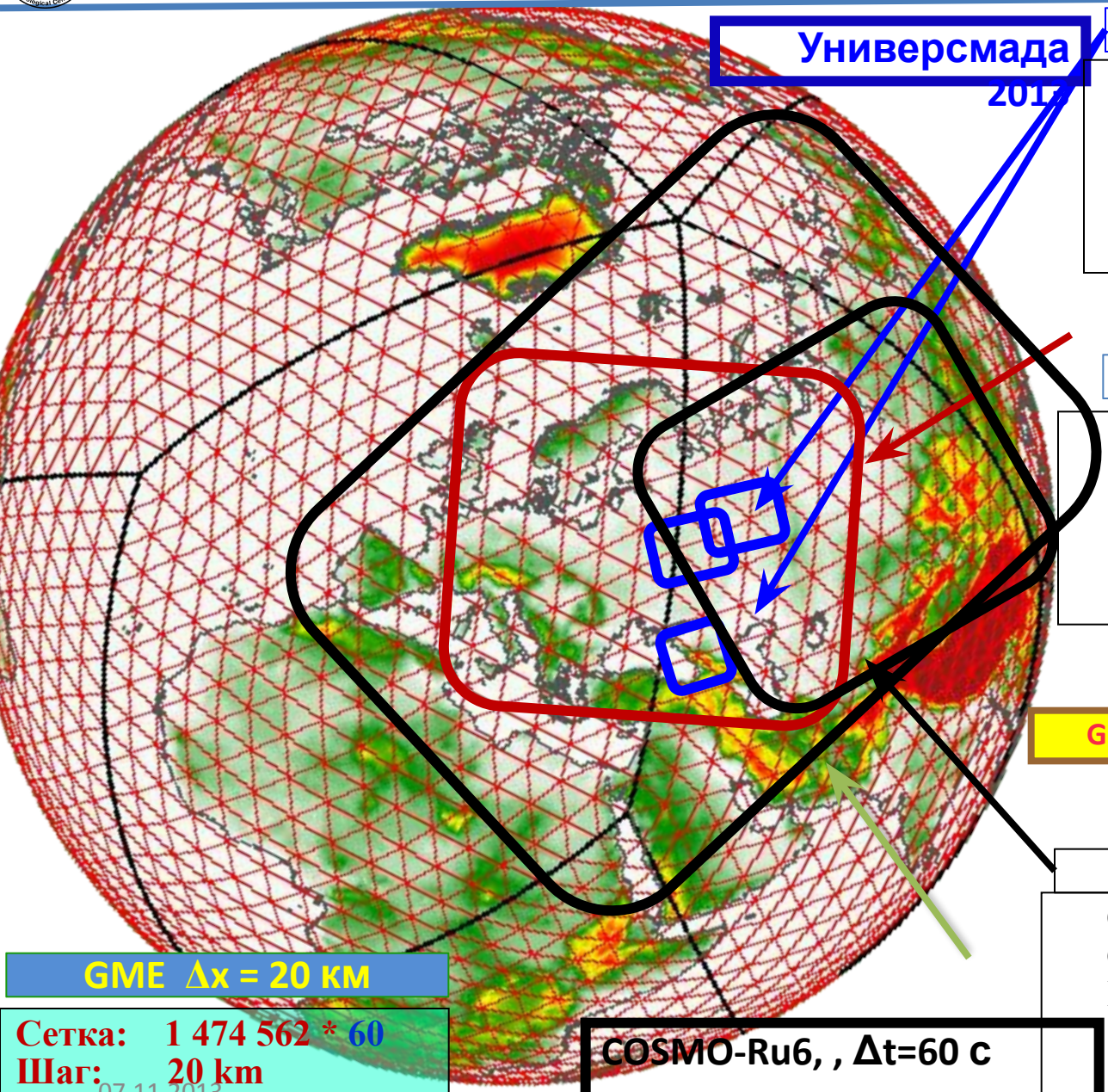
COSMO-RU07
&&
COSMO-RU02

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

Пояснение к следующему слайду:

Ниже приведена система негидростатического краткосрочного прогноза погоды COSMO-Ru для 5 территорий : COSMO-Ru7, COSMO-Ru2 для ЦФО, COSMO-Ru2 для Сочи-2014, COSMO-Ru14Sib и COSMO-Ru13 для всей Европы и северной части Азии. Прогнозы проводятся 4 раза в сутки, ежедневно подготавливается и рассылается пользователям примерно 8000 прогностических карт и около 1000 метеограмм.

Подготовлена специальная версия COSMO-Ru2 для проведения метеорологического обслуживания Универсиады 2013 г., Казань. Для метеорологического обеспечения Зимней олимпиады Сочи-2014 подготовлен международный проект CORSO, в его рамках проведена работа по консолидации усилий членов консорциума COSMO по разработке и применению ансамблевых прогнозов с шагом сетки 2,2 км, усвоению данных наблюдений эффективной версии совместной модели атмосферы и деятельного слоя подстилающей поверхности с шагом сетки 1,1 км.



Универсмада 2013

COSMO-Ru2 Δx =2.2 км

Область: 900 км * 1000 км
Сетка: 420*470 * 50
Шаг: 2.2 км
Шаг Δt : 20 с
Прогноз: 24 / 42 час

COSMO-Ru7 Δx = 7 км

Область: 4900 км * 4340 км
Сетка: 700*620 * 40
Шаг: 7 км
Шаг Δt: 66 с
Прогноз: 78 / 48 час

GME: начальные и граничные условия

COSMO-RuSib Δx =14 км

Область: 5000 км * 3500 км
Сетка: 360*250 * 40
Шаг: 14 km
Шаг Δt: 80 с
Прогноз: 78 / 48 час

