

Практическая работа

Оценка оправдываемости
краткосрочного прогноза
барических образований,
циклонов и антициклонов

1. Открываем сайт Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды

Набрать ECMWF

2. Нажать **View all charts** (справа)

3. Пометить слева, какие нужны карты:

Range - **Medium (15 days)**

Type - **Forecast**

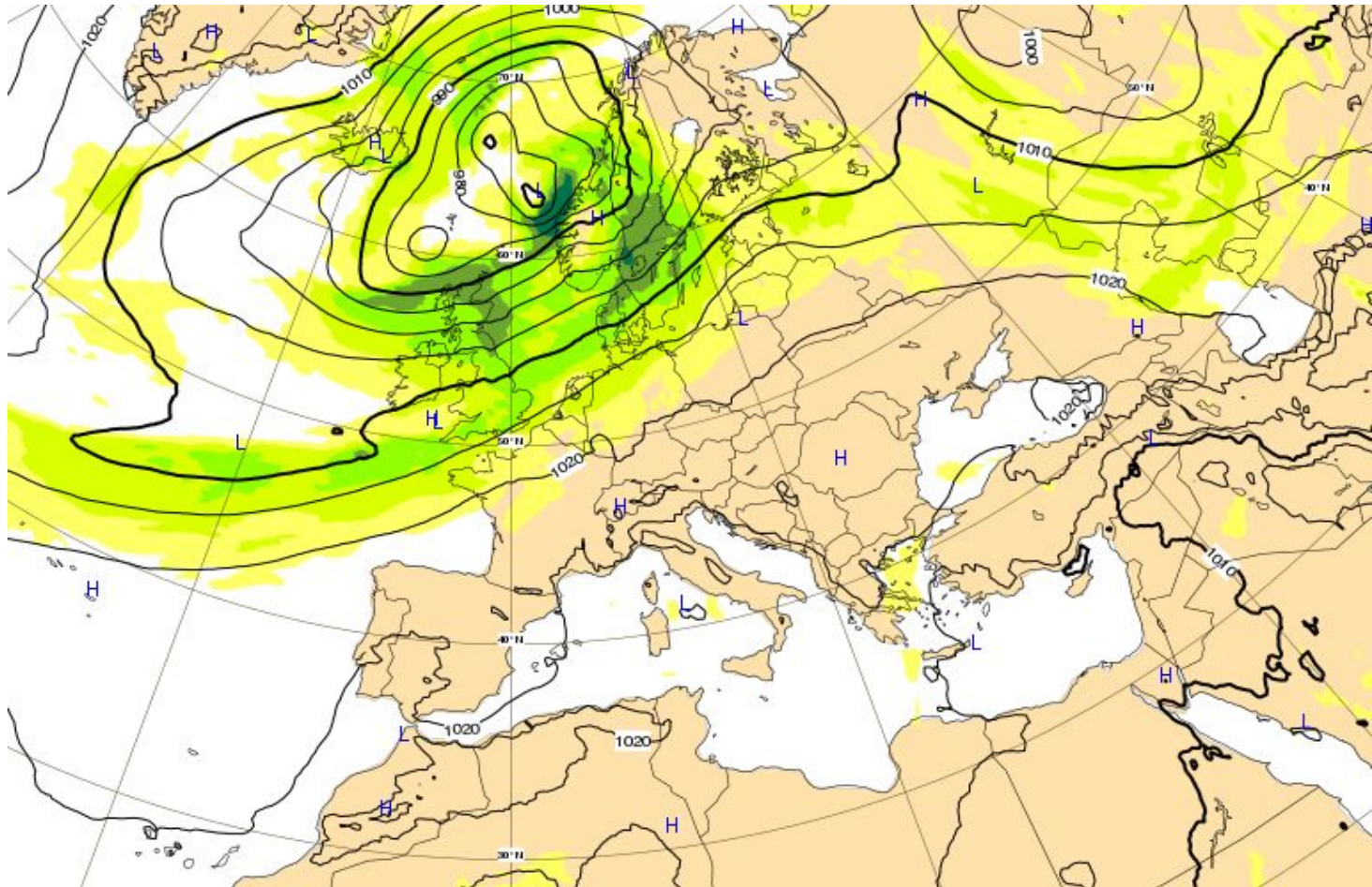
Component – **Surface**

4. Картинки в середине

Нажать на Mean sea level

Получится следующее

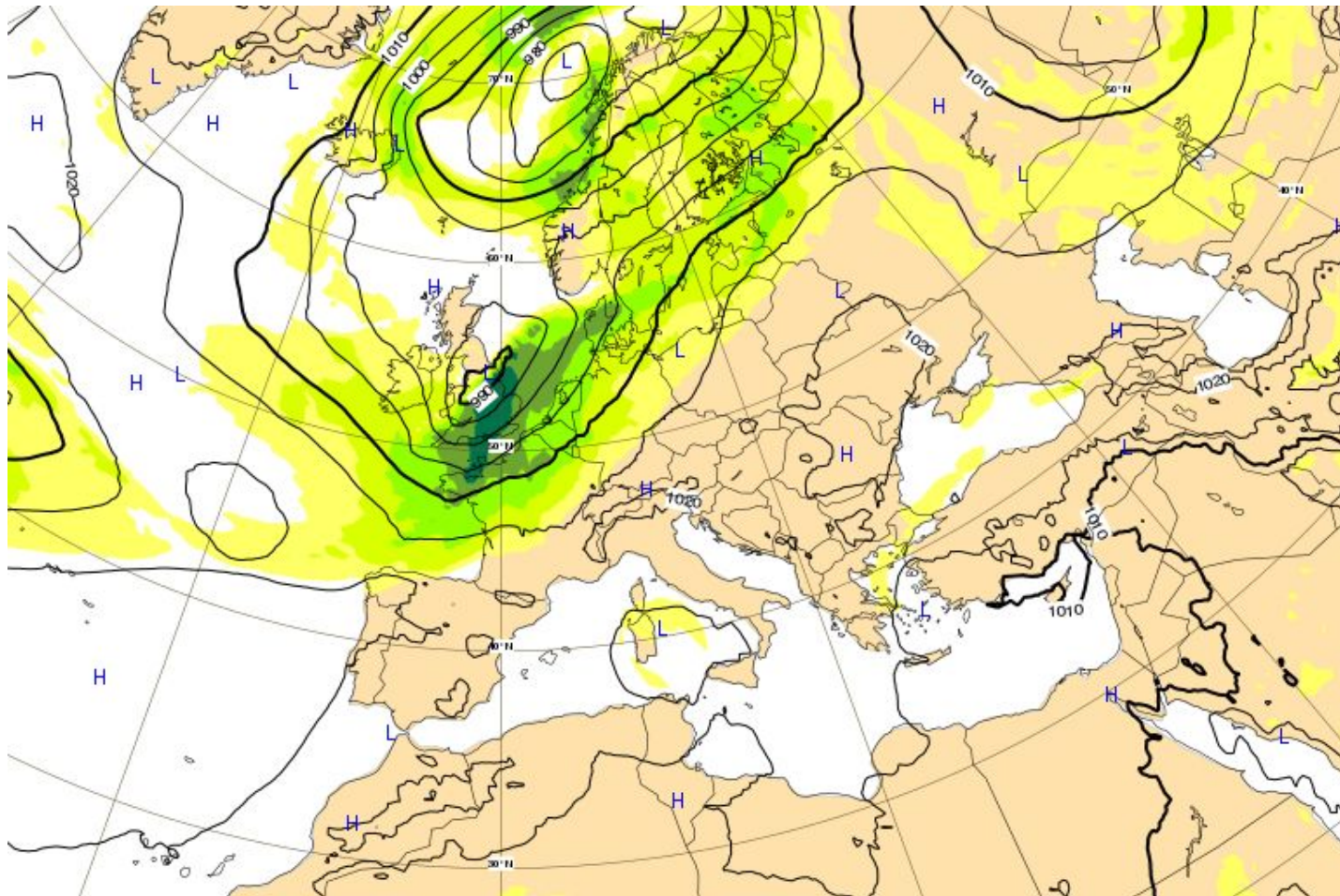
Фактическая карта приземного давления



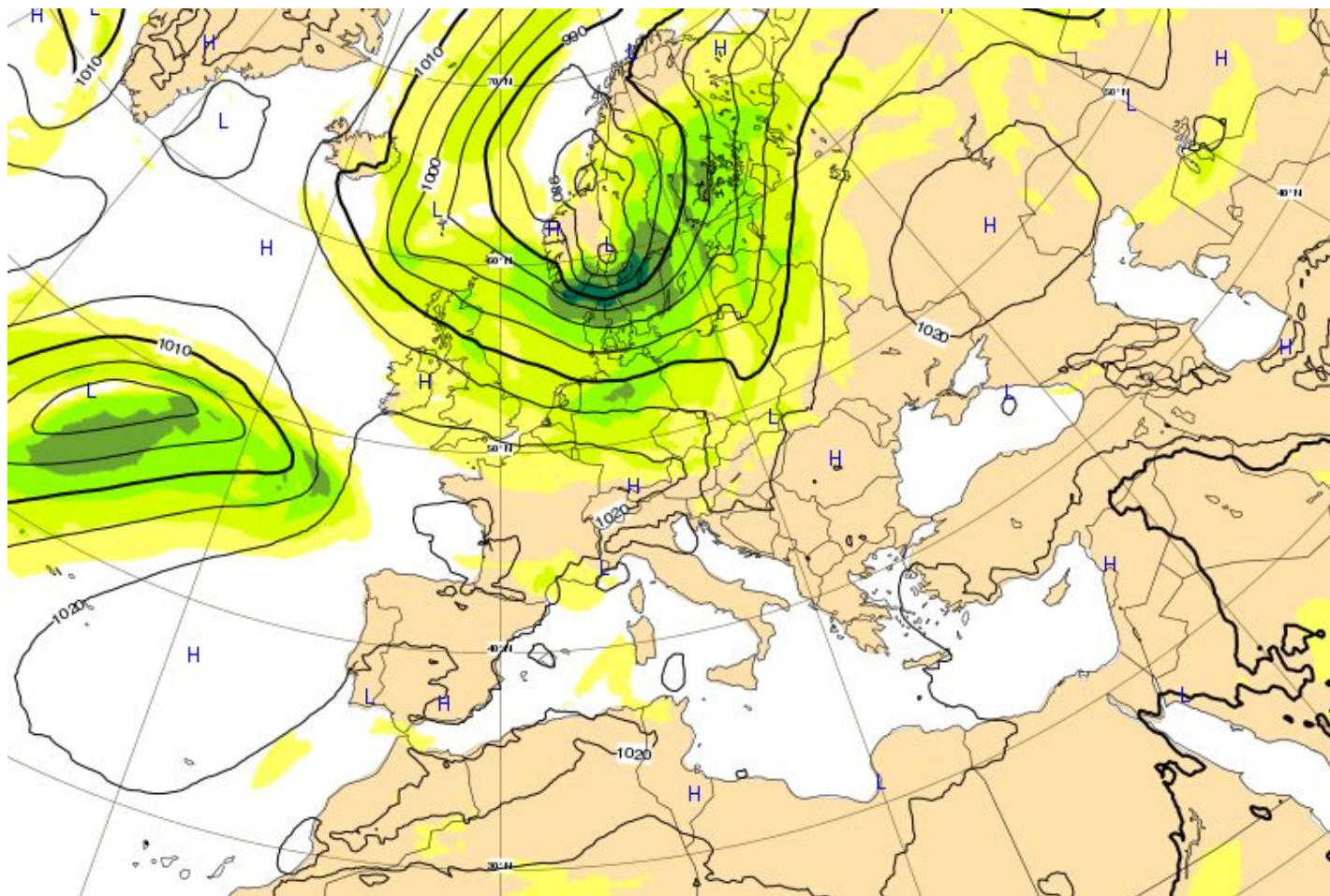
Внизу карты будет **линейка**
заблаговременности прогноза:

по ней последовательно открываем
прогностические карты от 24 часов
(сутки) до 168 часов (7 суток)

