



Прогноз синоптической ситуации

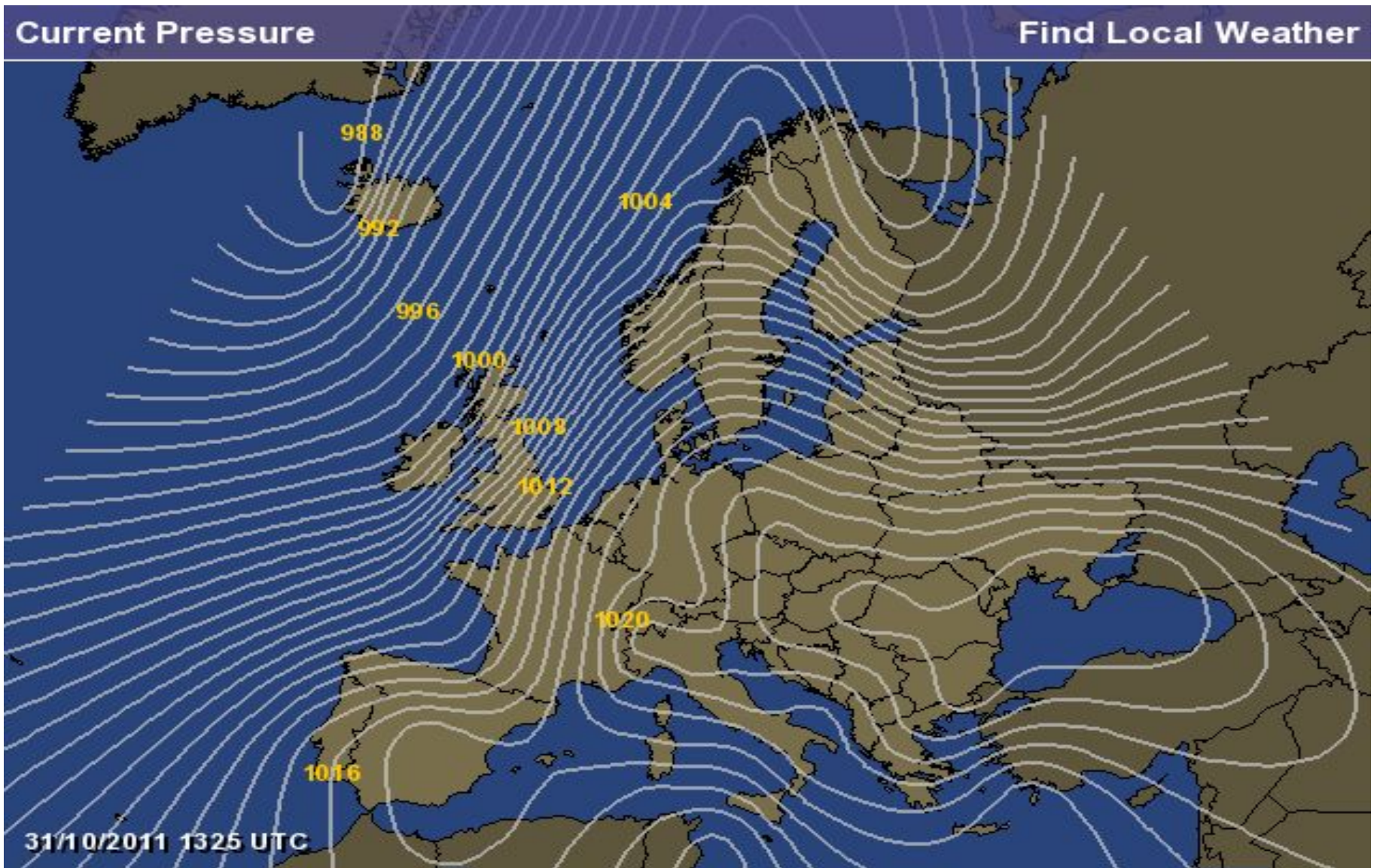
Объекты прогноза:

Барическое поле

Фронты

Струйные течения

Прогноз барического поля



Задачи прогноза барического поля

1. Прогноз движения и эволюции **существующих** на исходной синоптической карте барических образований – **ЦИКЛОНОВ, антициклонов, ложбин и гребней.**
2. Прогноз возникновения **НОВЫХ** барических образований.

В настоящее время эти прогнозы составляются на основе решения системы гидродинамических уравнений

Синоптическая метеорология: прежде и теперь

Прежде: Оформившись окончательно в отрасль науки в 1920-1930 гг., синоптическая метеорология решала две задачи:

- объяснение наблюдаемых изменений погоды через изменения барического поля и перемещение атмосферных фронтов,
- создание методов прогноза погоды на основании выявленных синоптических закономерностей.

Теперь: соотношение задач изменилось:

- синоптическое объяснение изменений погоды осталось (это классика, как законы Ньютона),
- методы КПП все больше ориентируются на численные модели атмосферы
- за синоптикой пока остался прогноз некоторых ОЯ и местных явлений погоды

**История создания
гидродинамического
метода прогноза
барического поля**



Вильгельм Бьеркнес

(1862-1951)

Глава норвежской школы метеорологов, которая выдвинула идею фронтальной структуры циклона, т.е. заложила современную синоптику.

Однако сам он считал, что будущее принадлежит математическим методам.



Льюис Фрай Ричардсон (1881-1953)

Первый энтузиаст,
осмелившийся
рассчитать
будущее поле давления
по **ПОЛНЫМ**
гидродинамическим
уравнениям

Система полных гидродинамических уравнений в сферических координатах

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

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

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

$$\frac{ds}{dt} = C_p \frac{1}{\theta} \frac{d\theta}{dt} = \frac{Q}{T} \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} = -\nabla \cdot (\rho \mathbf{v})$$

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

Машинно-счетная станция



Условие

Куранта-Фридрихса-Леви – залог
успешного гидродинамического
прогноза по полным уравнениям

Для устойчивости счета в моделях на
основе полных уравнений необходимо было
использовать **малые шаги по времени**

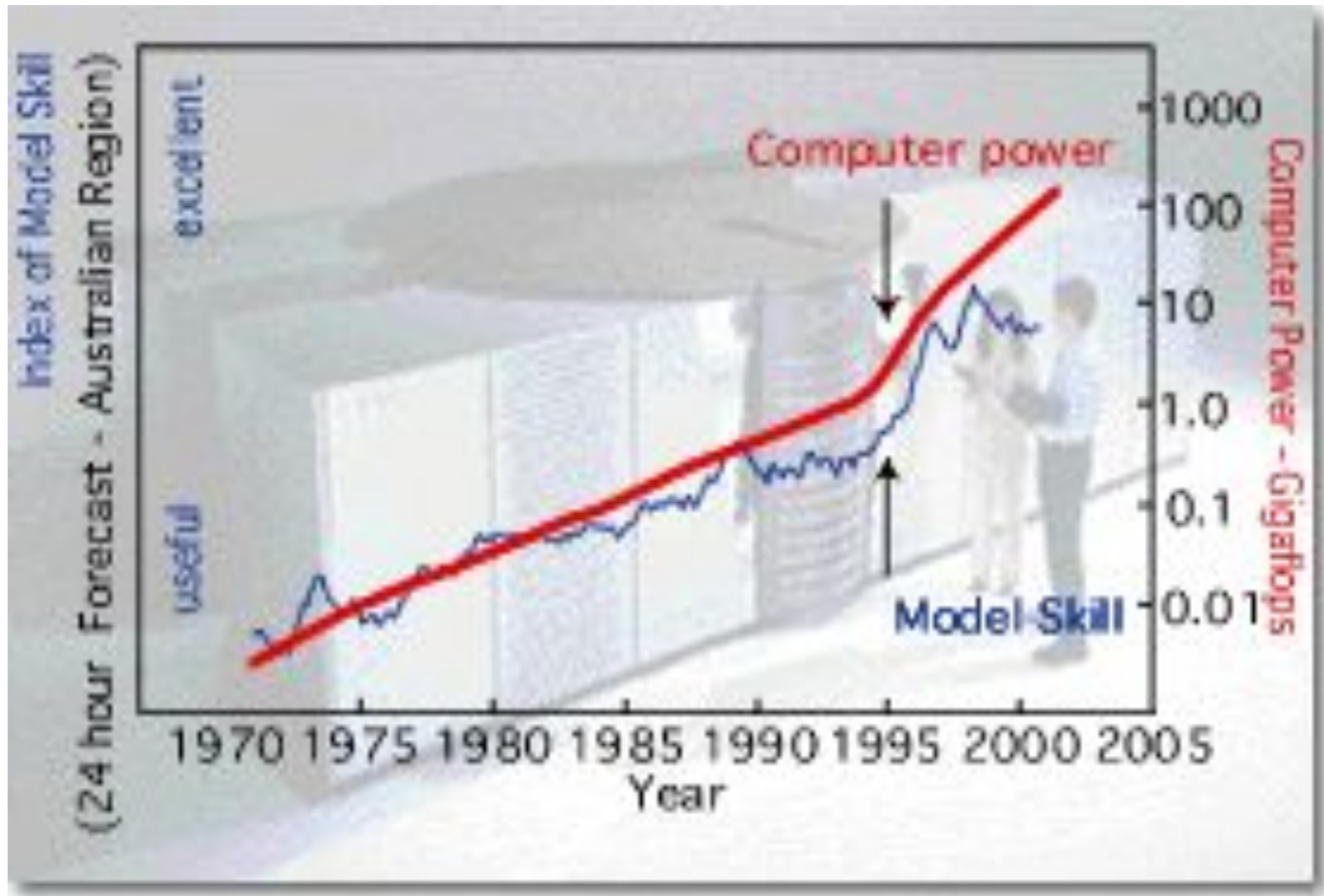
ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ПО ПОЛНЫМ УРАВНЕНИЯМ