GME Δx = 20 км

Сетка: 1 474 562 * 60
Шаг: 20 km
Δt: 110 s

COSMO-Ru6, , Δt=60 с

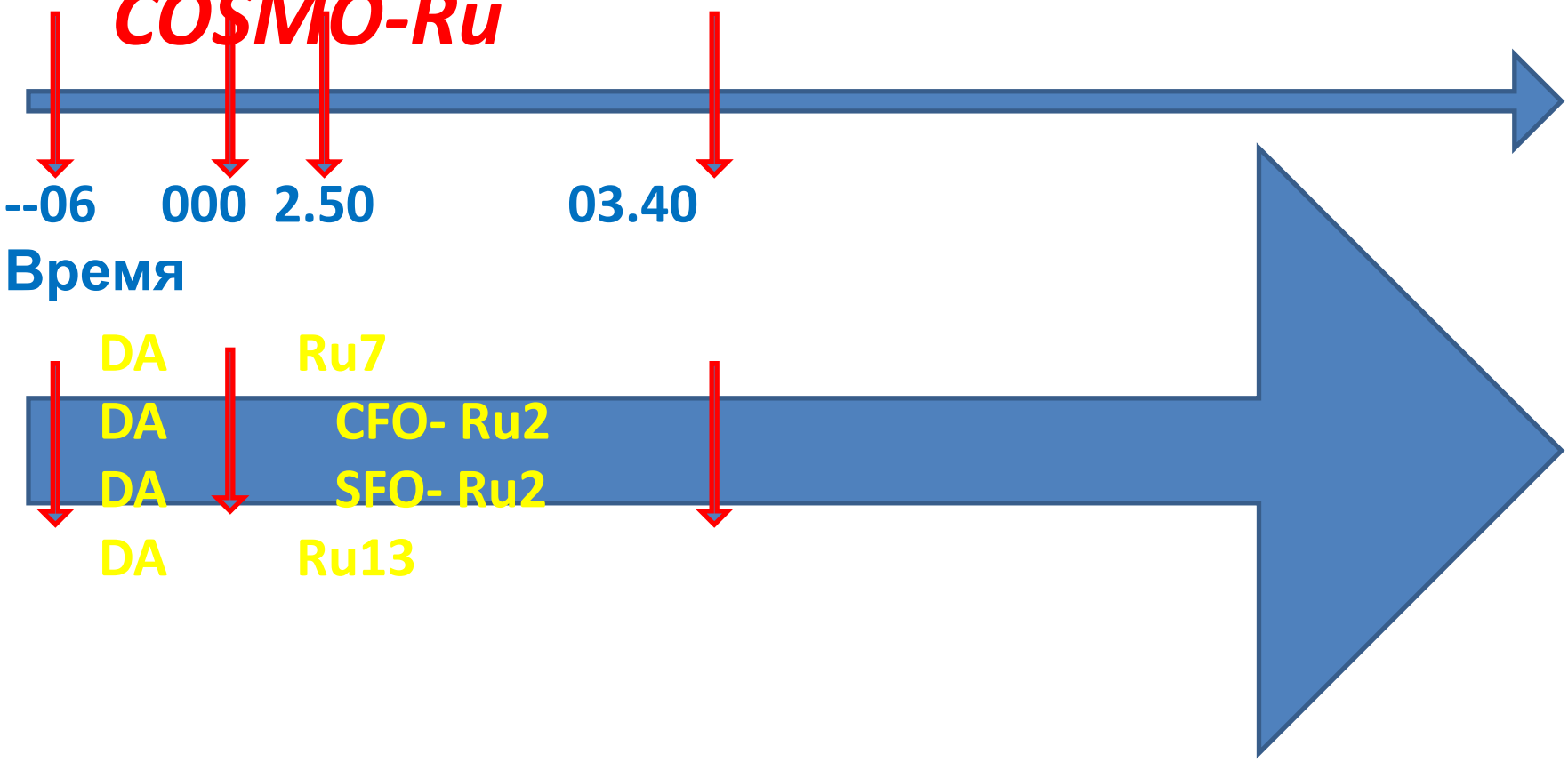
COSMO-Ru13 , Δt=120 с

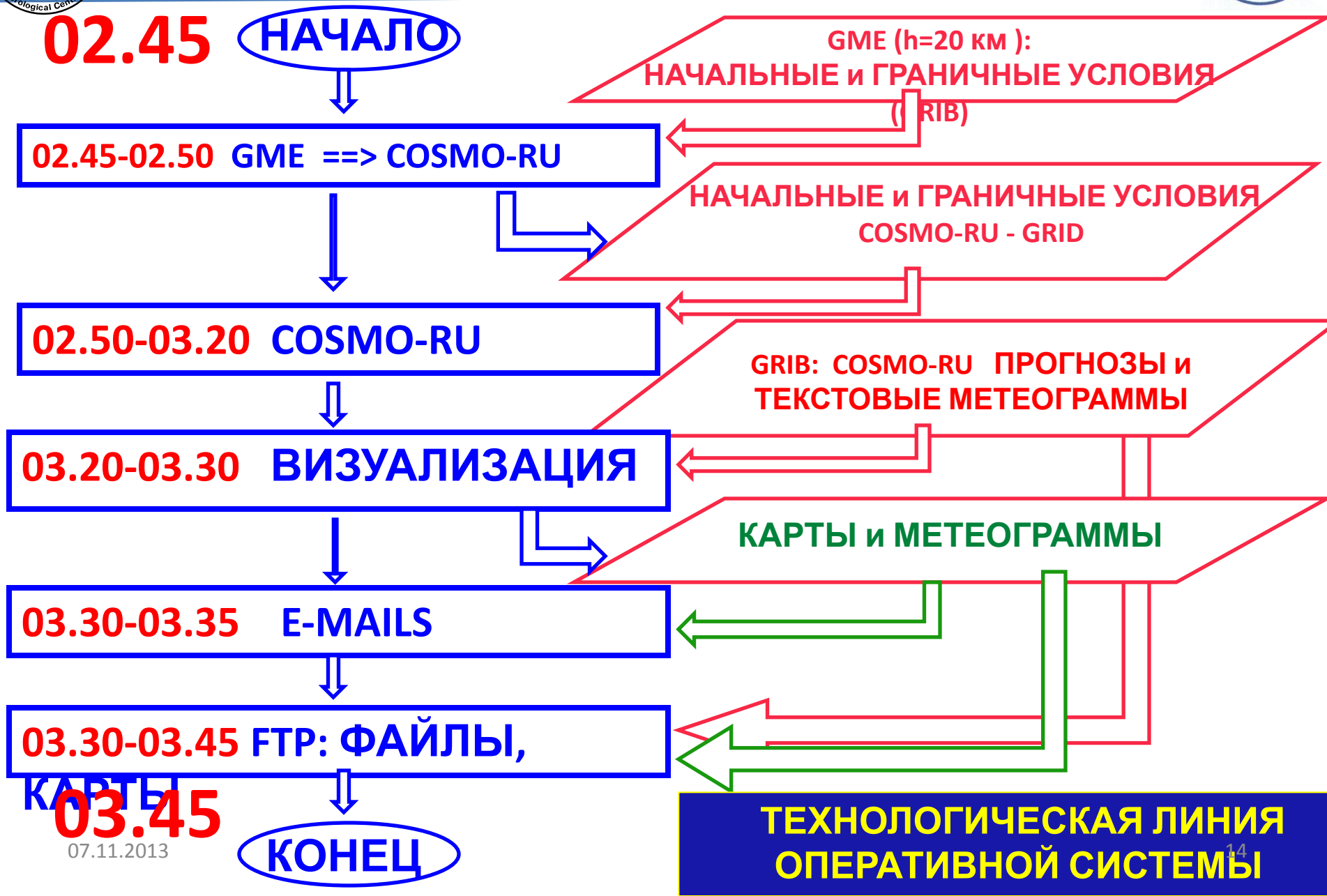
Высокопроизводительный вычислительный комплекс Росгидромета