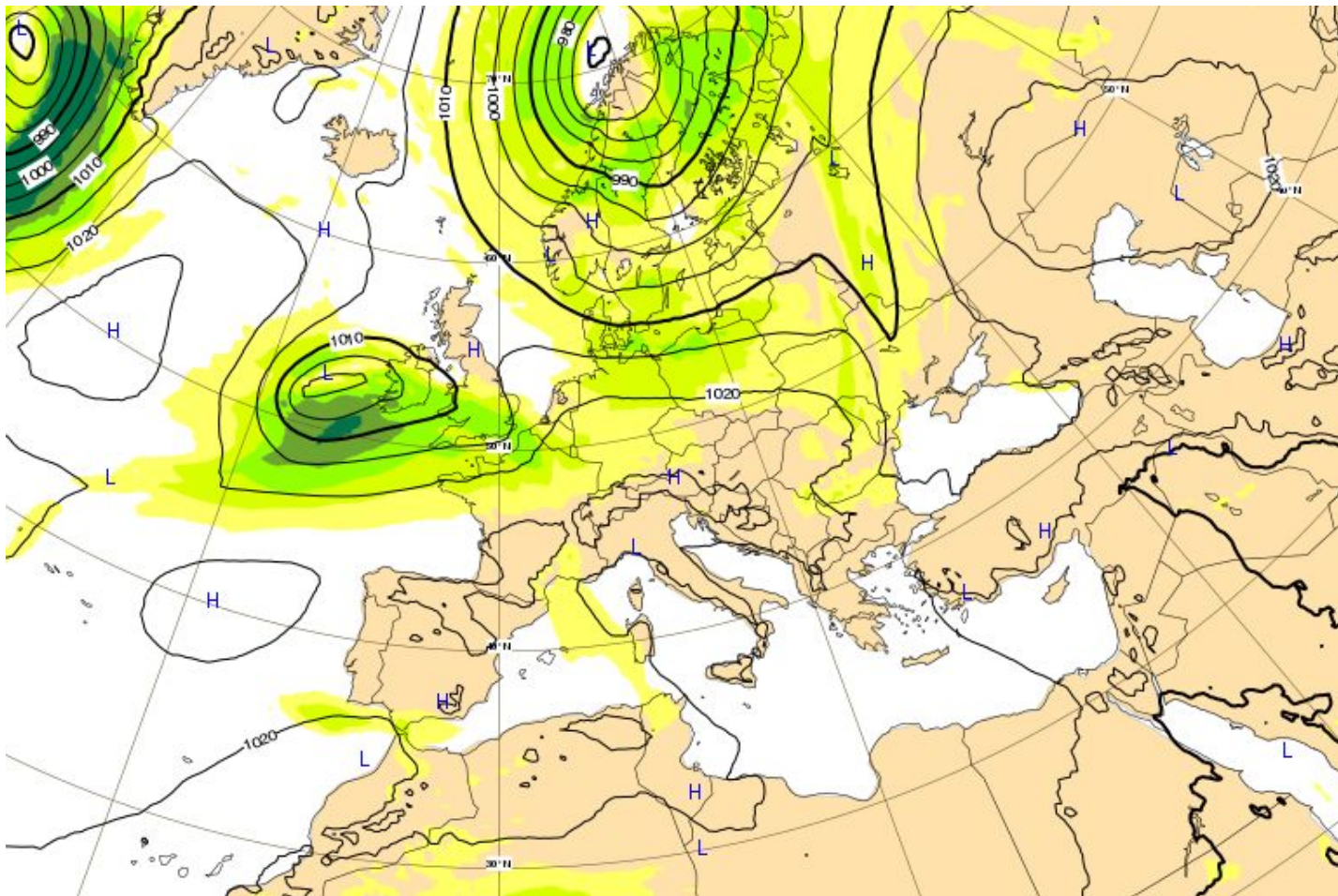
Прогноз на 24 часа (сутки)



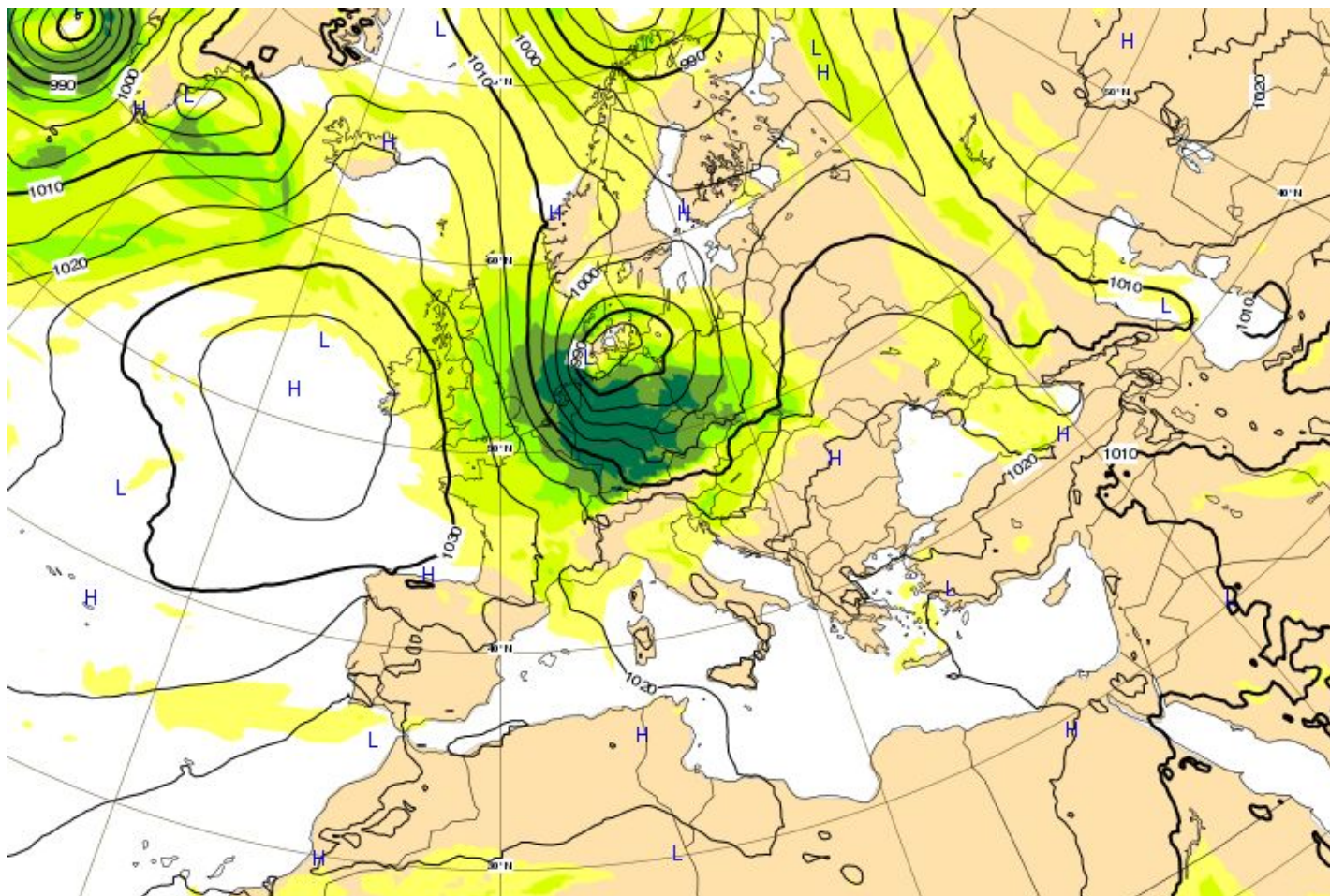
Прогноз на 48 часов (2 суток)



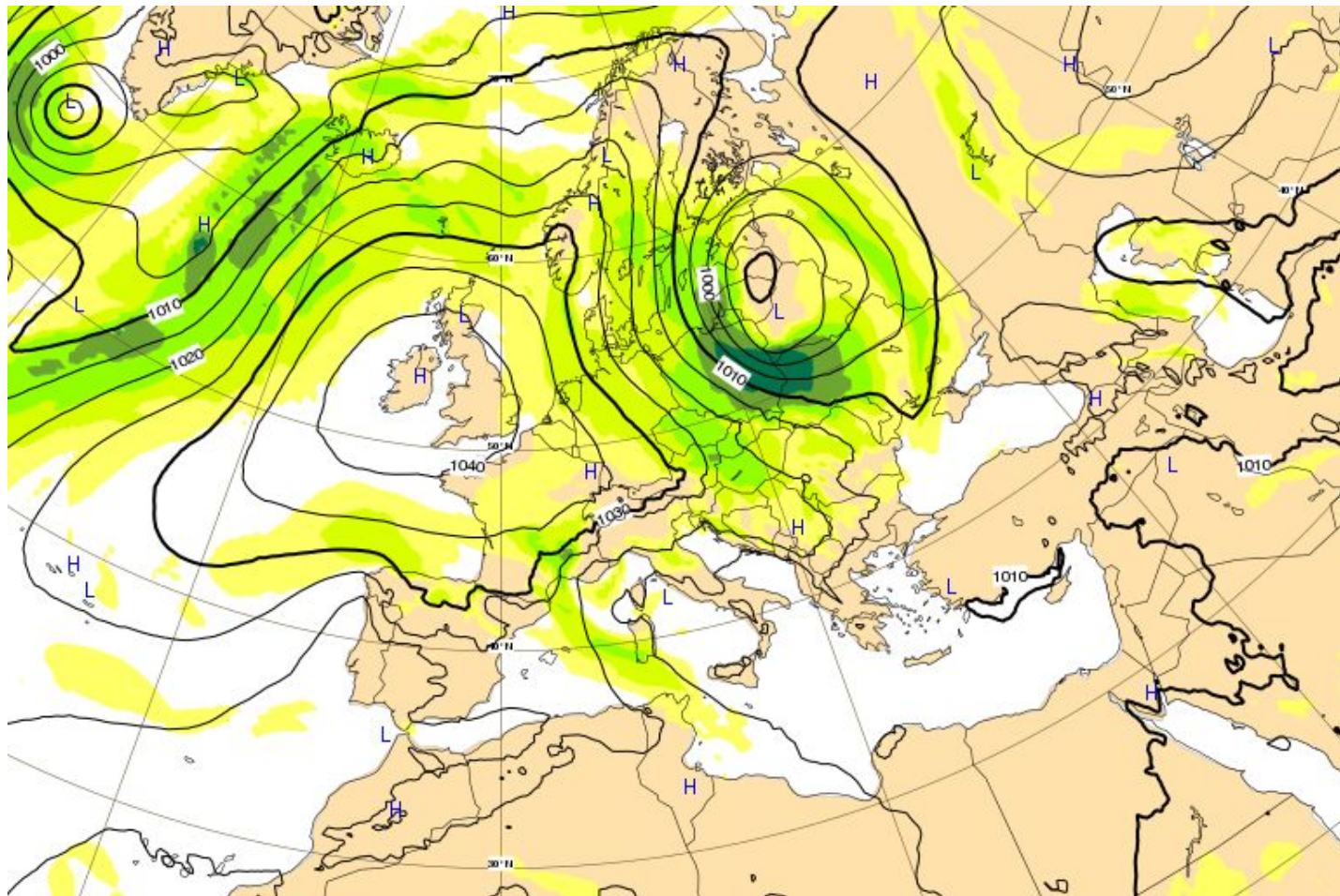
Прогноз на 72 часа (3 суток)