- Применение в атмосферных моделях полных уравнений означает отказ от гипотезы квазигеострофичности крупномасштабных атмосферных движений.
- Зато это позволяет вычислить скорость вертикальных движений, прогнозировать облачность и осадки.

Принципиальная схема гидродинамического прогноза

- Подготовка начальных данных и граничных условий
- Расчет конечно-разностных аналогов членов прогностических уравнений, содержащих производные по пространству.
- Вычисление значений зависимых переменных в конце временного шага.
- Полученные метеовеличины используются в качестве начальных условий для прогноза на следующем временном шаге.
- Повторяя многократно эту процедуру, рассчитывают прогноз для любого момента времени,

Рост мощности компьютеров и успешности прогнозов



Новый высокопроизводительный вычислительный комплекс Росгидромета

SGI Altix 4700 (832 процессора Itanium (1664 ядра), 64-bit, 3 Тб память)



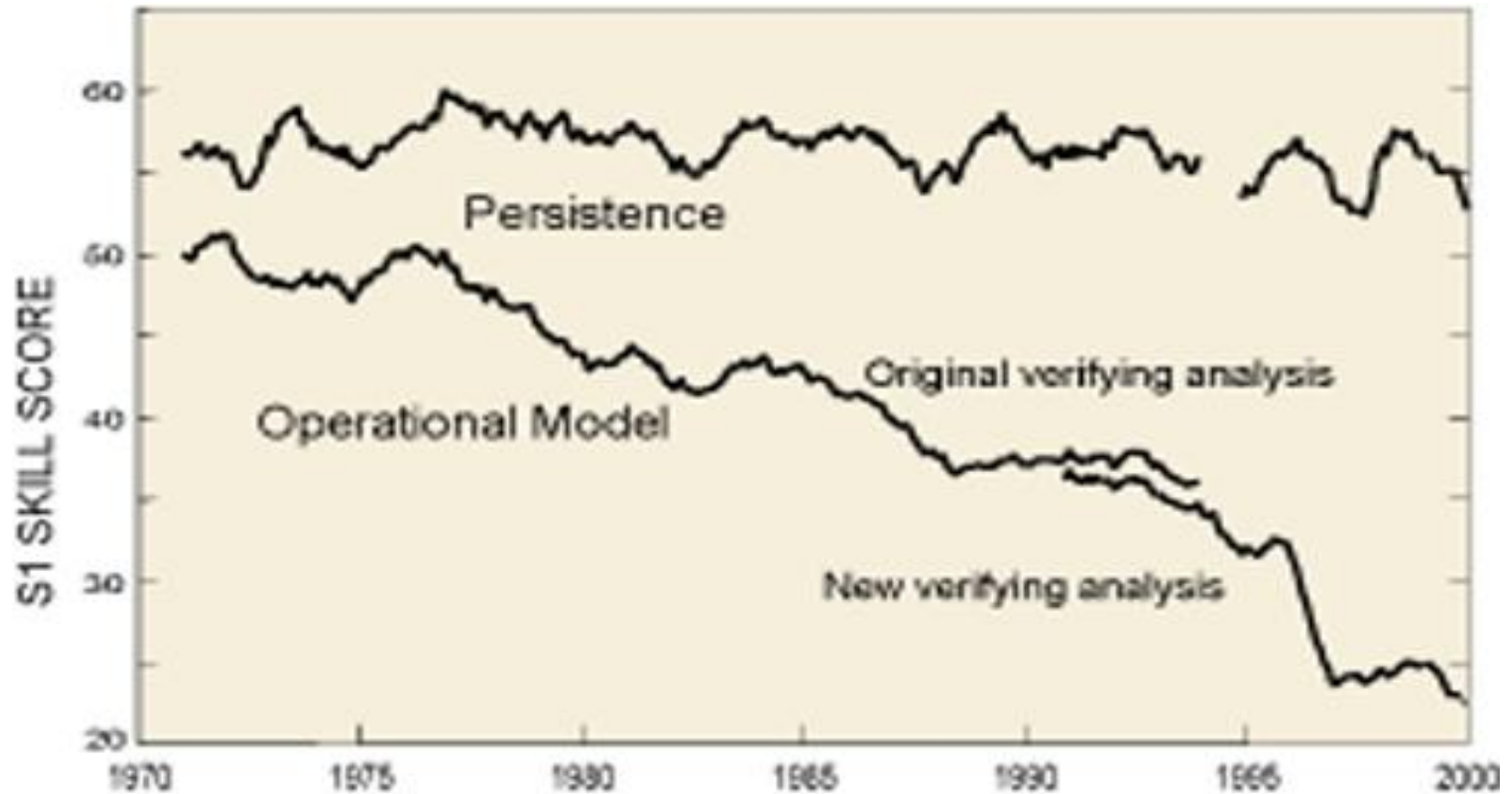
**Пиковое быстродействие $11 \cdot 10^{12} = 11\,000 \cdot 10^9 \Rightarrow$
 $= 11$ тысяч миллиардов операций в сек.**