	SGI ALTEX 4700	SGI ICE 8200	РСК ТОРНАДО
Тип процессоров	Intel Itanium 2 (2-ядерный)	Intel Xeon (4-ядерный)	Intel® Xeon® E5-2600 (8-ядерный)
Количество узлов / ядер на узел	13 / 128	177 / 8	96 / 1536
Оперативная память на ядро	4 Гбайт	2 Гбайт	4 Гбайт
Пиковая произ-водительность	11 Тфлопс	16 Тфлопс	35 Тфлопс

1 Тфлопс = 10^{12} операций в сек =
=1 000 · 10^{9} = тысяча миллиардов операций в сек.

Технологическая линия COSMO-Ru

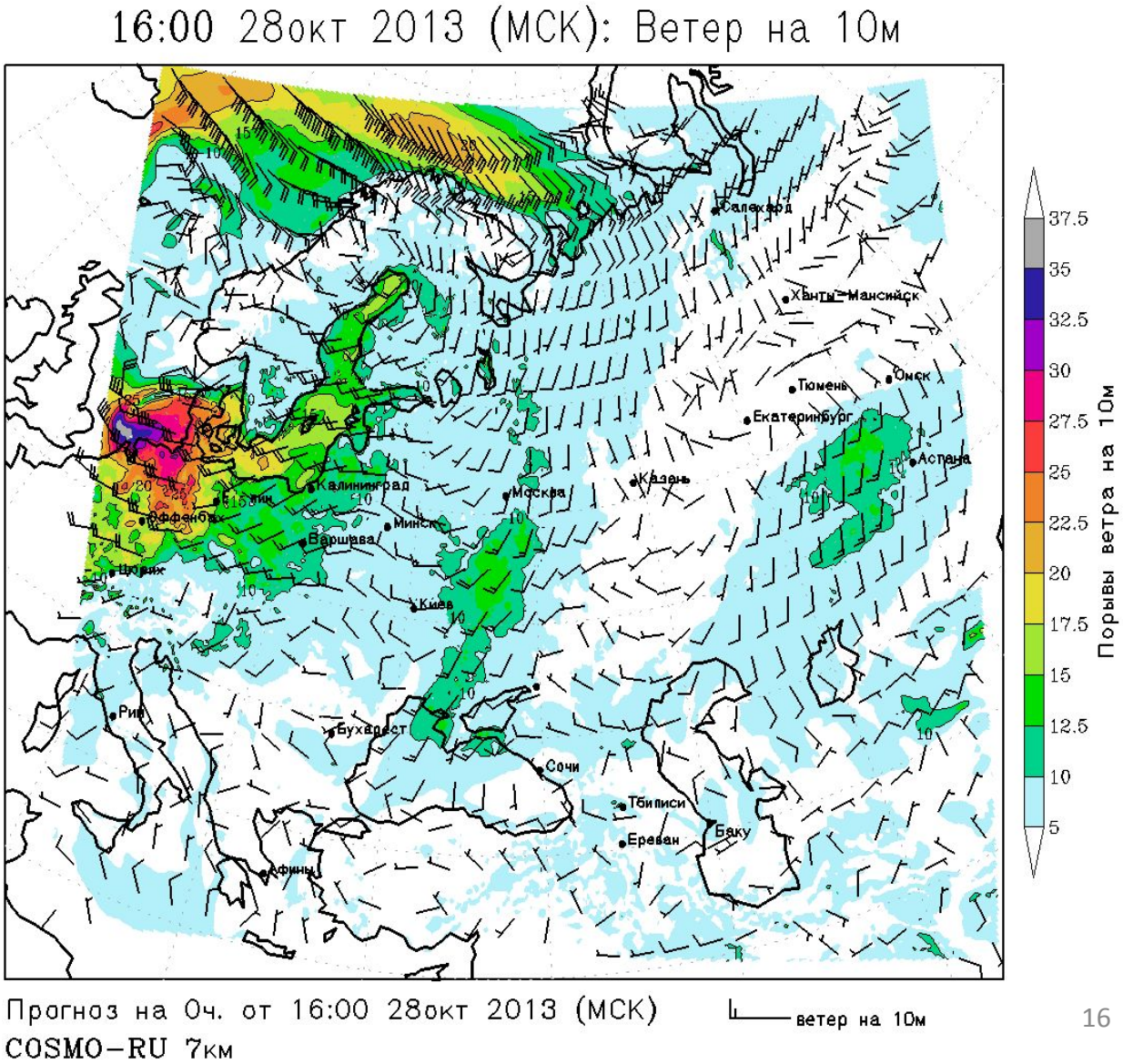



02.45
НАЧАЛО
GME (h=20 км):
НАЧАЛЬНЫЕ и ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ
(GRIB)
02.45-02.50 GME ==> COSMO-RU
НАЧАЛЬНЫЕ и ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ
COSMO-RU - GRID
02.50-03.20 COSMO-RU
GRIB: COSMO-RU ПРОГНОЗЫ и
ТЕКСТОВЫЕ МЕТЕОГРАММЫ