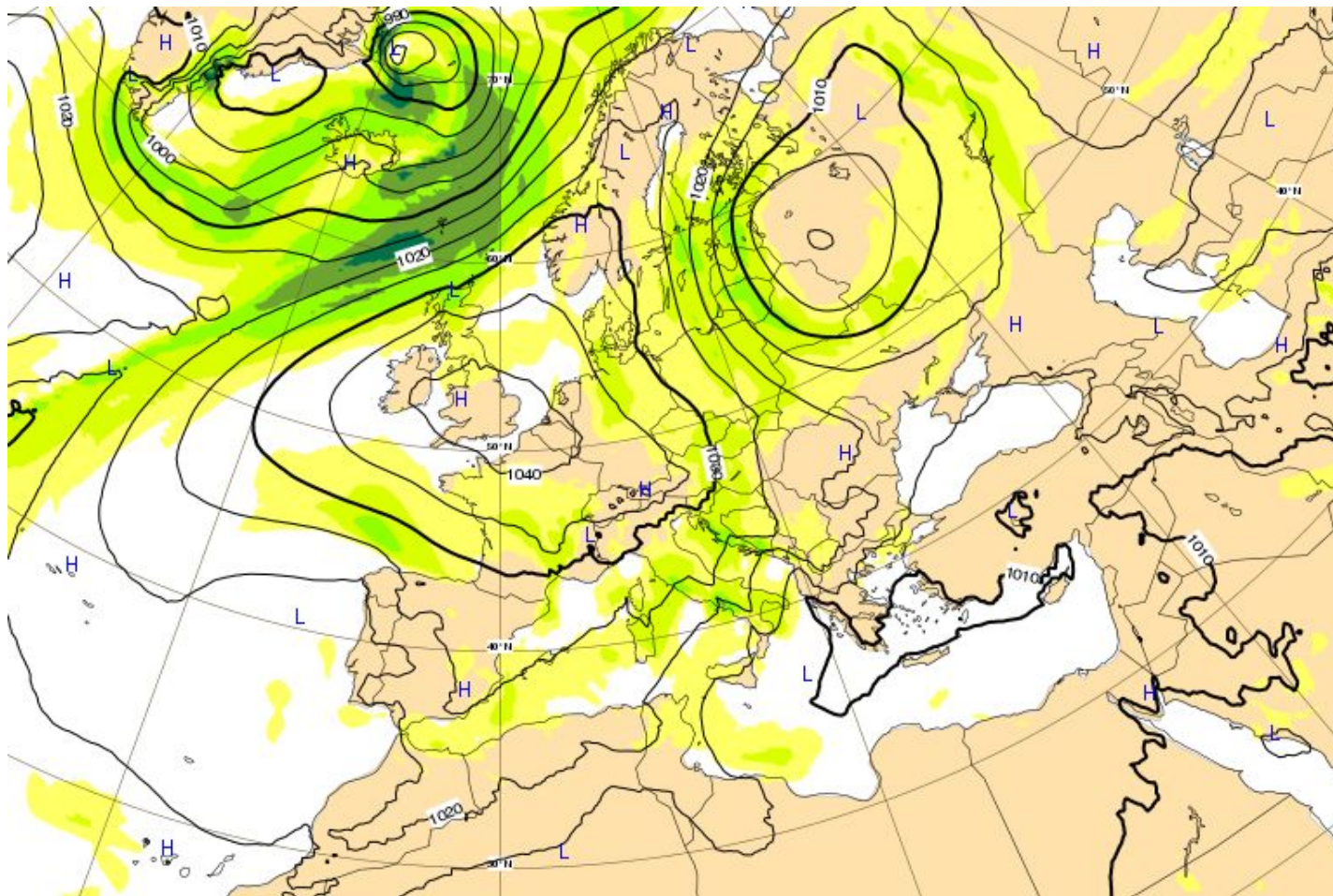
Прогноз на 96 часов (4 суток)



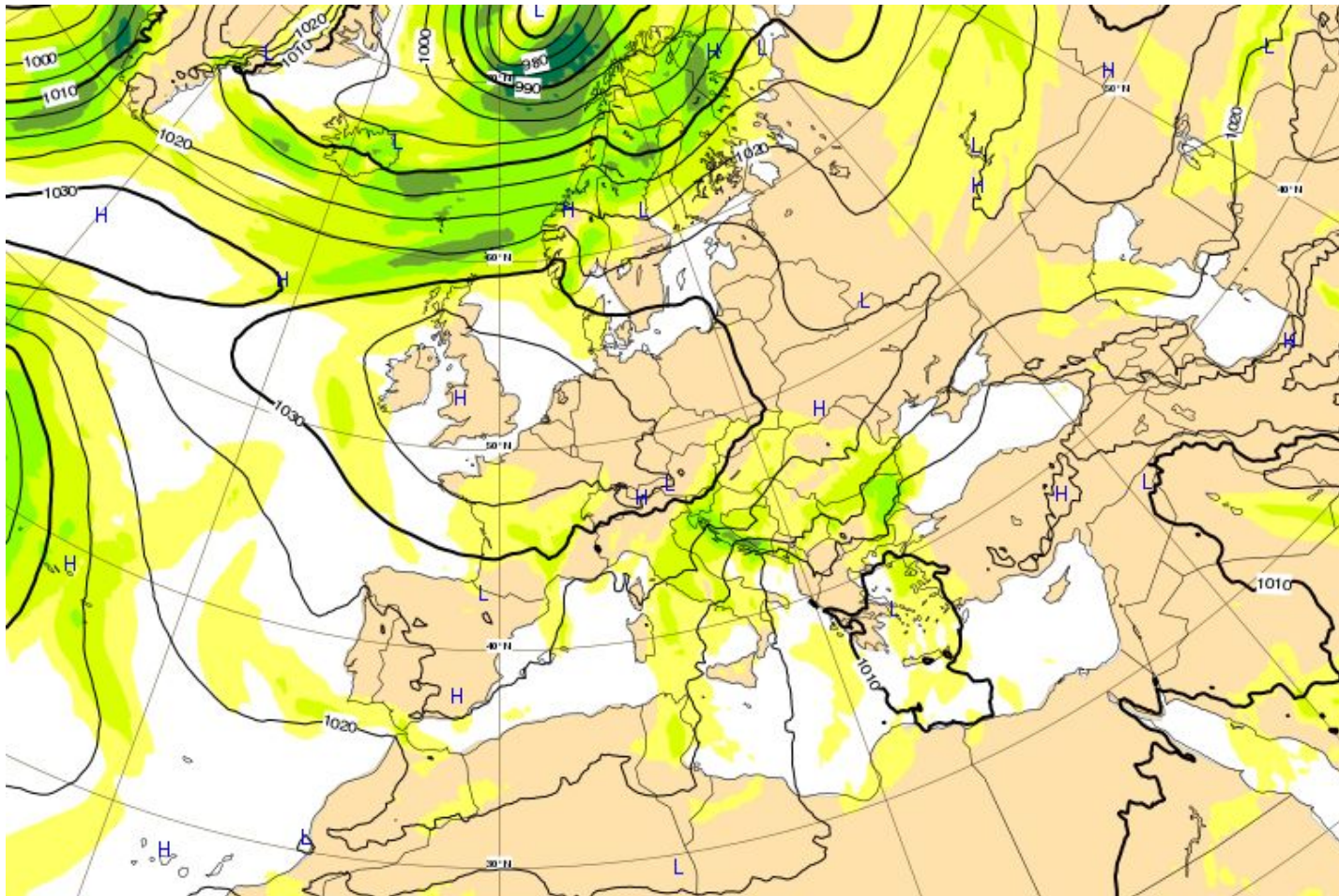
Прогноз на 120 часов (5 суток)



Прогноз на 144 часа (6 суток)



Прогноз на 168 часов (7 суток)



Что делать дальше

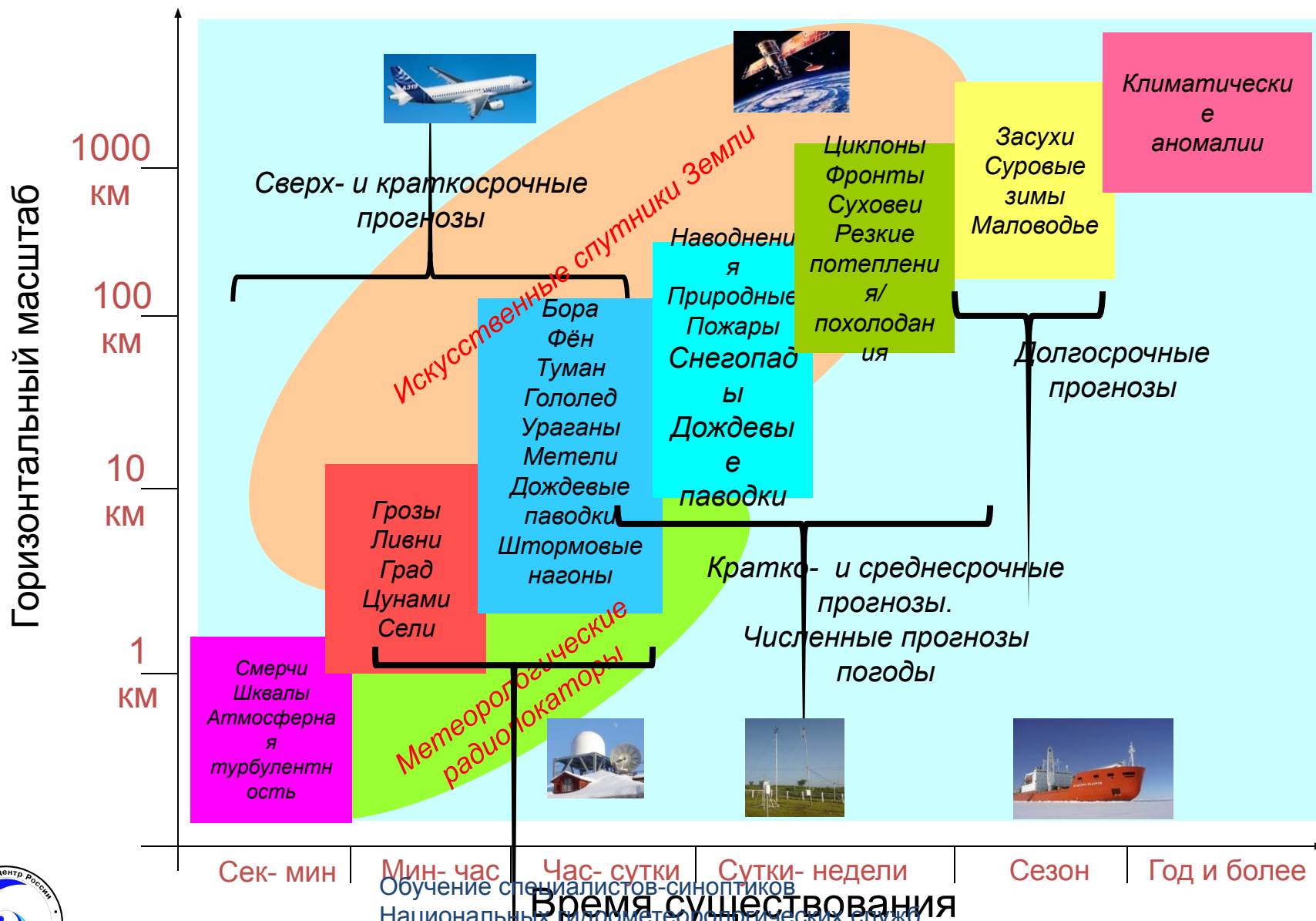
1. Нанести на карту прогностическое и фактическое положение центров циклонов и антициклонов
2. Вычислить расстояние между ними для каждого прогностического срока
(ΔS в километрах)
3. Построить графики зависимости ΔS от заблаговременности прогноза, отдельно для циклонов и антициклонов (в среднем по всем барическим образованиям)

Это и есть ваш отчетный материал

Прогноз мезомасштабной погоды



Масштабы гидрометеорологических явлений



<p>МОДЕЛИ : глобальные региональные ПРОЦЕССЫ</p>	<p>МАСШТАБ, км</p>	<p>ШАГ СЕТКИ для разрешения процесса моделью и ВРЕМЯ ЖИЗНИ процесса</p>
<p>планетарные волны</p>	<p>> 10000</p>	<p>2500 км / 1 месяц</p>
<p>антициклоны, циклоны,</p>	<p>10 000 – 2000</p>	<p>500 км / 1 мес.- 1 нед.</p>
<p>фронты, тропические циклоны</p>	<p>2 000 – 200</p>	<p>50 км / 1 нед. – 1 сут.</p>
<p>горные ветры и волны, кластеры кучево-дождевых облаков, морской бриз, низкоуровневые струйные течения</p>	<p>200 – 20</p>	<p>5 км / 1 сут. – 1 час</p>
<p>городская циркуляция, гравитационные волны, кучево-дождевые облака, турбулентность ясного неба</p>	<p>20 – 2</p>	<p>500 м / 1 час</p>
<p>кучевые облака, торнадо</p>	<p>Обучение специалистов-синоптиков Национальных гидрометеорологических служб государств Центральной Азии июнь-июль 2013. 2 – 0,2</p>	<p>50 м / 1 – 0,5 час</p>



МЕЗОМАСШТАБНЫЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ЛАНДШАФТ

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

- **ВЕЛИКОБРИТАНИЯ: UM**

- **МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ
КОНСОРЦИУМЫ ЕВРОПЫ:**

- **ALADIN**

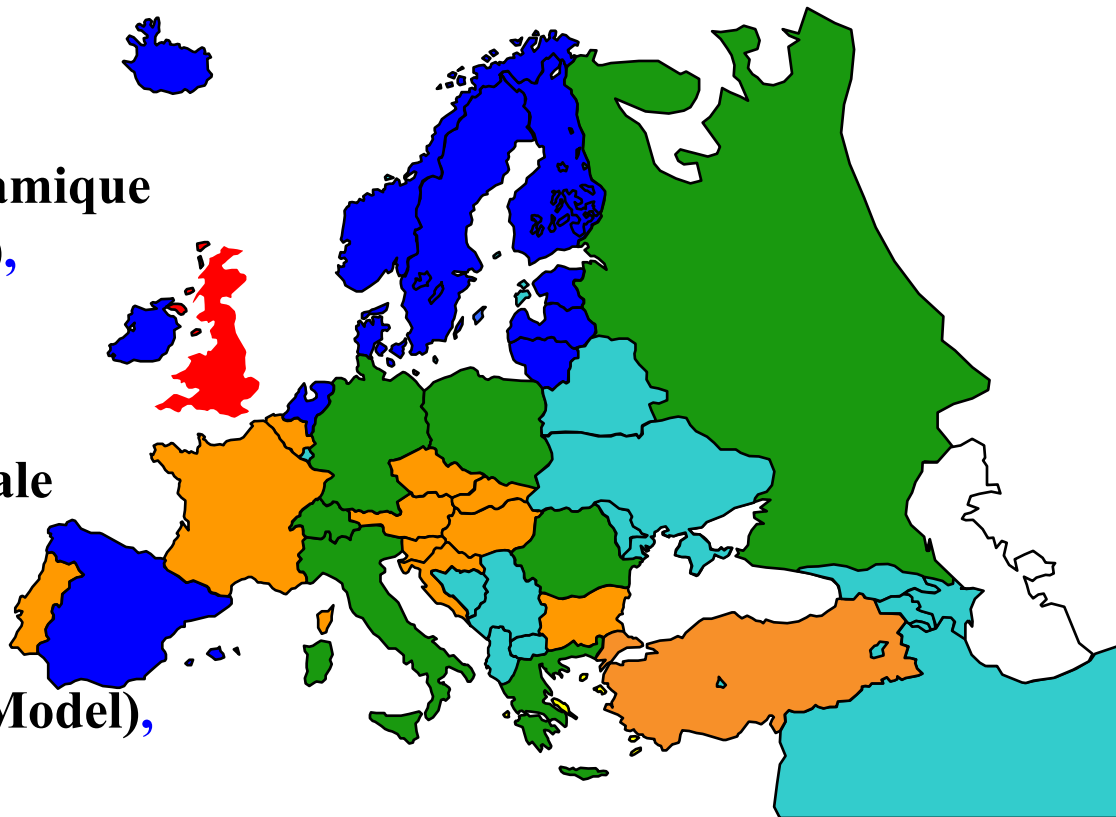
(Aire Limitée Adaptation dynamique
Développement InterNational),
(Франция);

- **COSMO**

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

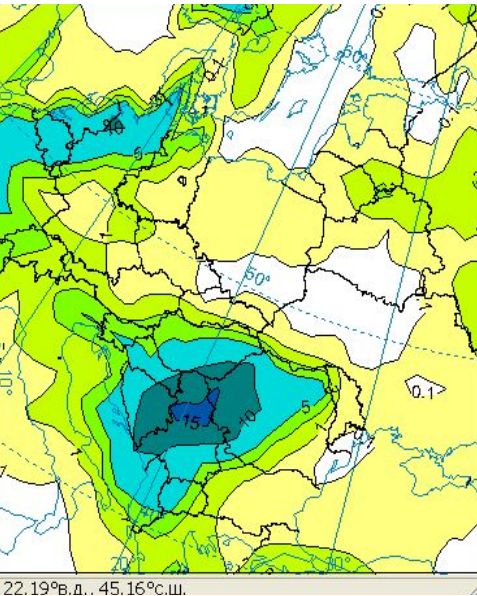
- **HIRLAM**

(High Resolution Limited Area Model),
(Скандинавские страны);

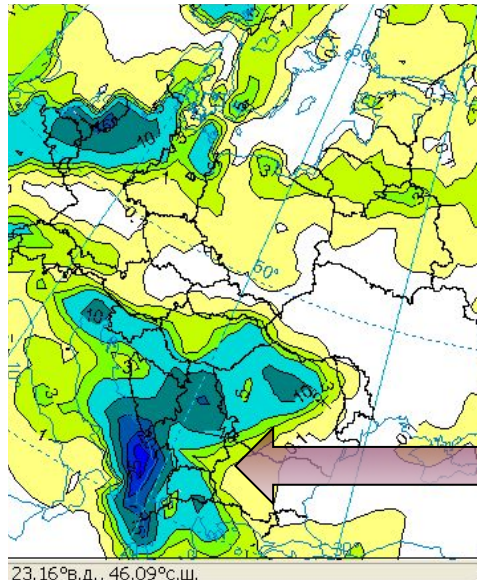


- **США: WRF – ARW (Advanced Research WRF),
WRF – NMM (Nonhydrostatic Mesoscale Model)**