Обучение специалистов-
синоптиков Национальных
гидрометеорологических служб

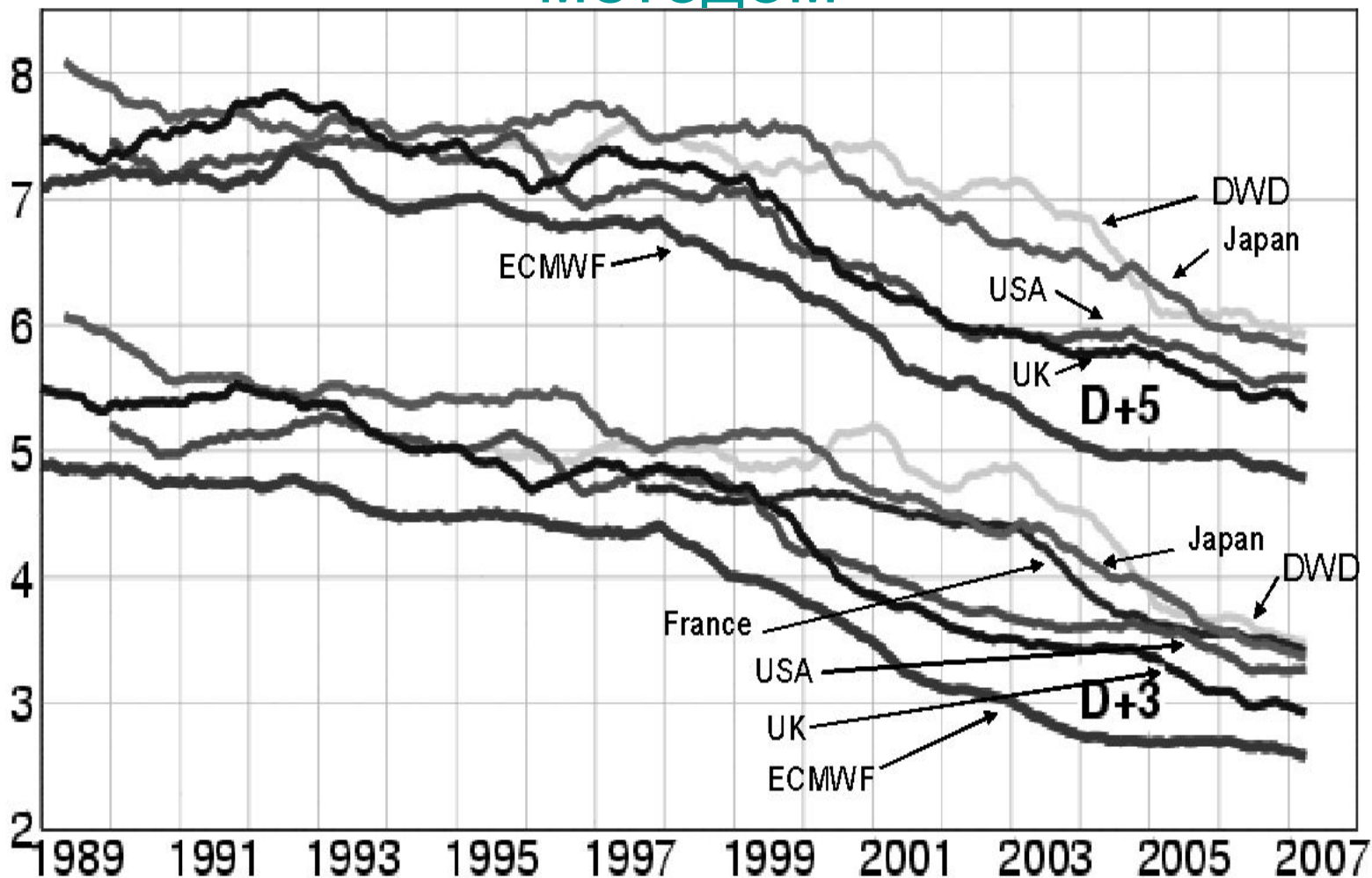
Гидрометеорологический центр Российской Федерации



Успешность (S1) инерционных и гидродинамических прогнозов на 24 часа в 1970 – 2000 гг.

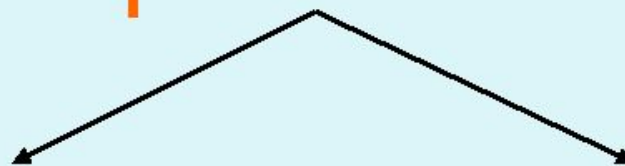


Средние квадратические ошибки прогноза поля приземного давления на 3 и 5 суток гидродинамическим методом



Ансамблевое моделирование и прогноз

Численный прогноз погоды



- **Детерминированный прогноз**

Однократное интегрирование модели атмосферы с использованием данных о начальном состоянии атмосферы, рассматриваемых как наилучшее приближение к истине

- **Ансамблевый прогноз**

Многократное интегрирование одной или нескольких моделей атмосферы с использованием слегка различающихся данных о начальном состоянии атмосферы

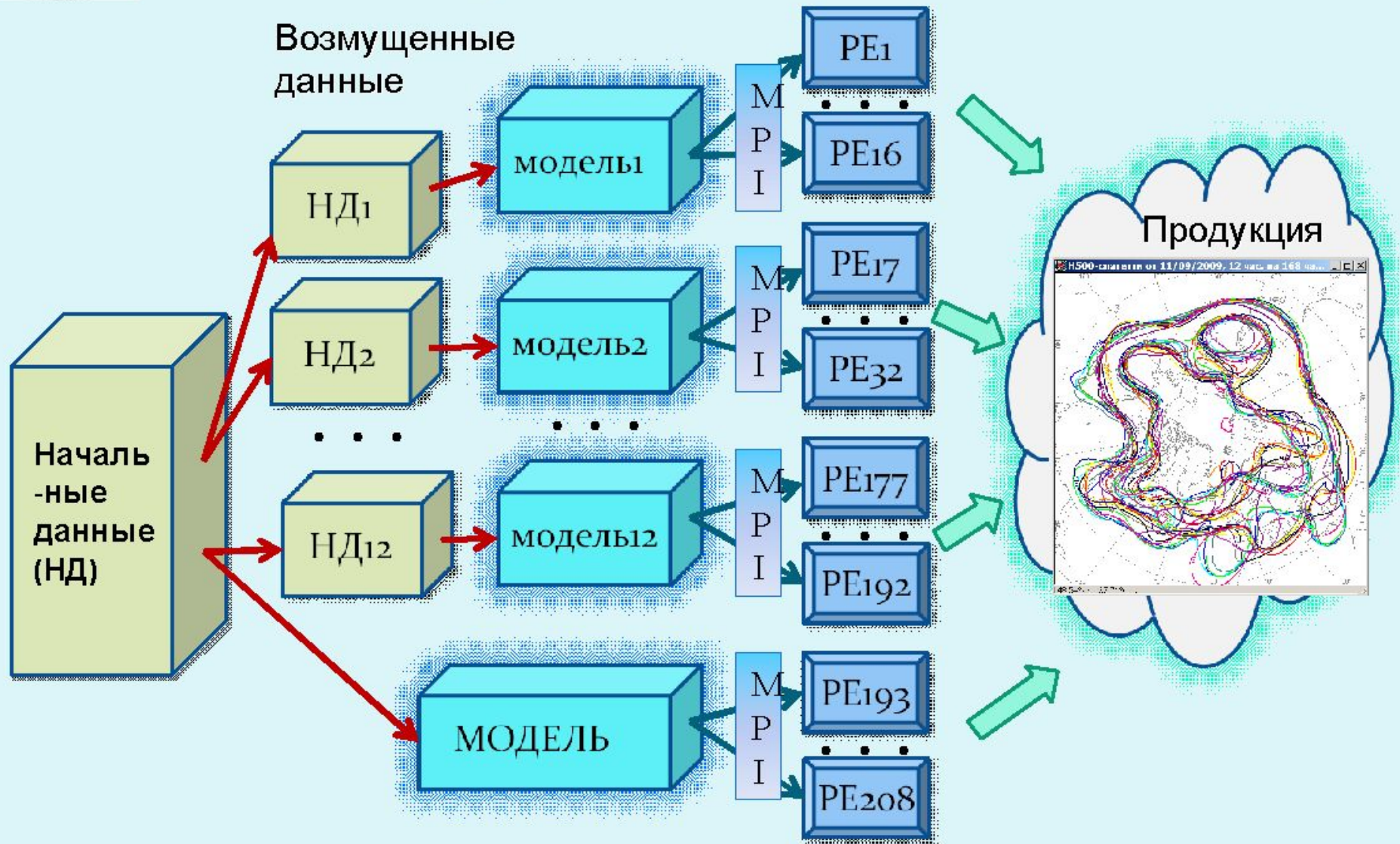
Требует существенно больше компьютерных ресурсов!!!!