03.20-03.30 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ
КАРТЫ и МЕТЕОГРАММЫ
03.30-03.35 E-MAILS
03.30-03.45 FTP: ФАЙЛЫ,
КАРТЫ
03.45
КОНЕЦ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ
ОПЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

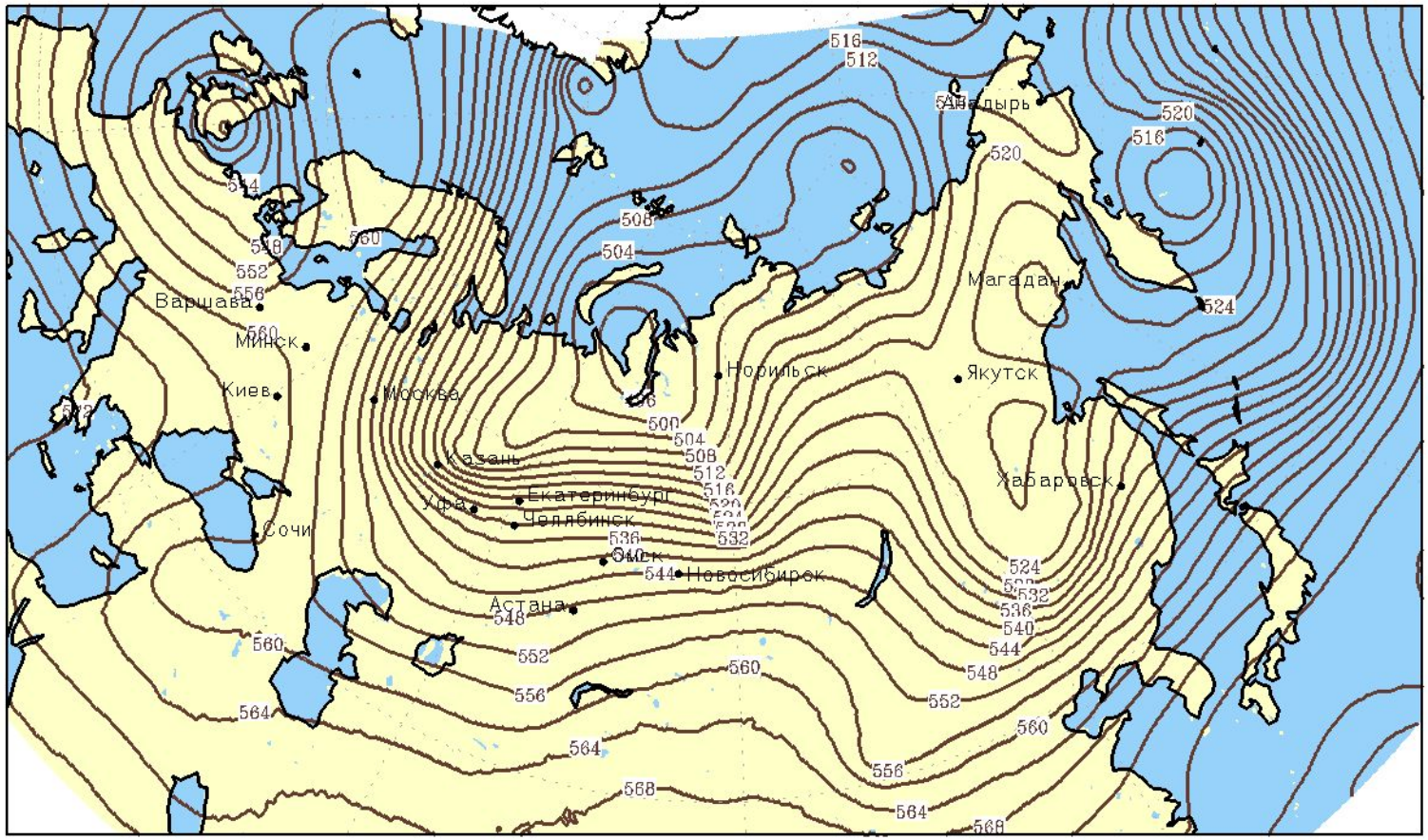
В настоящее время ежедневно
(для 00, 06, 12 и 18 часов ВСВ)
через 3 часа 50 мин. после срока наблюдения
система COSMO-RU07/02 км:

- **за сутки подготавливает около 8000 прогностических карт и 1000 метеограмм,**
- **автоматически рассылает их в прогностические учреждения Росгидромета,**
- **выкладывает около 70 гб файлов в коде GRIB на ftp-серверы (за месяц > 2 Тб).**

Пример прогноза порывов ветра с помощью модели COSMO-Ru7 по данным за 12 час.
28 октября 2013 г.