Эффект повышения пространственного разрешения: пример прогноза осадков



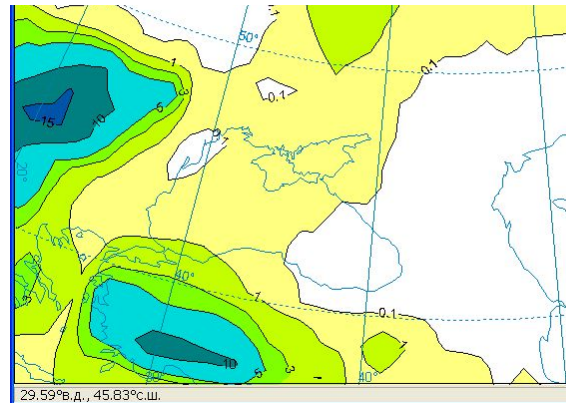
T85L31



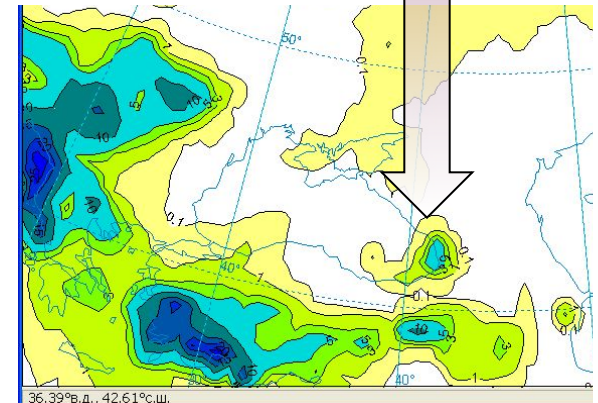
T169L31

Более аккуратное воспроизведение картины осадков над горными областями

T85L31

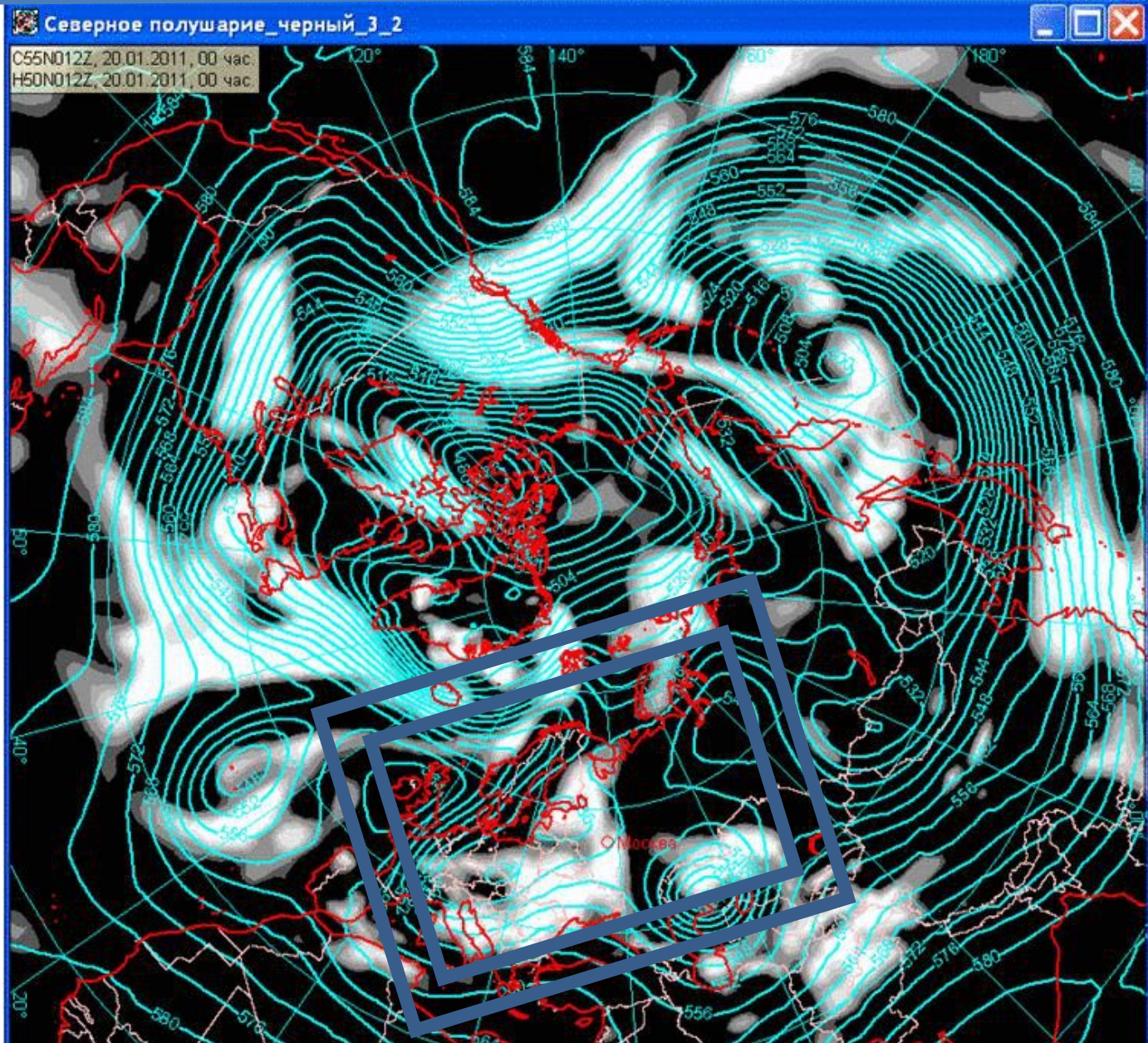


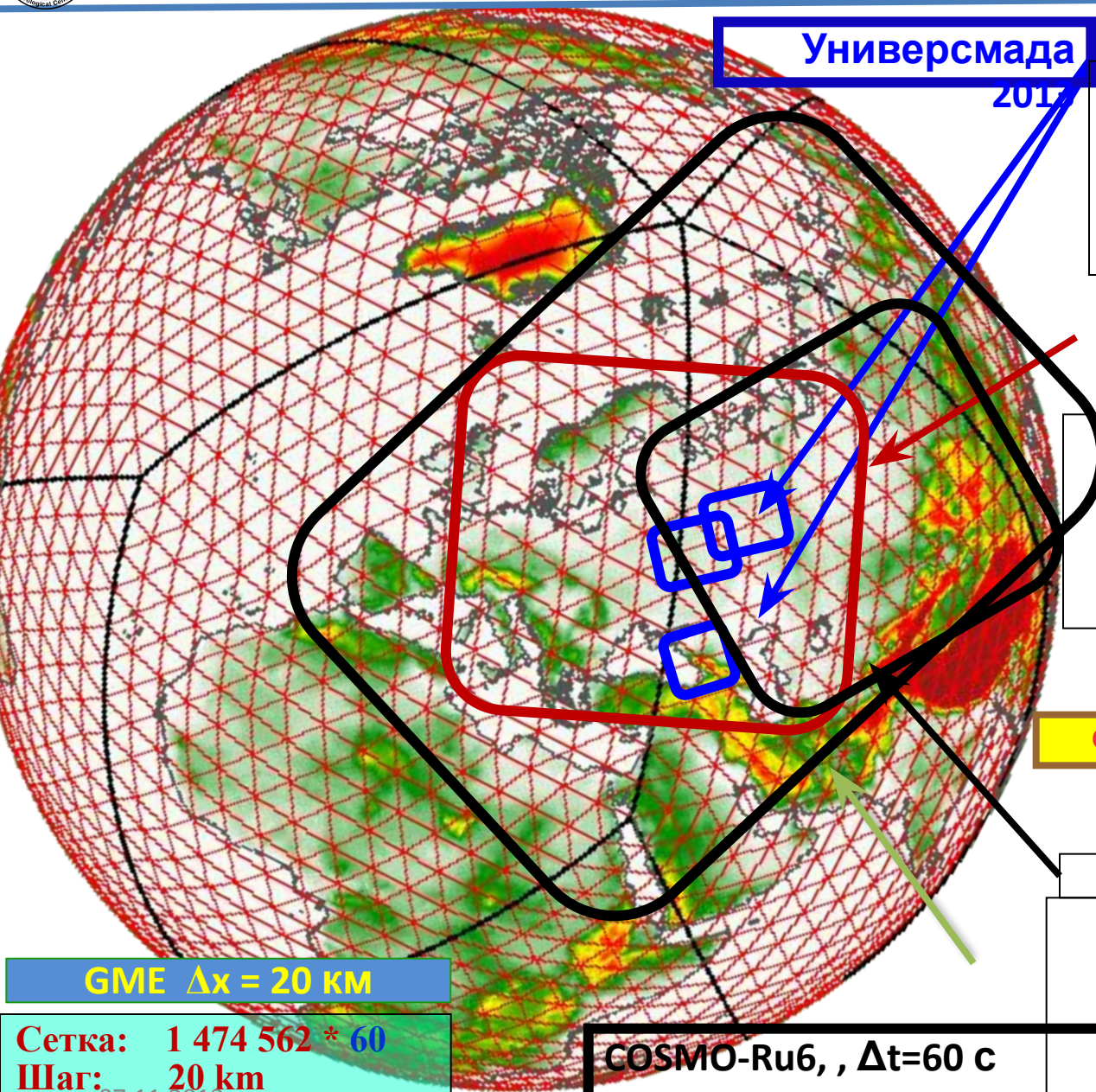
T169L31



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

07.11.2013





Универсада

COSMO-Ru2 $\Delta x = 2.2 \text{ км}$

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

COSMO-Ru7 $\Delta x = 7 \text{ км}$

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 $\Delta x = 14 \text{ км}$

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

GME $\Delta x = 20 \text{ км}$

Сетка: 1 474 562 * 60
Шаг: 20 км
 Δt : 110 с

COSMO-Ru6, , $\Delta t=60 \text{ с}$

COSMO-Ru13 , $\Delta t=120 \text{ с}$



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.**

$$F = ma$$

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

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

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

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

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

$$p\alpha = RT$$



$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{R}{C_p}} \quad Q = C_p \frac{dT}{dt} - \alpha \frac{dp}{dt} \quad \frac{ds}{dt} = C_p \frac{1}{\theta} \frac{d\theta}{dt} = \frac{Q}{T}$$

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

НЕГИДРОСТАТИЧНОСТЬ

Уравнение

для вертикальной составляющей скорости ветра

$$\frac{dw}{dt} = \boxed{-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} - g} + F_r + \left(2\Omega + \frac{u}{r \cos \varphi}\right) u \cos \varphi + \frac{v^2}{r}$$

Если шаг сетки по горизонтали **более 10 км**, то **имеет смысл** использовать **квазигидростатическое** приближение.

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = -g$$

Если шаг сетки по горизонтали **менее 10 км**, то **необходимо** использовать **негидростатическое** приближение.

Обучение специалистов-синоптиков

Национальных гидрометеорологических служб

государств Центральной Азии июнь-июль 2013г.

Гидрометеорологический центр Российской Федерации



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

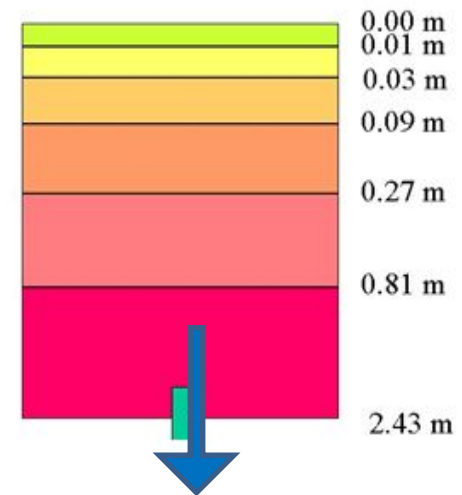
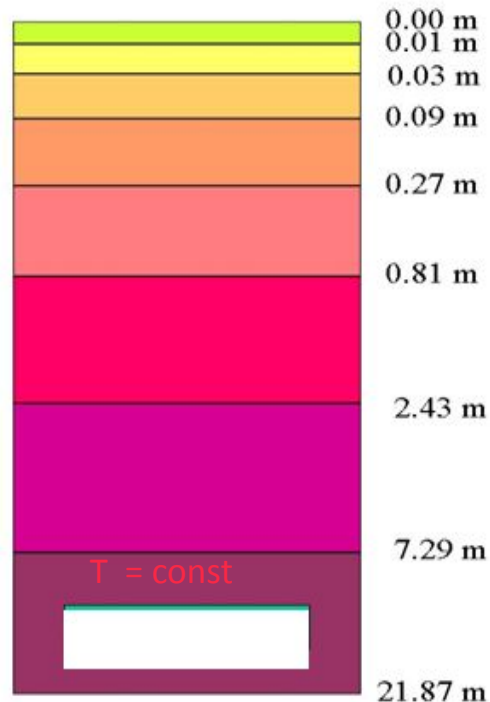
$n-1/2$ w, z
 n T, u, v, p_0
 $n+1/2$ w, z

COSMO-Ru7

ПОЧВА: 7 – уровней

БАЛАНС ЭНЕРГИИ

ВОДНЫЙ БАЛАНС



Откуда так много вычислений?

(1) Разрешение 1 км:

Радиус Земли ~ 6380 км

Площадь поверхности ~ 128 000 000 кв.км

100 уровней по вертикали в модели

Итого около 13 млрд точек сетки!!!!

(2) Задача моделирования изменения климата:

*Шаг по времени – минуты (устойчивость),
временной масштаб – сотни лет.*

Сколько минут в столетии?

52 560 000 !!!!



Суперкомпьютерные системы ведущих метеорологических центров мира

Название центра, страна, год установки, место в Top500 (Top50)	Компьютер	Число ядер	R peak, Tflops
ECMWF, UK 2009, 25 и 26	IBM pSeries Power 575, p6 4.7 GHz, Infiniband	8320	156.42
NCEP, USA 2008, 51 2009, 63	IBM pSeries Power 575, p6 4.7 GHz, Infiniband	4992 4224	93.85 79.41
UKMO, UK 2009, 73 и 74 352	IBM pSeries Power 575, p6 4.7 GHz, Infiniband	3520 1280	66.18 24.06
Environment Canada 2008, 295	IBM pSeries eServer pSeries p5 575 1.9 GHz	3472	26.39
Росгидромет, Россия, 2008, 12 и 8	SGI Altix 4700 Itanium 2 1.66 GHz, NUMALink	1664	11
	Altix ICE 8200 Xeon E5440 2.83 GHz, Infiniband 4x DDR	1416	16



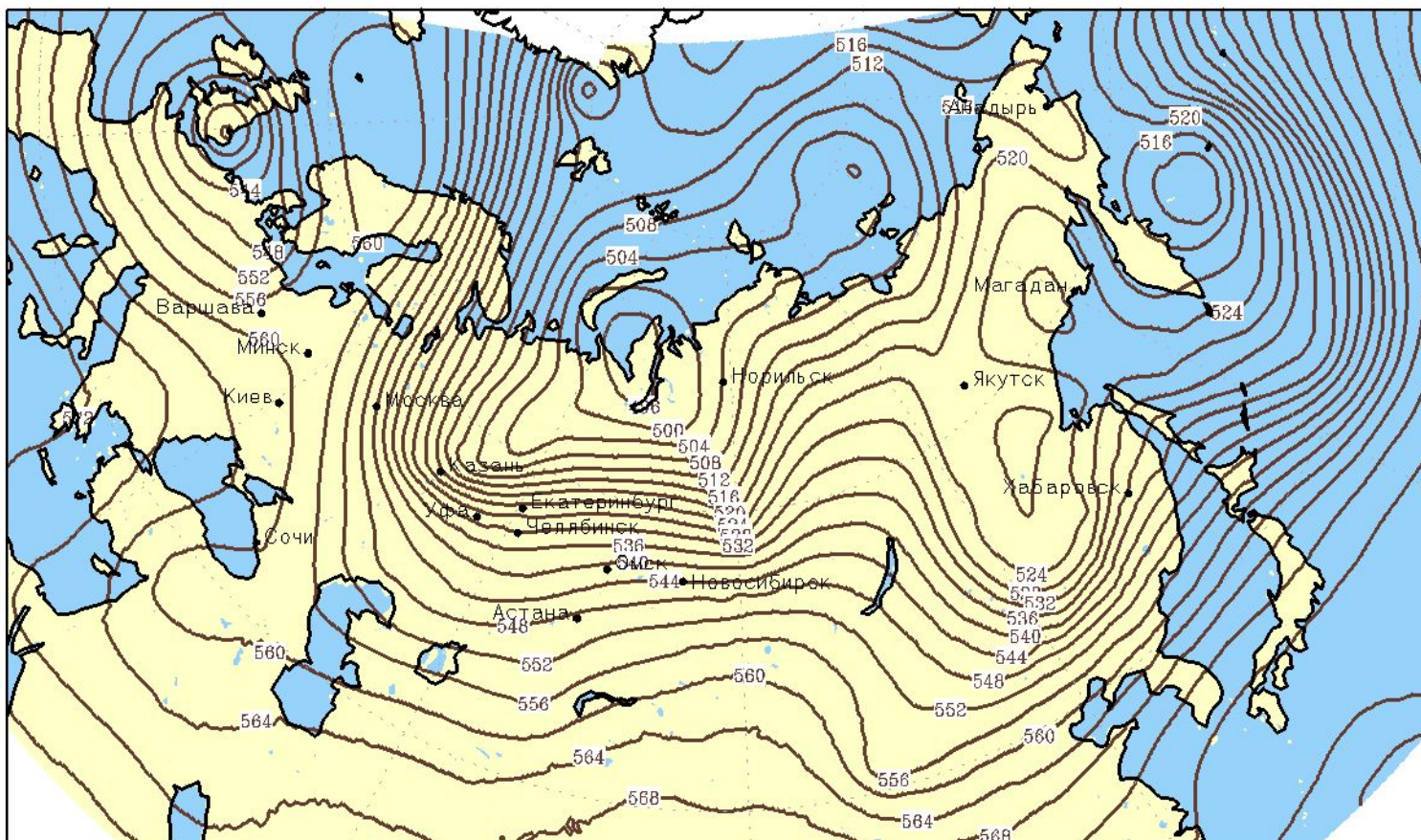
Высокопроизводительный вычислительный комплекс Росгидромета

	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 производительность	11 Тфлопс	16 Тфлопс	35 Тфлопс

**1 Тфлопс = 10^{12} операций в сек =
= $1\ 000 \cdot 10^9$ = тысяча миллиардов операций в сек.**

- 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).