Выгоды использования ансамбля

- Разброс ансамбля характеризует качество прогноза в зависимости от ситуации
- Среднее по ансамблю дает лучшую (по сравнению с детерминированным прогнозом) оценку истинного состояния атмосферы (даже при использовании модели худшего разрешения!)
- Легко получить вероятностный прогноз явлений погоды

Технология ансамблевого прогнозирования Гидрометцентра России

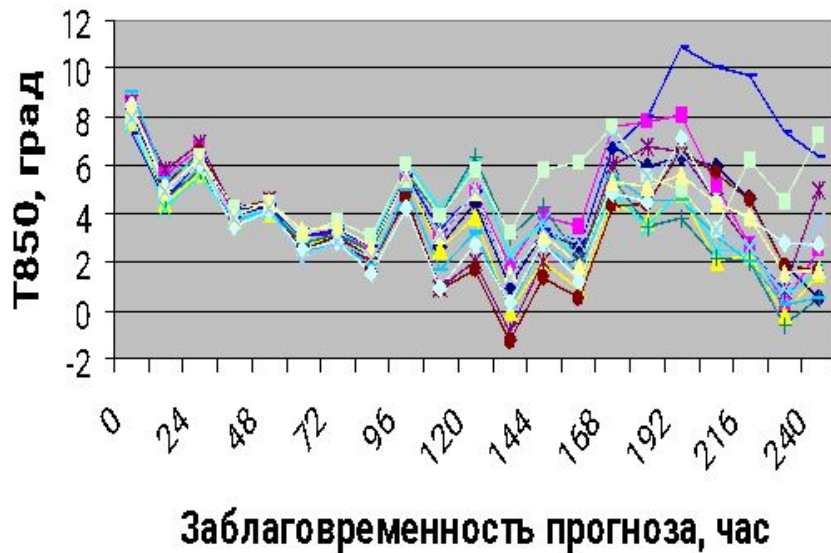




Ансамбли: продукция

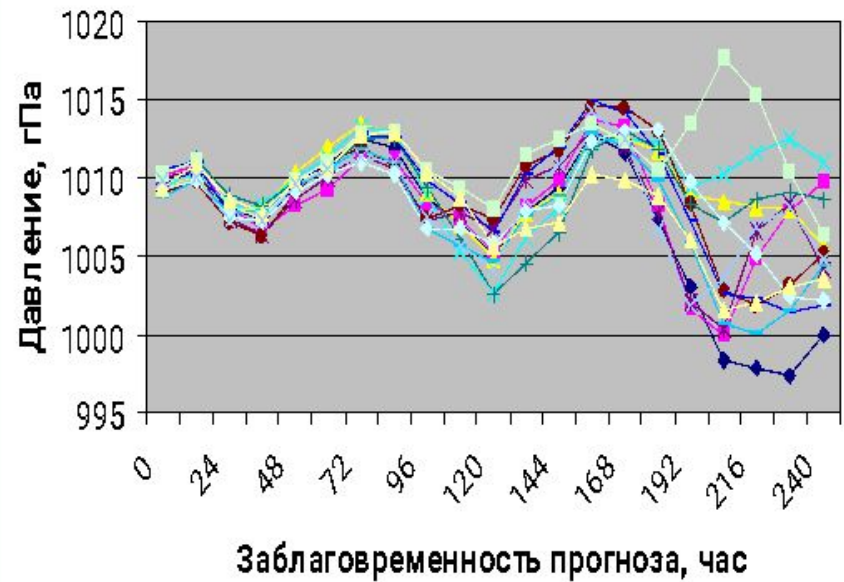
Прогноз эволюции метеорологической переменной в пункте

Прогноз температуры на уровне
850 гПа в Москве



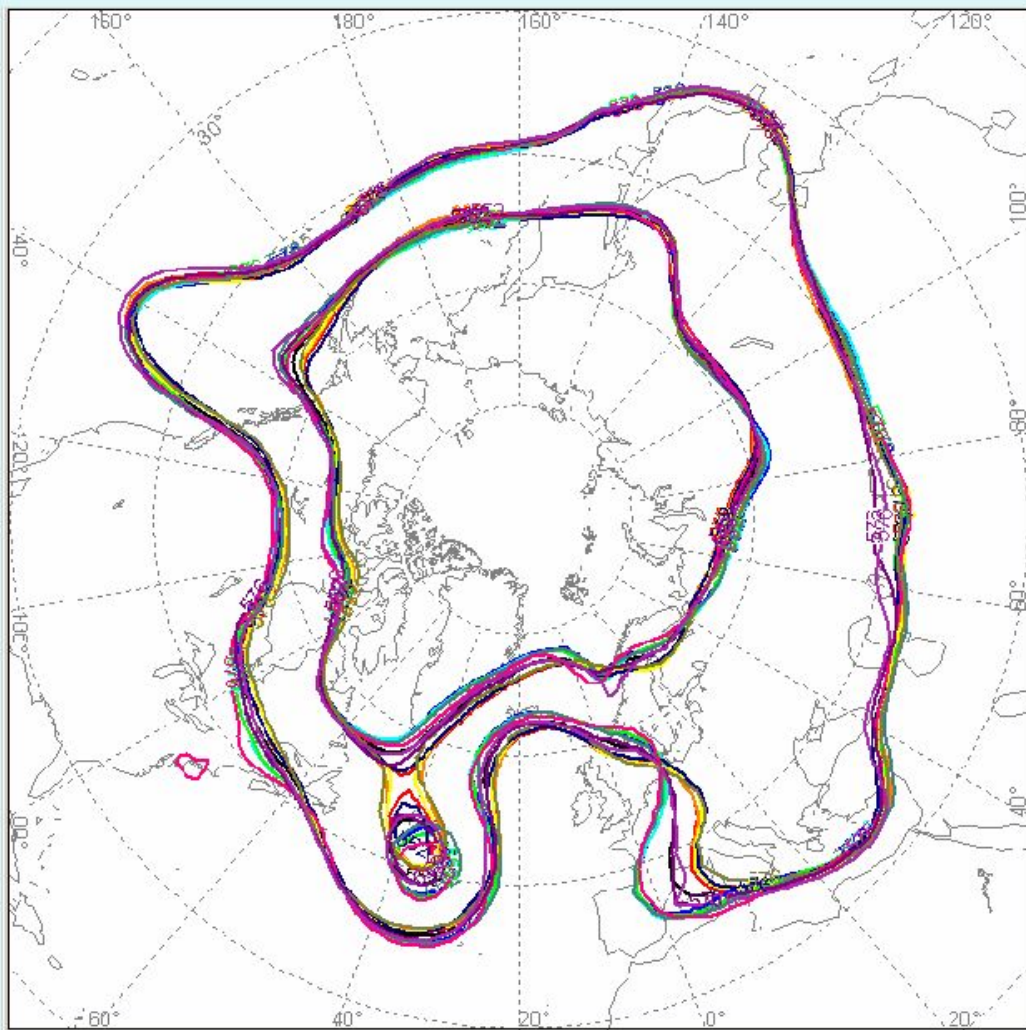
Прогноз от 15 мая 2009

Прогноз давления на уровне
моря в Москве



Пример выходной продукции системы ансамблевого прогноза

H500 (516, 552, 576 гПМ)