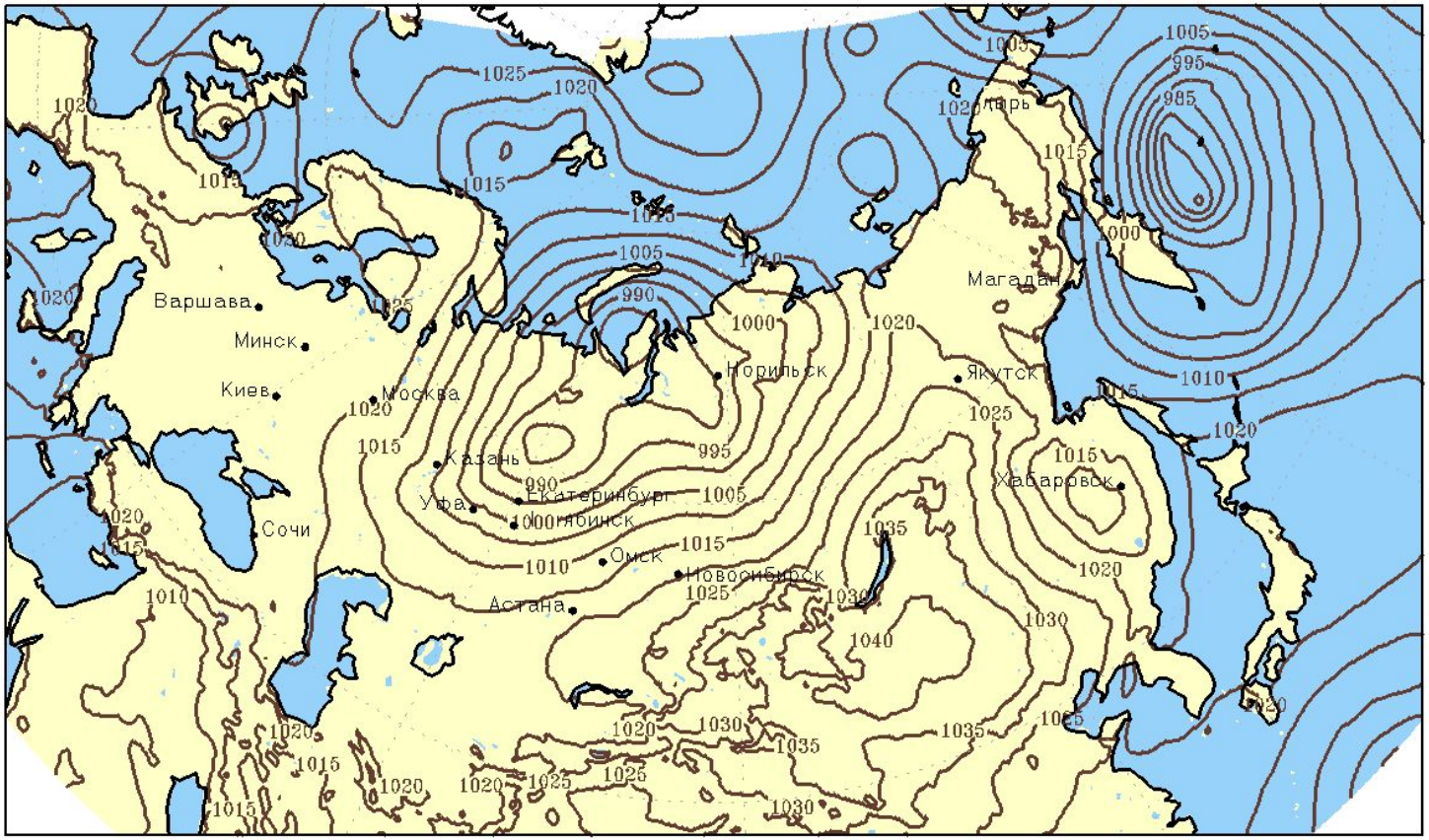
00:00 14окт 2013 (UTC+0): H500



Прогноз на 0ч. от 00:00 14окт 2013 (UTC+0) —H500

COSMO-RU 13км

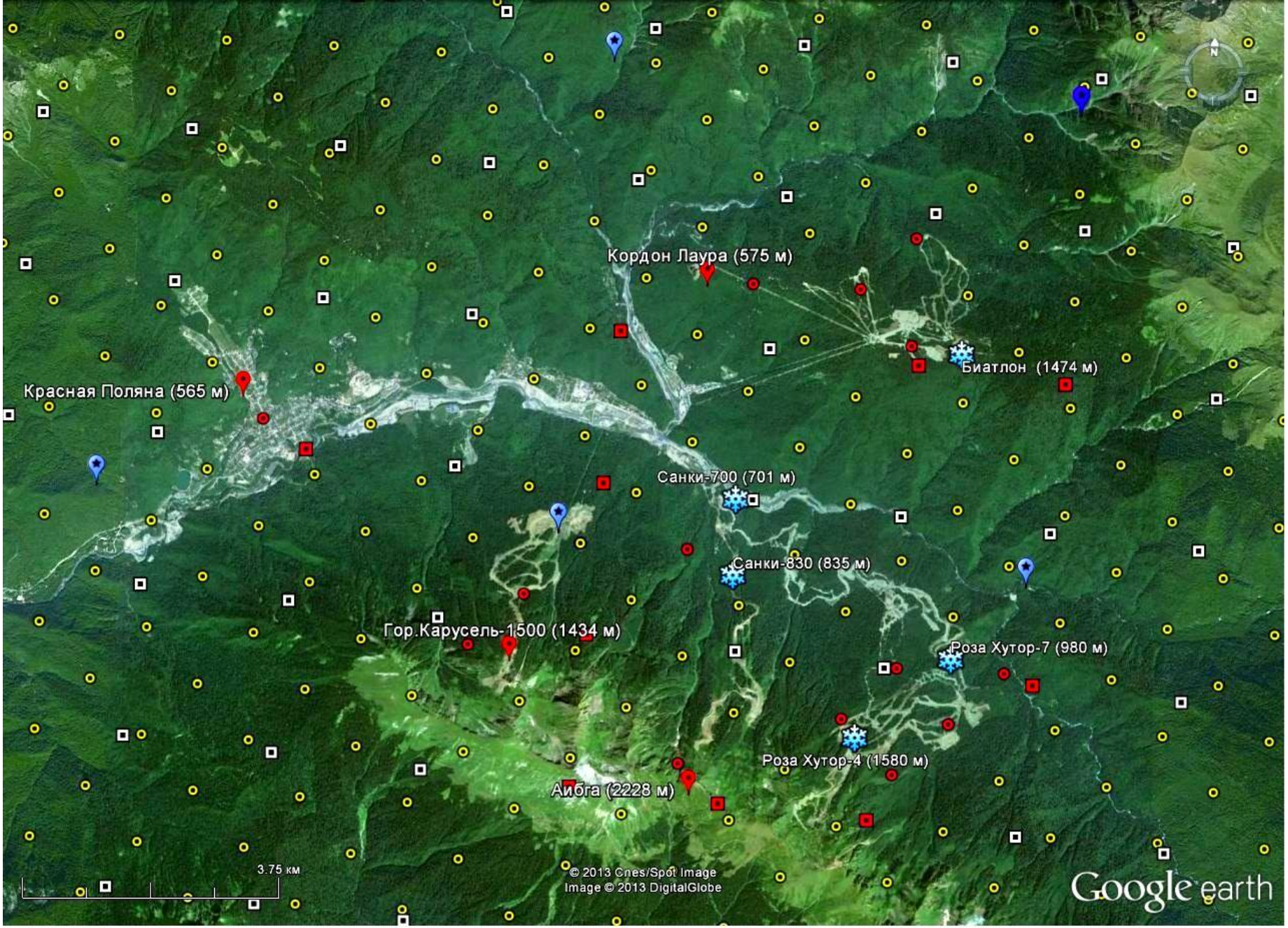
00:00 14окт 2013 (UTC+0): PMSL



Прогноз на 0ч. от 00:00 14окт 2013 (UTC+0)

COSMO-RU 13км

PMSL