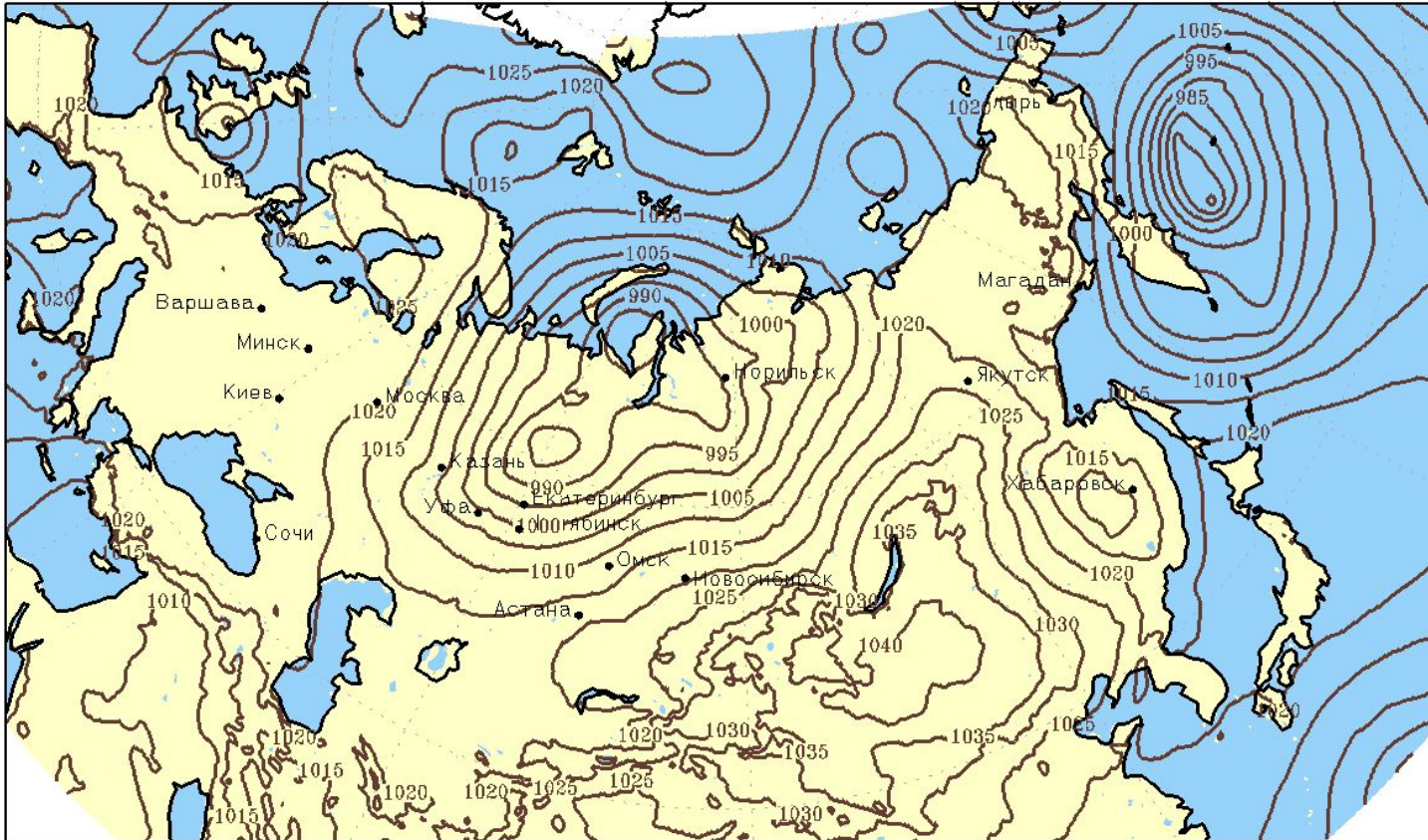
00:00 14окт 2013 (UTC+0): H500



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

COSMO-RU 13км

00:00 14 окт 2013 (UTC+0): PMSL



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

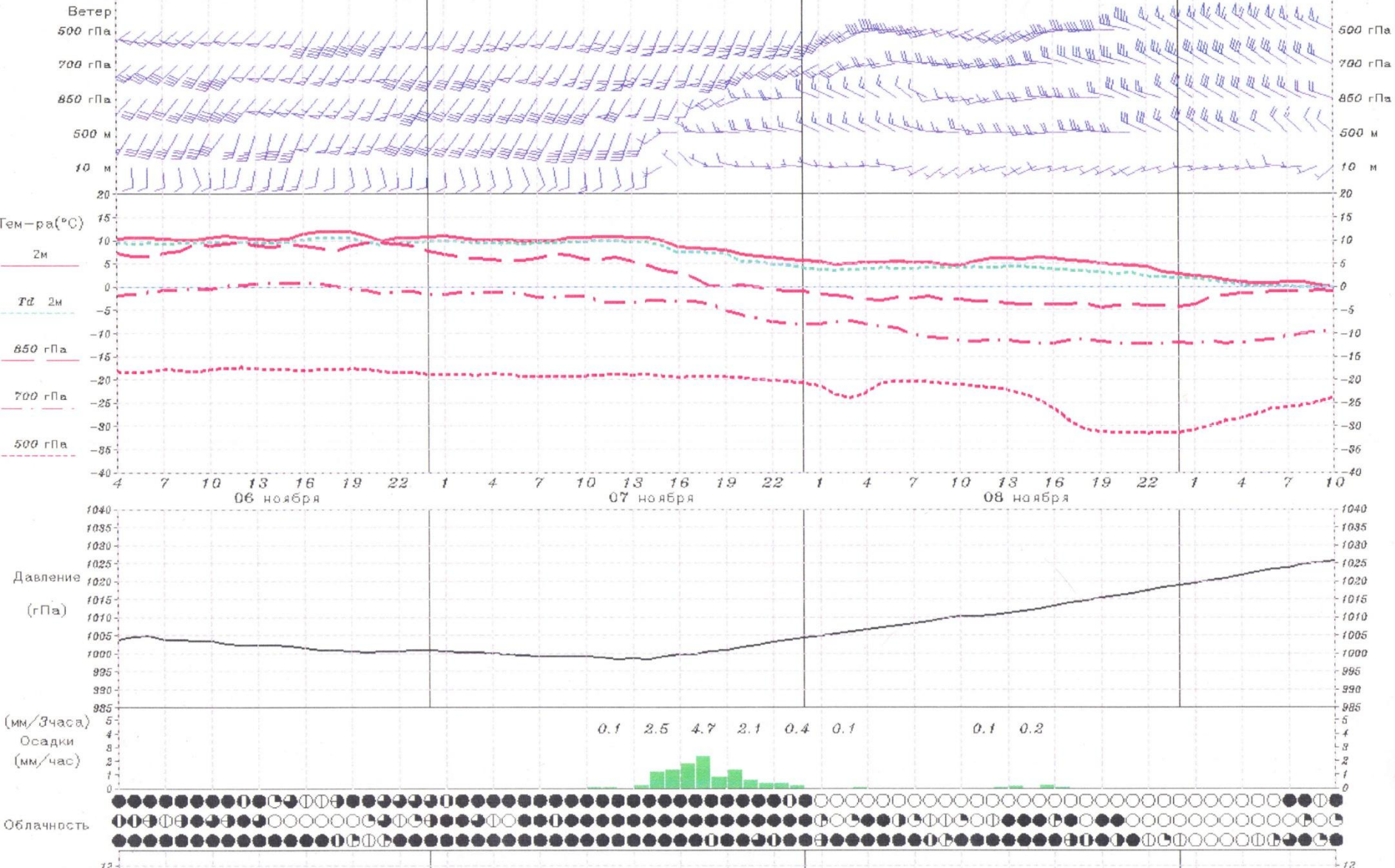
COSMO-RU 13км

— PMSL

Метеограмма

Moscow — Предоставлено ФГБУ "Гидрометцентр РФ" | Долгота: 37.672 | Широта: 55.846 | Высота: 155м

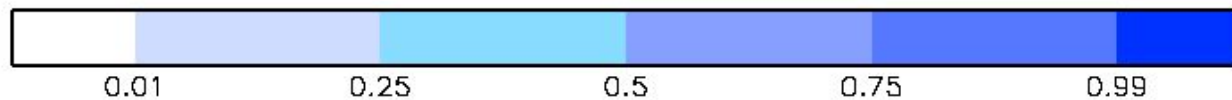
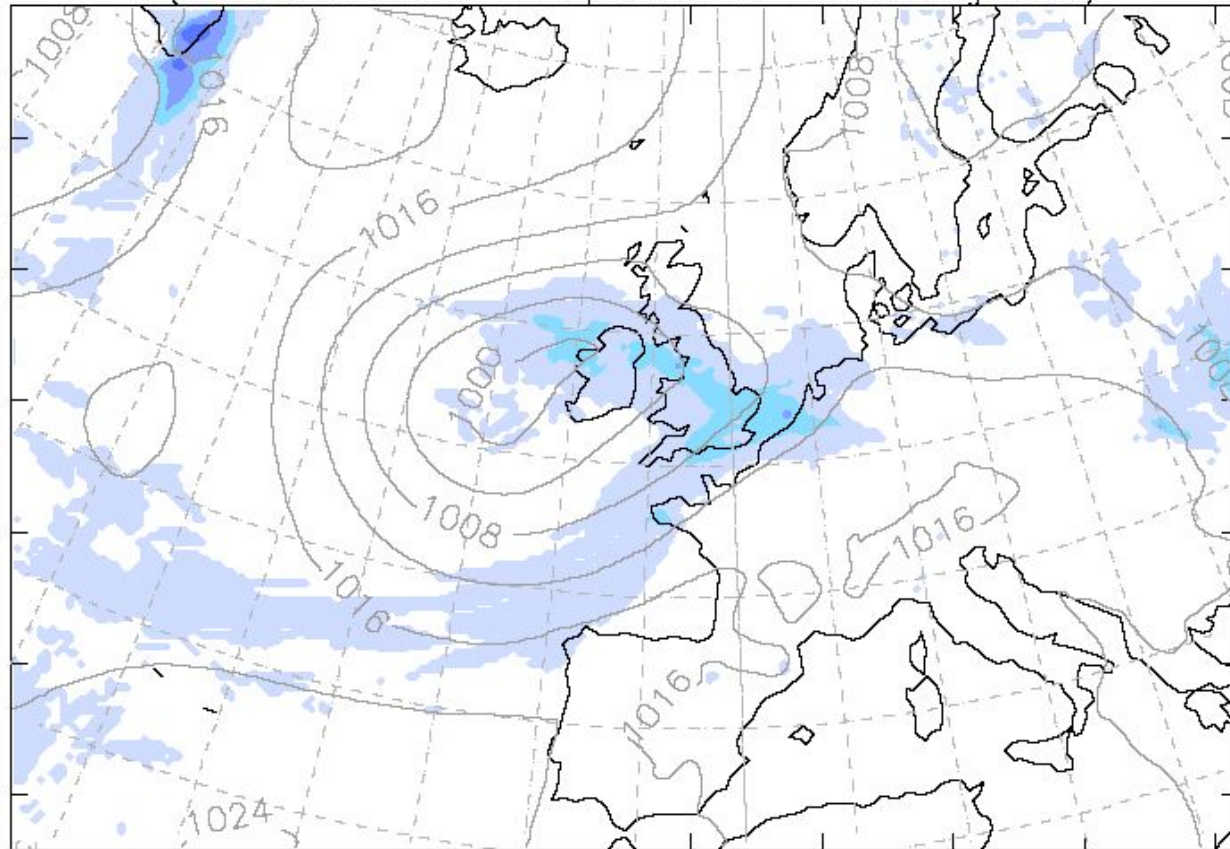
Прогноз на 78 часа(ов) от 06.11.2013 4:00 МСК (00ч. UTC) | Модель COSMO-RU / 7км | Рассчитано: 06.11.2013 07:54 МСК