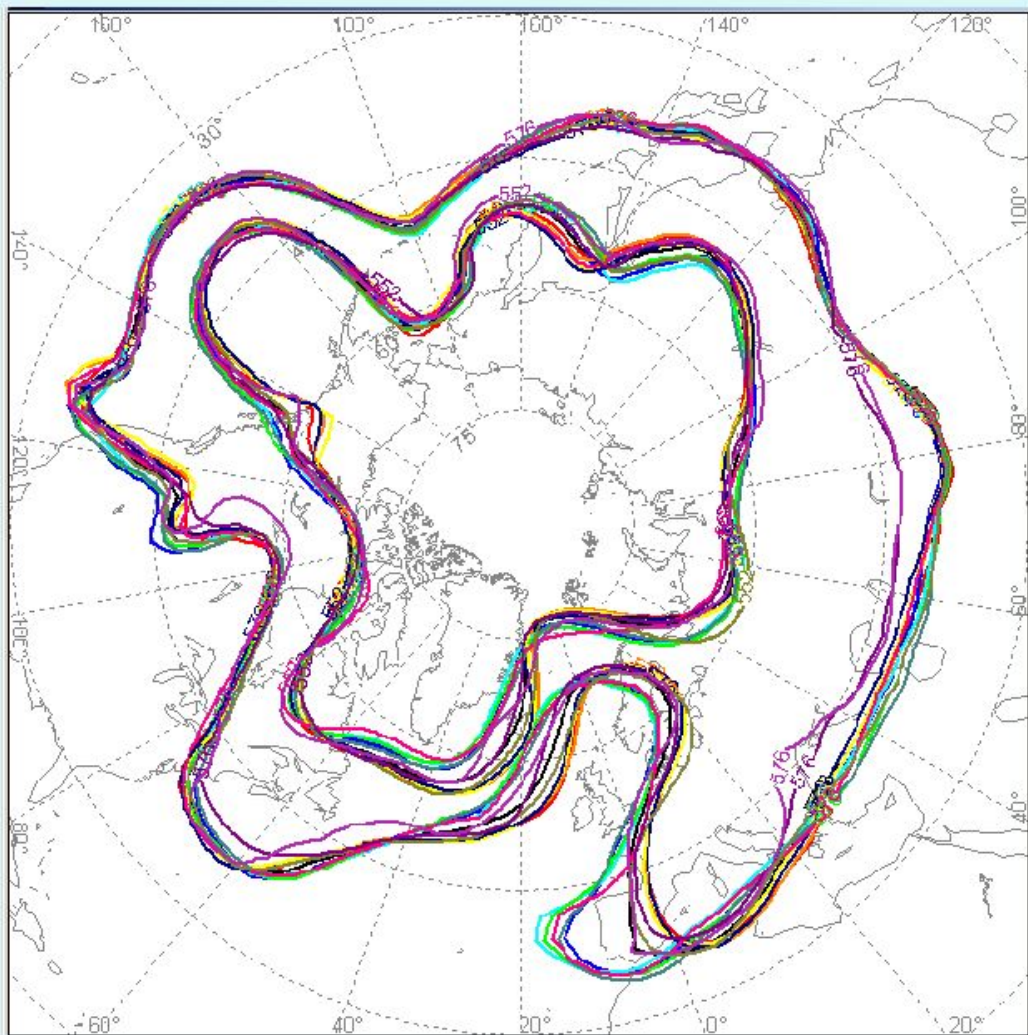
Прогноз на 1 день вперед

*от 11 сентября 2009 12 ВСВ
на 12 сентября 2009 12 ВСВ*

Пример выходной продукции системы ансамблевого прогноза



H500 (516, 552, 576 гПМ)



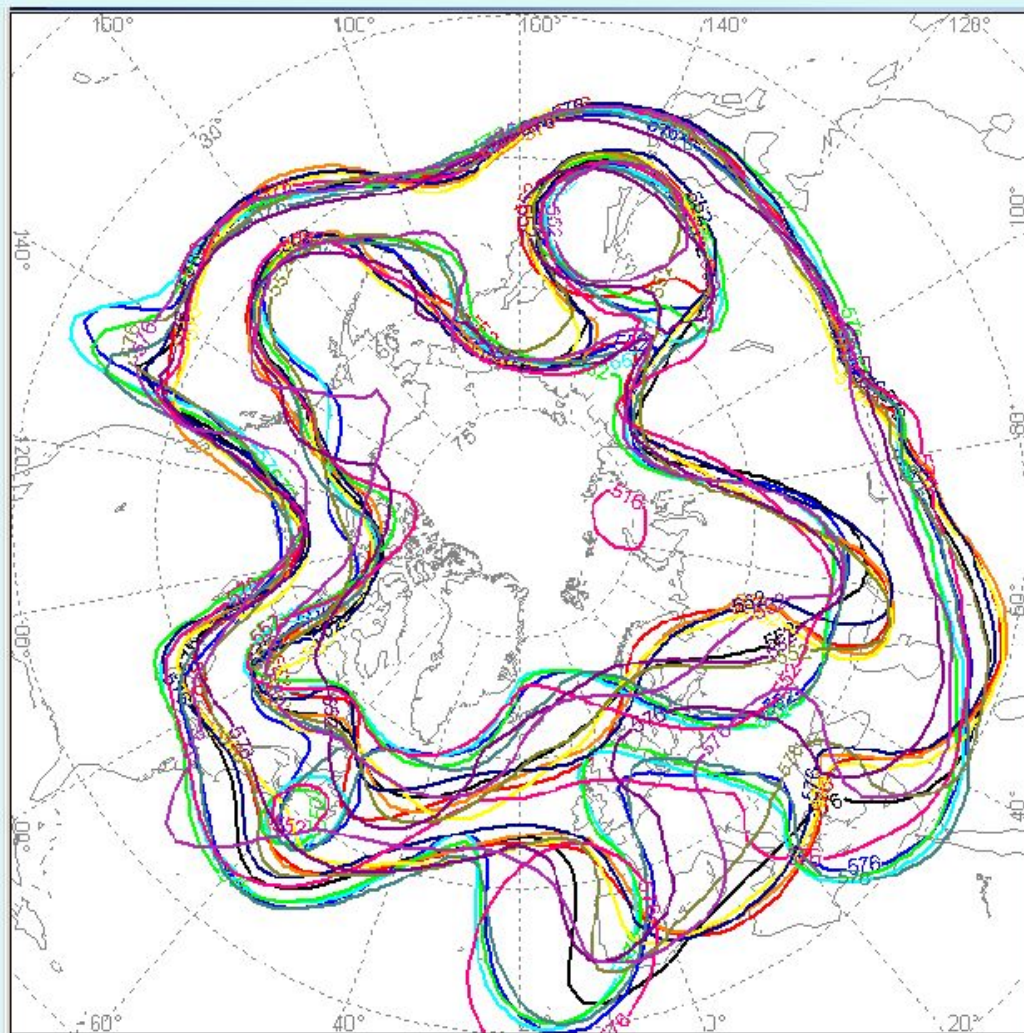
Прогноз на 3 дня вперед

*от 11 сентября 2009 12 ВСВ
на 14 сентября 2009 12 ВСВ*

Пример выходной продукции системы ансамблевого прогноза



H500 (516, 552, 576 гПМ)