ГМС Росгидромета

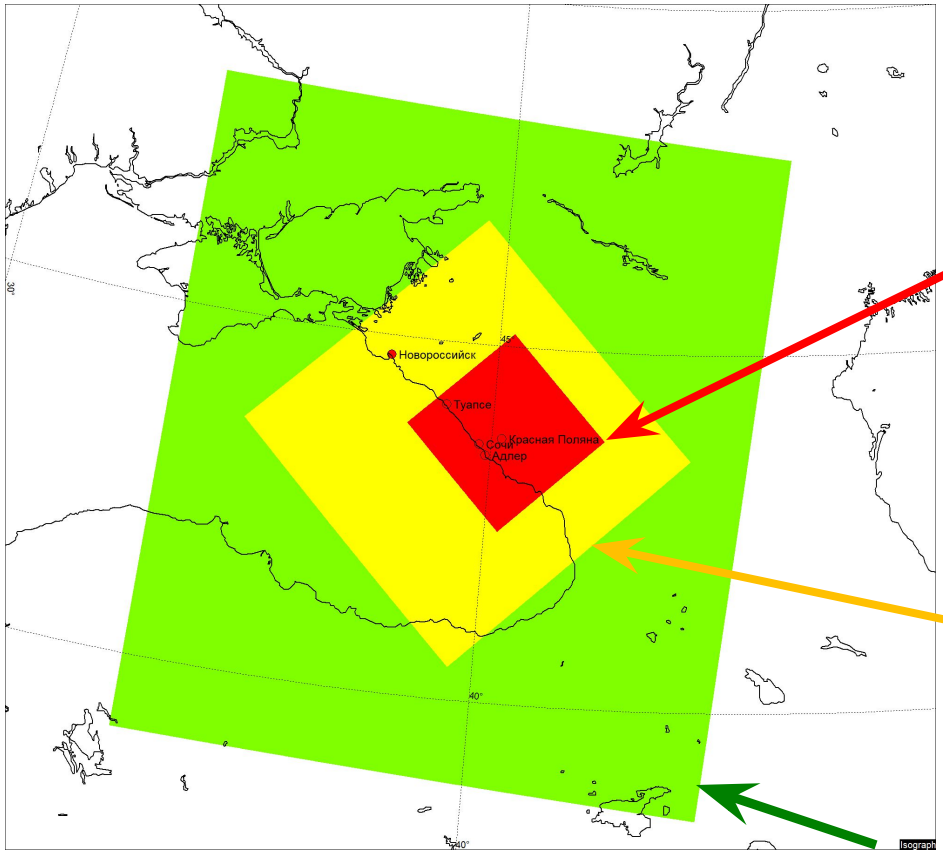
АМС

Узлы модельных сеток

COSMO-Ru7

COSMO-Ru2

COSMO-Ru1



COSMO-Ru1

Область: 220 км x 220 км
Сетка: 200 x 200 x 50
Шаг по пространству : 1.1 км
Шаг по времени: 10 с
Заблаговременность прогноза: до 24 ч
Время счета: 15.5 мин