Probability charts

Prob 6-hour precip > 5mm

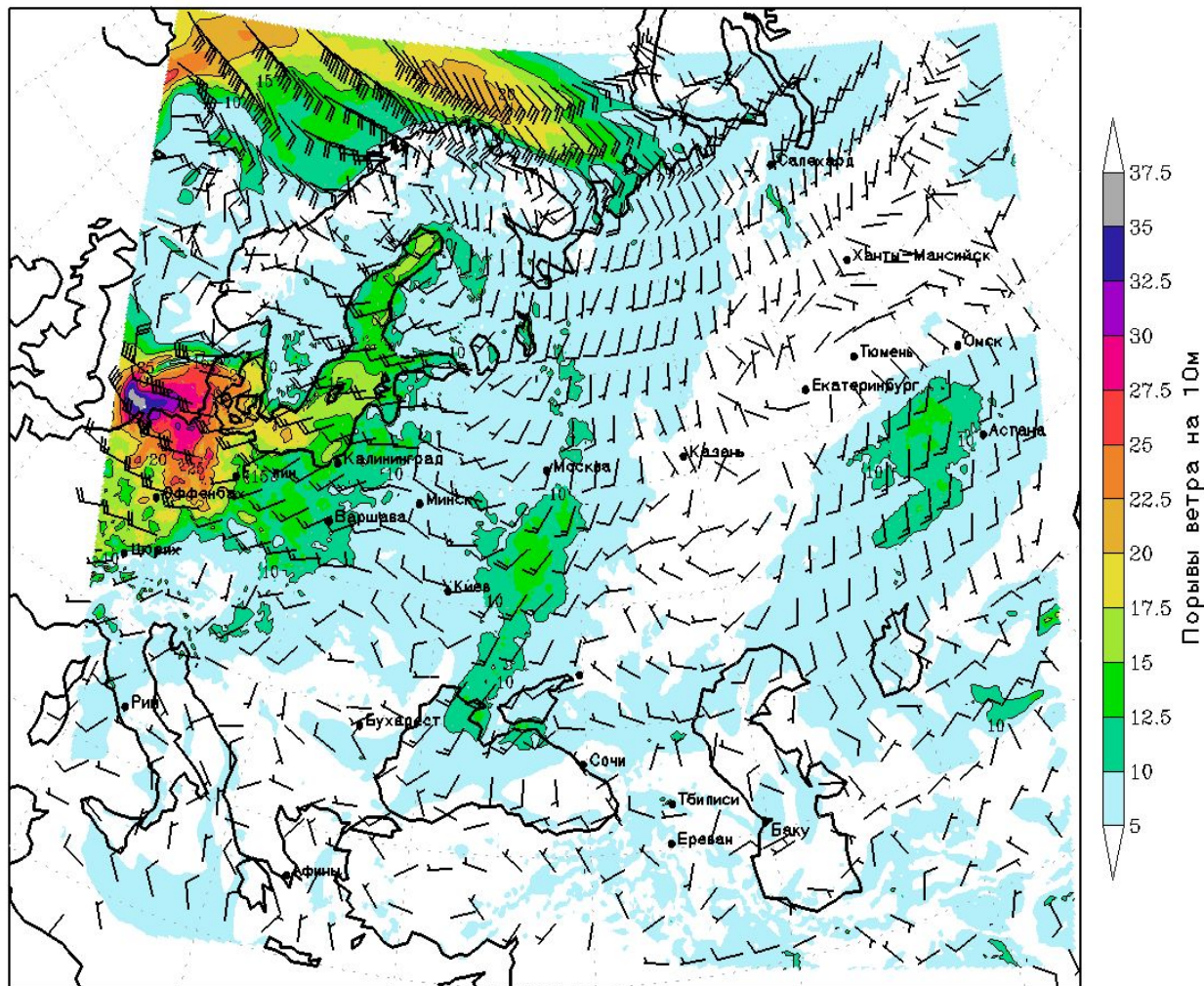
MOGREPS (Regional) Probability map for 6HourPrecip > 5.0mm
DT 18Z on Mon 07/07/2008 VT 00Z on Thu 10/07/2008 lead time 54h
(Ensemble Mean PMSL plotted as faint background)



- An
hel
unc
din
- En
me
PM
set
prc
syr
cor

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

16:00 28окт 2013 (МСК): Ветер на 10м



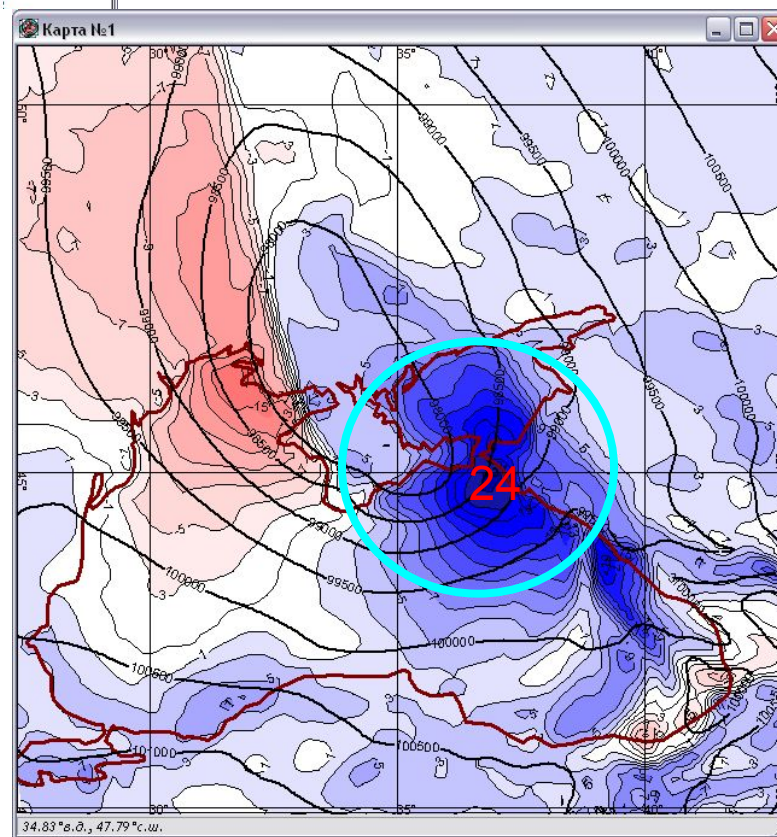
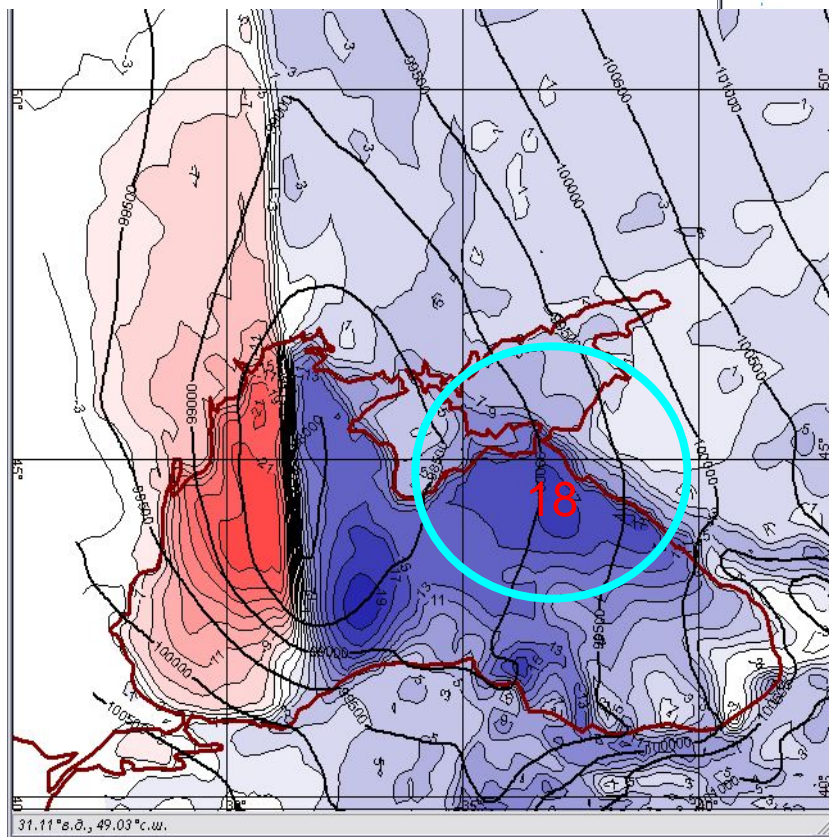
COSMO-RU сегодня: Шторм в Керченском проливе

COSMO-RU: прогнозы скорости ветра на 10-м 11 ноября 2007

24-час. прогноз
(00 UTC 11/11/2007)



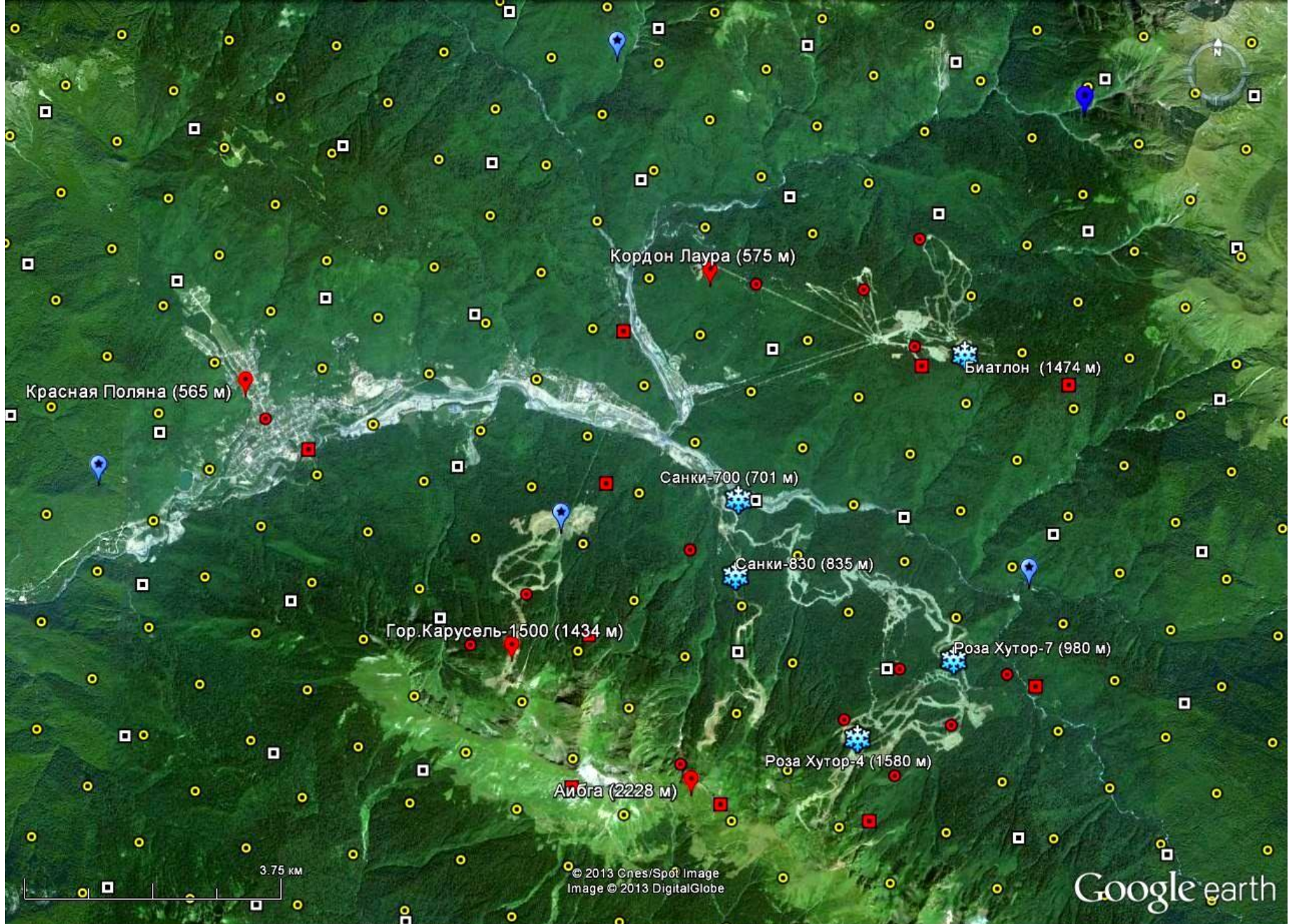
30-час. прогноз
(06 UTC 11/11/2007)



P_{sea} и V -компонент на 10 м, COSMO-RU прогнозы.