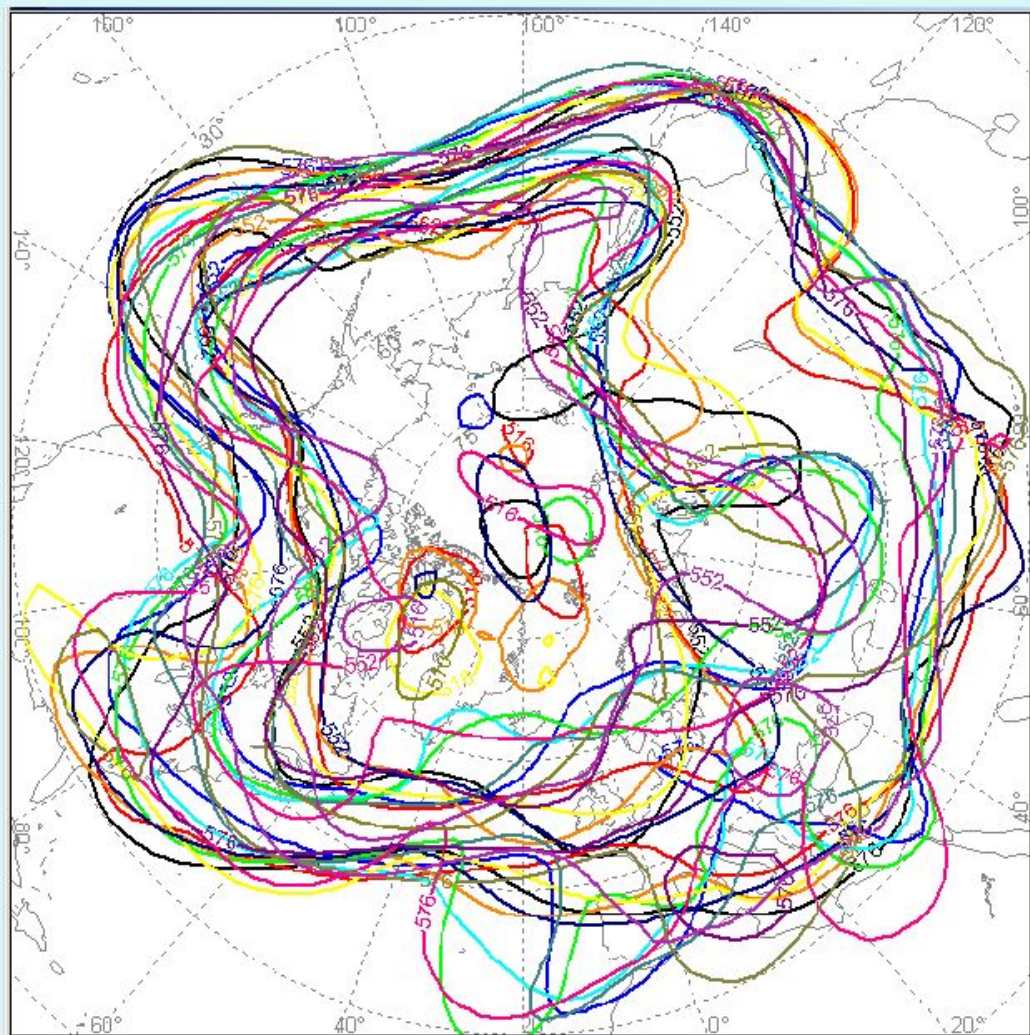
Прогноз на 6 дней вперед

*от 11 сентября 2009 12 ВСВ
на 17 сентября 2009 12 ВСВ*

Пример выходной продукции системы ансамблевого прогноза



H500 (516, 552, 576 гПМ)



Прогноз на 10 дней вперед

*от 11 сентября 2009 12 ВСВ
на 21 сентября 2009 12 ВСВ*

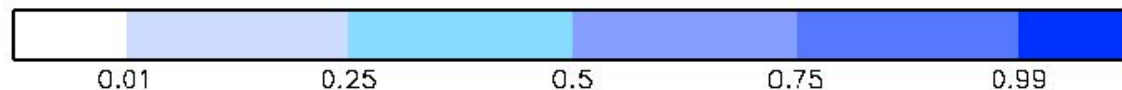
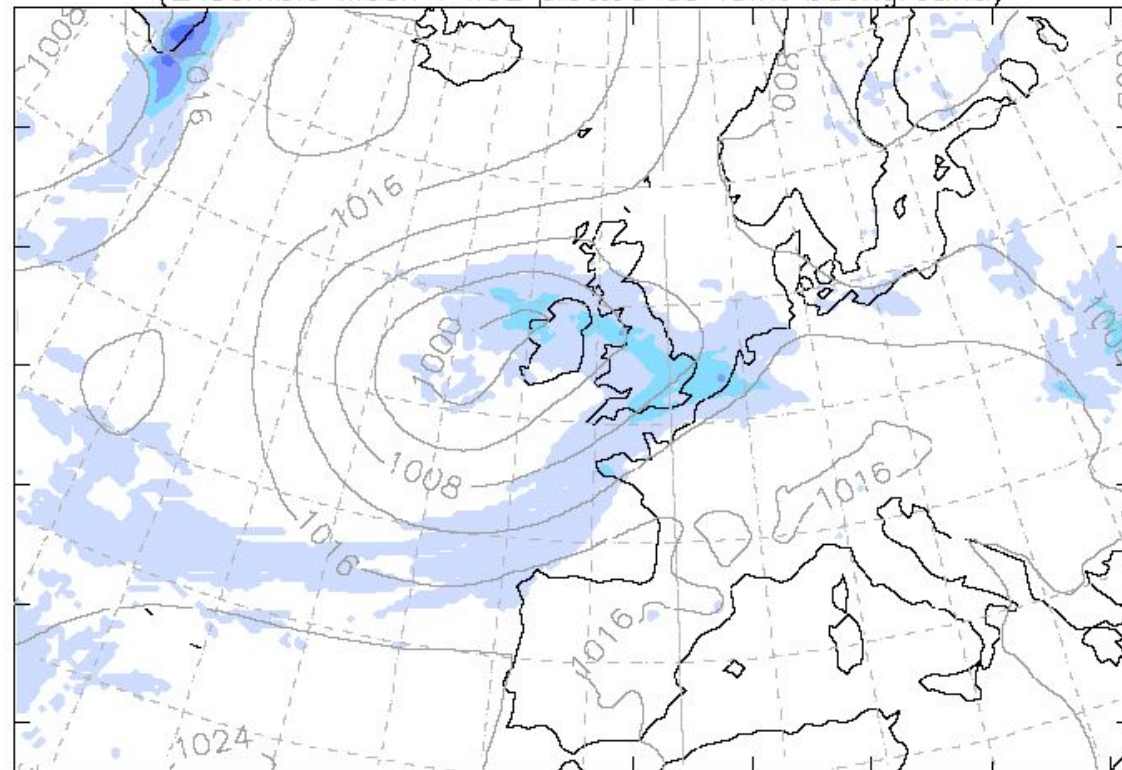
Пример выходной продукции системы ансамблевого прогноза