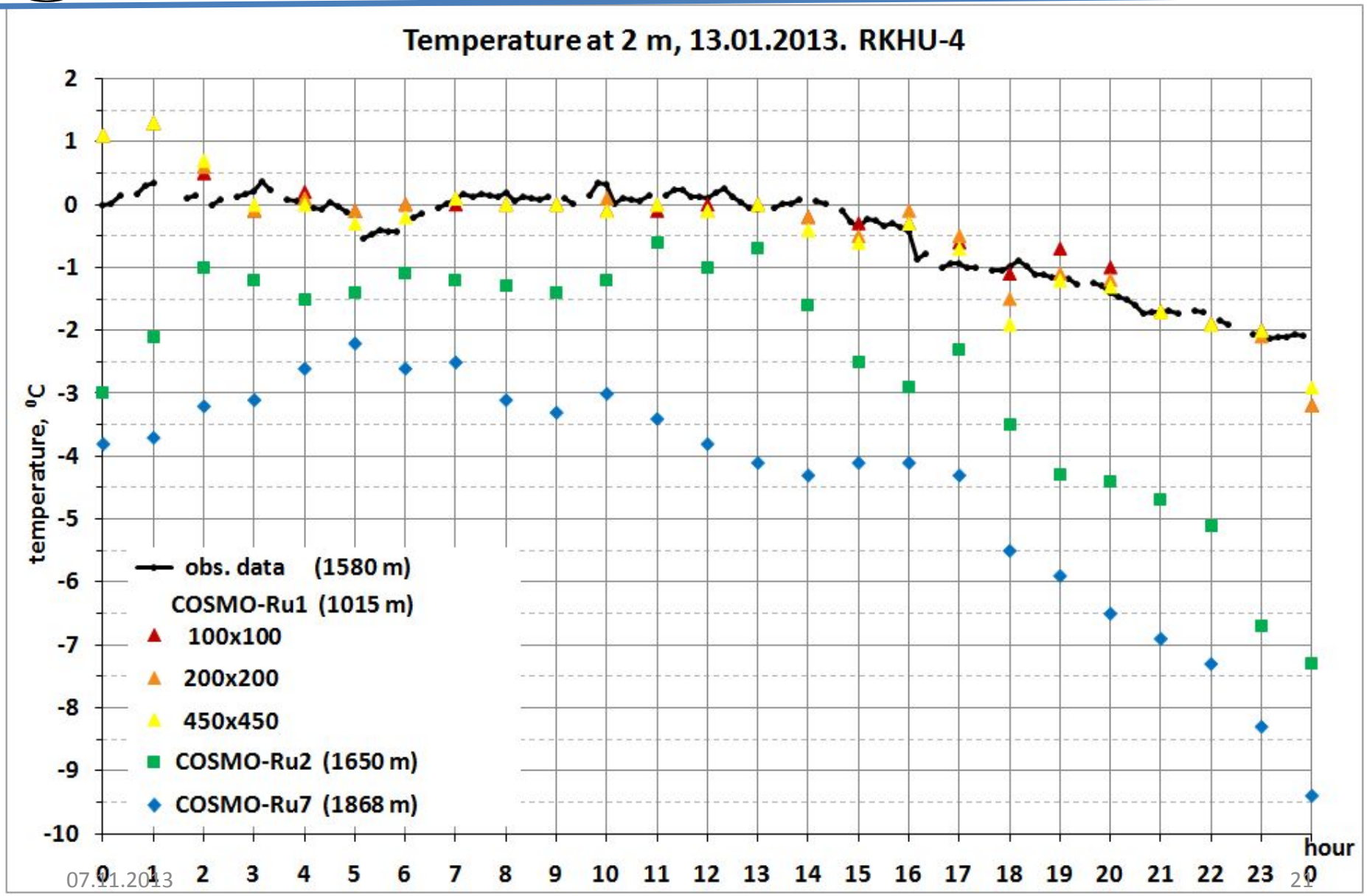
Область: 495 км x 495 км
Сетка: 450 x 450 x 50
Шаг по пространству : 1.1 км
Шаг по времени: 10 с
Заблаговременность прогноза: до 24 ч
Время счета: 54 мин

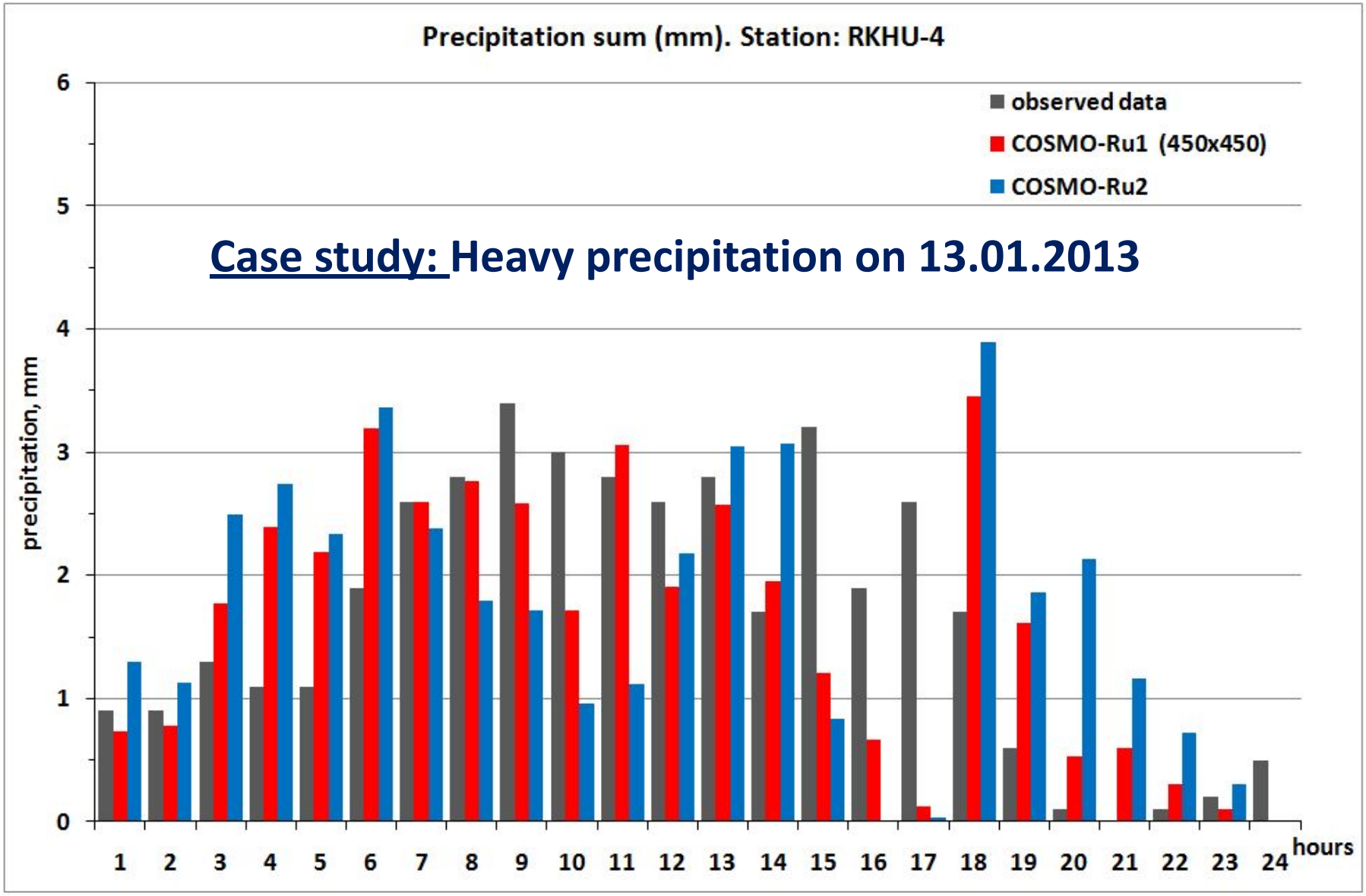
Начальные и граничные условия из COSMO-Ru2