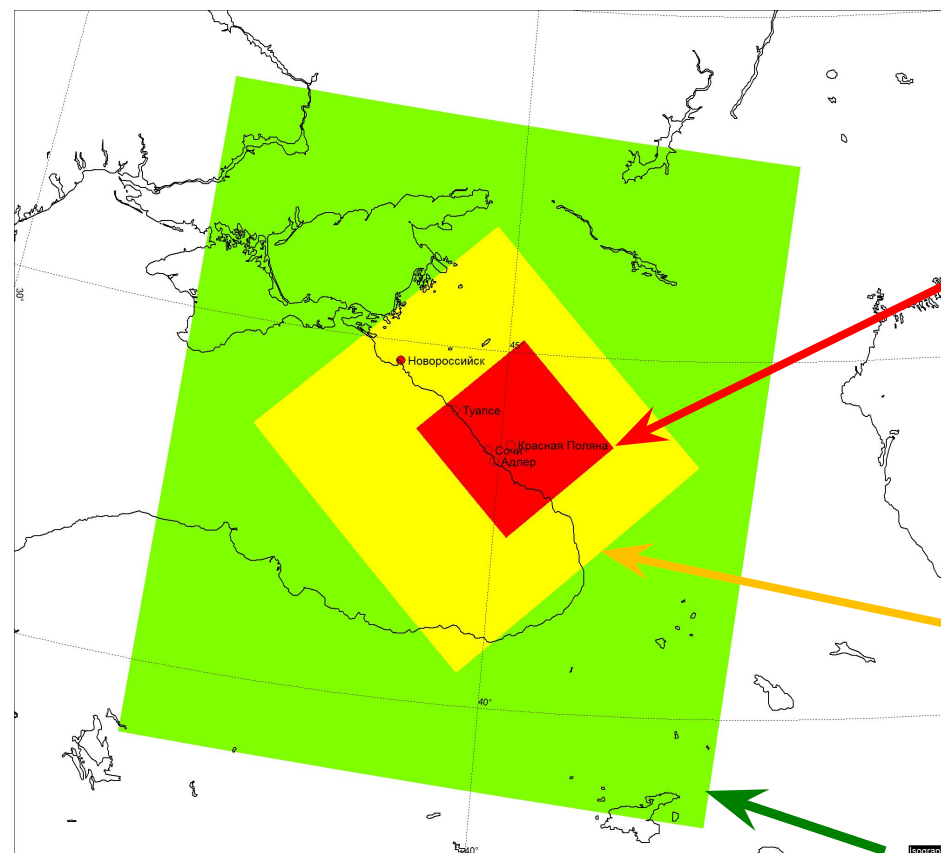
Гидрометеорологический центр Российской Федерации





07.11.2013
 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

**Расчет выполняется на
РСК «Торнадо», на 288
ядрах**

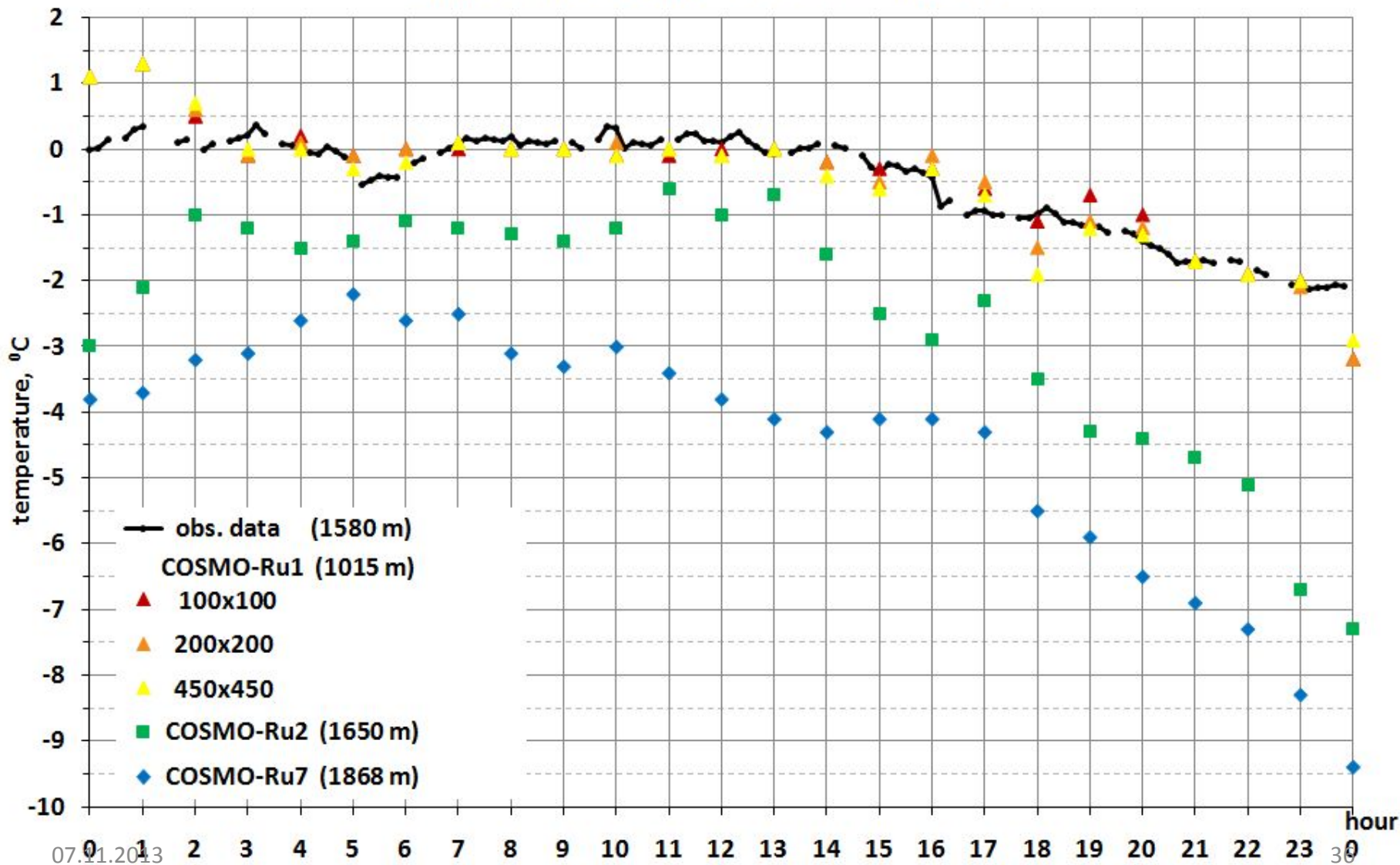
Основные параметры

Начальные и граничные условия из

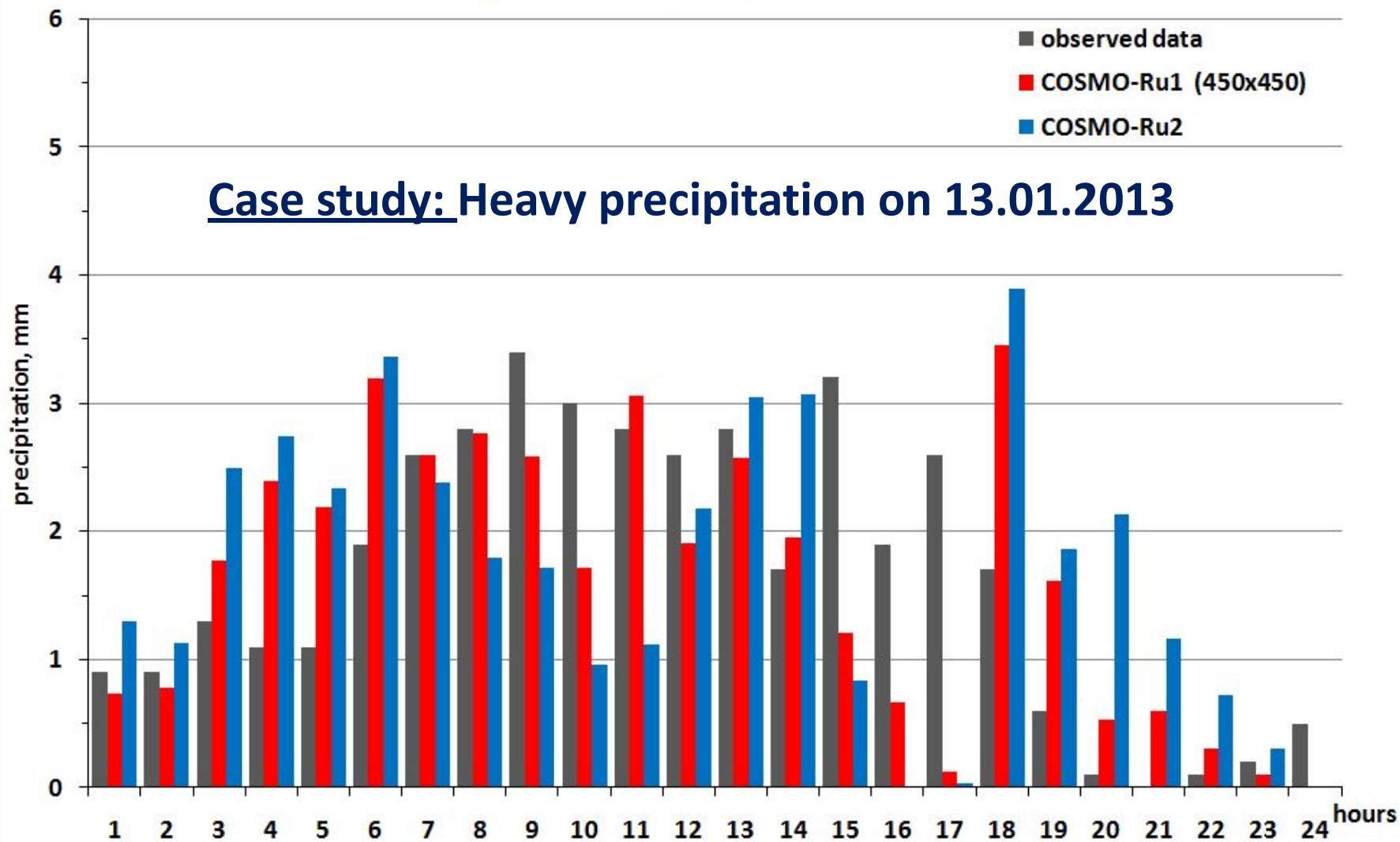
COSMO-Ru2 **Область:** **900 км x 1000 км**
Сетка: 420 x 470 x 50
Шаг по пространству: 2.2 км
Шаг по времени: 20 с
Заблаговременность прогноза: до 48 ч

COSMO-Ru1

Temperature at 2 m, 13.01.2013. RKHU-4



Precipitation sum (mm). Station: RKHU-4



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