Probability charts

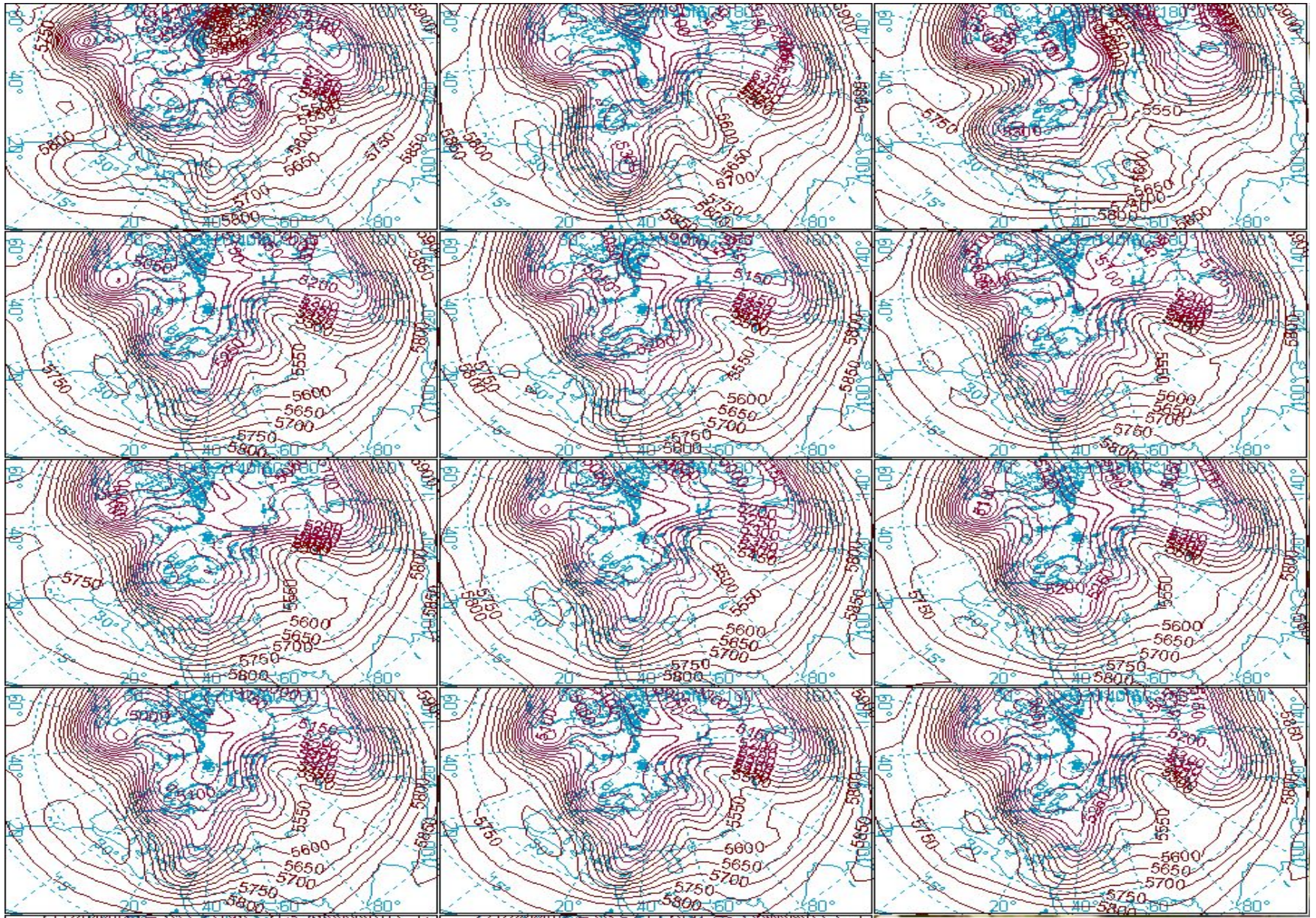
Prob 6-hour precip > 5mm

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)



- Animation helps understanding
- Ensemble mean PMSL sets probs in synoptic context

«Почтовые марки»



Сведения об успешности глобальных моделей ведущих мировых центров и РММЦ «Москва» (отчеты ВМО, 2010г)

		24 hour			72 hour		120 hour	
			2010		2010		2010	
Северное полушарие	500-hPa height RMS (m)	ECMWF	6.5		19.6		40.8	
		UKMO	7.1		21.5		42,9	
		NCEP	7.4		22.2		43,4	
		RUMS	14,5		32,9		57,8	
	Wind RMSVE 250 hPa (m/s)	ECMWF	3.9		8.0		12.8	
		UKMO	3.6		7,8		12,6	
RUMS		6,2		10,9		15,8		
Southern Hemisphere	500-hPa height RMS (m)	ECMWF	7.9		24.2		49.7	
		UKMO	8.9		27.3		54,2	
		NCEP	9.0		27.4		55.0	
		RUMS	18,2		40,8		70,5	
	Wind RMSVE 250 hPa (m/s)	ECMWF	4.0		8.4		13.7	
		UKMO	3.5		8,6		14,2	
		6,7		12,4		18,0		

*

Рекомендуемые сайты с размещением продукции численного моделирования

Системы глобального прогноза:

Отобранные прогнозы ведущих мировых центров

www. wetterzentrale.de (раздел Topkarten, особенно важен раздел ENS – результаты системы ансамблевого прогнозирования NCEP (США

Weatheronline. co.uk (можно перейти на русскоязычную версию – см верхний правый угол)

Системы прогнозирования Росгидромета::

meteoinfo.ru

sibnigmi.ru

Ряд полезных ссылок

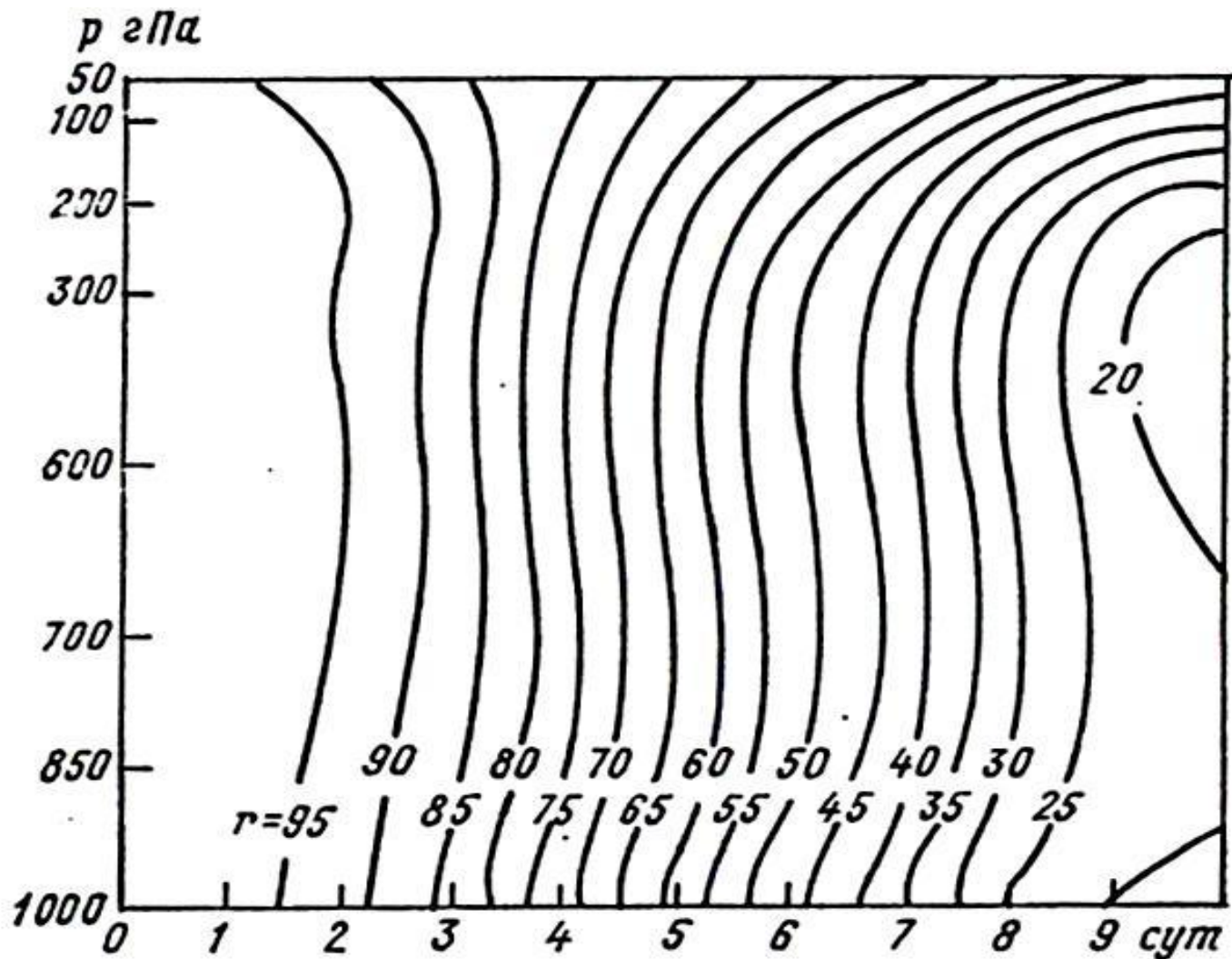
Meteo-gefak.narod.r

Раздел ссылки, особенно важно- раздел про данные и архивы, в т.ч - радиозондирования