Область: 900 км x 1000 км
Сетка: 420 x 470 x 50
Шаг по пространству : 2.2 км
Шаг по времени: 20 с
Заблаговременность прогноза: до 48 ч

Расчет выполняется на РСК «Торнадо» , на 288 ядрах

Основные параметры COSMO-Ru1


Temperature at 2 m, 13.01.2013. RKHU-4
temperature, °C
hour
obs. data (1580 m)
COSMO-Ru1 (1015 m)
100x100
200x200
450x450
COSMO-Ru2 (1650 m)
COSMO-Ru7 (1868 m)



Case study: Heavy precipitation on 13.01.2013

Основные результаты

В рамках проектов
FROST2014 (проект WWRP) и CORSO (проект консорциума COSMO)
разработана и реализована система мезомасштабного ансамблевого прогноза COSMO-RU2-EPS для территории Сочинского региона

Модель COSMO-RU, разрешение 2.2 км, 10 реализаций, граничные и начальные условия предоставляются итальянскими коллегами

Зимой и весной 2013 года (период соревнований в Сочи) система функционировала в квазиоперативном режиме

Прогнозы на 48 часов дважды в сутки по срокам 00 ВСВ
и 12 ВСВ

Готовность прогнозов ~12:30 and 00:30 ВСВ
(~12,5 часов после срока наблюдений)

Анализ результатов для отдельных случаев (case studies) показал успешность ансамблевых прогнозов

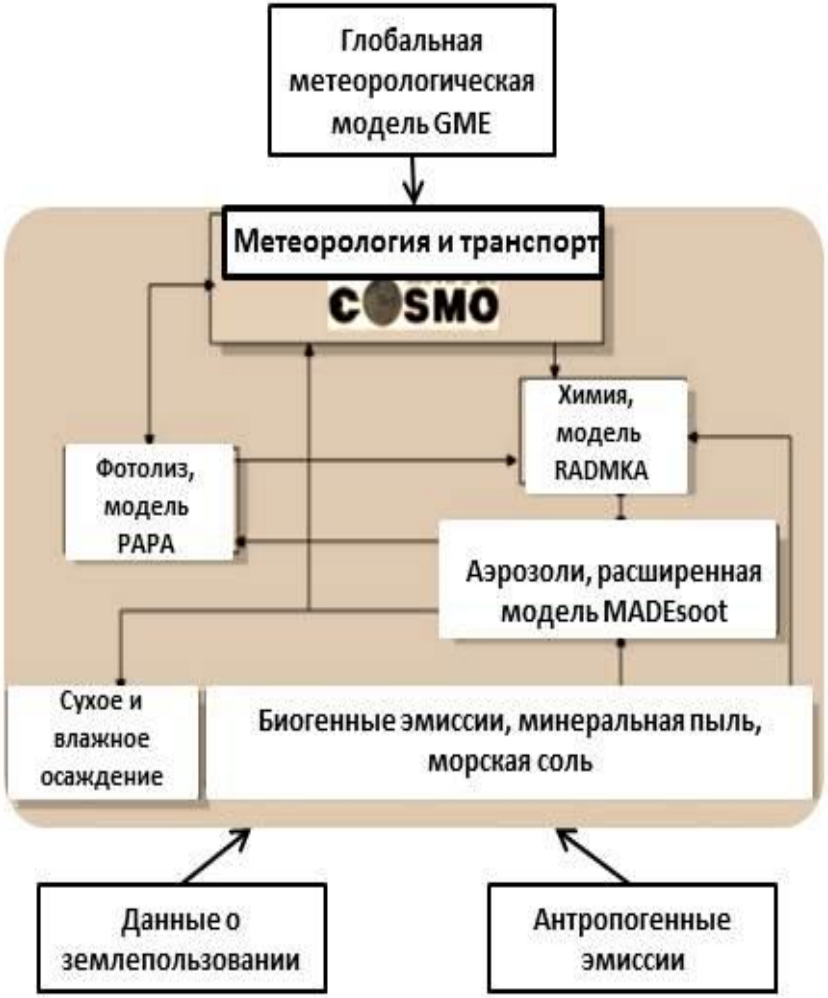
COSMO-Ru7-ART

COSMO

Consortium for Small Scale Modelling

ART

Aerosols and Reactive Traces Gases



- **Химические преобразования веществ в газовой фазе**

  Модель атмосферной химии RADMKA (модифицированная RADM2 (Stockwell, 1990, 1997 и др.) - 172 реакции, более 60 веществ.

- **Фотолиз**

  Модель фотолиза PAPA (Bangert, 2007); Стандартные вертикальные профили константы фотолиза – модель STAR (Ruggaber, 1994);

- **Аэрозоли**

  Модель MADEsoot (Riemer et al., 2003; Vogel, 2006, 2009, 2011 и др.)
  Коагуляция, конденсация, нуклеация, осаждение, выведение, вымывание, химия