*

/

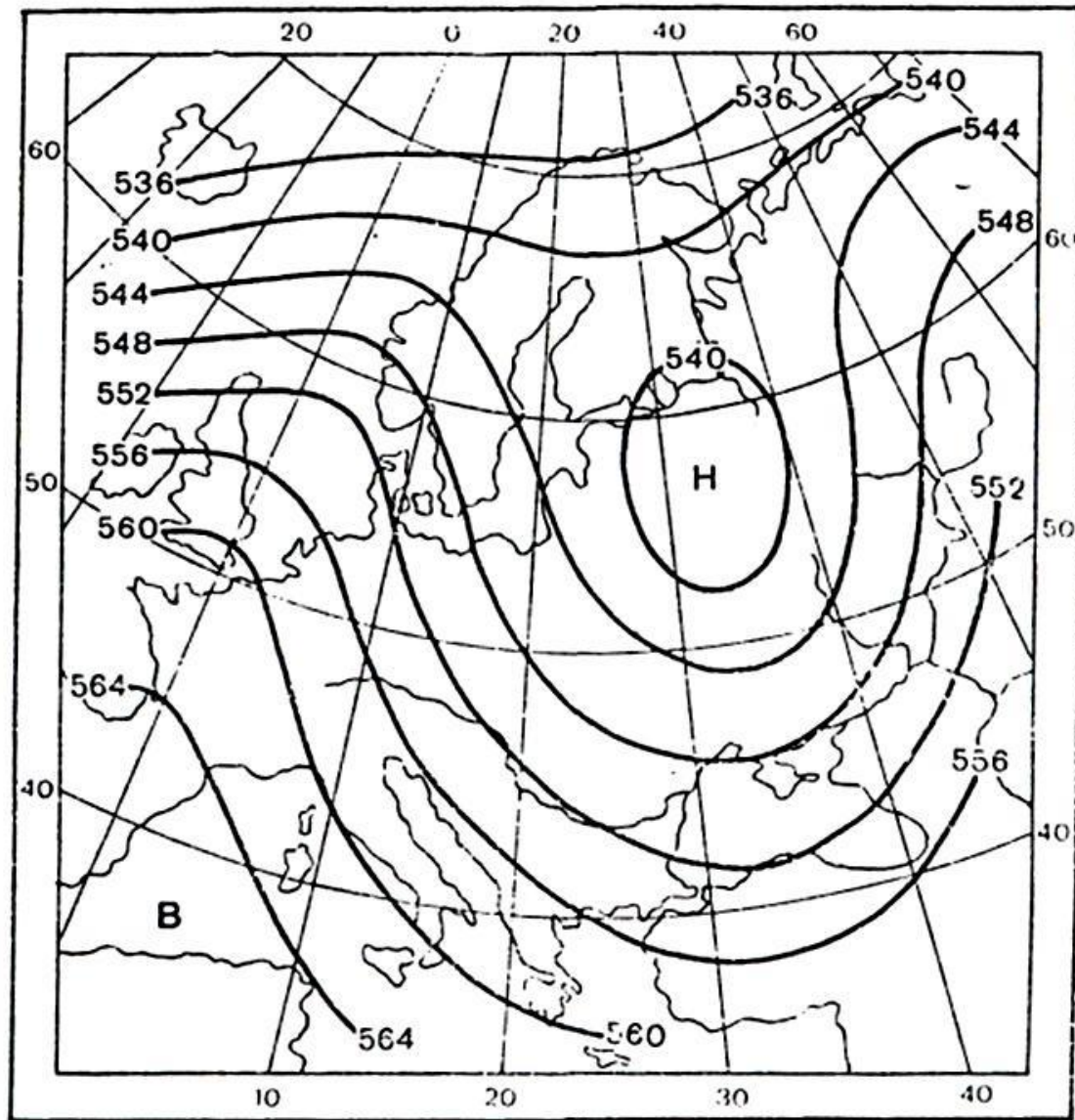
Синоптические особенности успешности прогнозов барического поля



Коэффициенты корреляции между прогностическими и фактическими значениями АТ
 (прогноз по гидродинамической модели ЕЦСП)

Успешность прогноза АТ₁₀₀₀ на 24 ч с учетом типа исходного синоптического положения.

Тип синоптического положения	Количество прогнозов		Сумма
	Удовл. ($\varepsilon \leq 0,65$)	Неуд. ($\varepsilon > 0,65$)	
Зональное	79	35	114
Меридиональное с замкнутой циклонической циркуляцией	32	69	101
Остальные меридиональные и малоградиентное поле	190	208	398



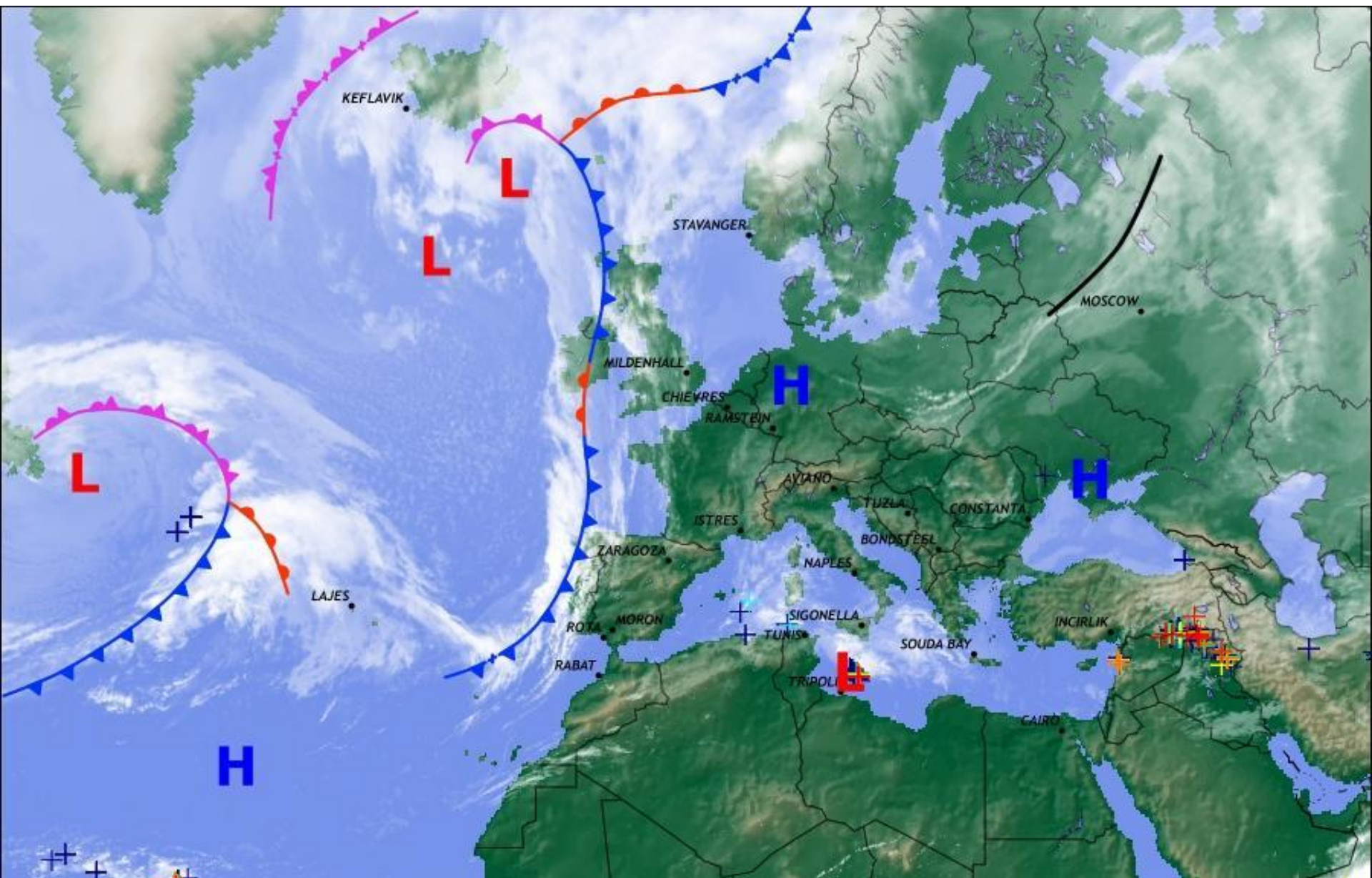
Тип исходного синоптического положения, при котором отмечаются наибольшие относительные ошибки прогноза АТ1000 на 24 часа.

*Достигнутое качество прогноза
термобарических полей
(Гидрометцентр России)*

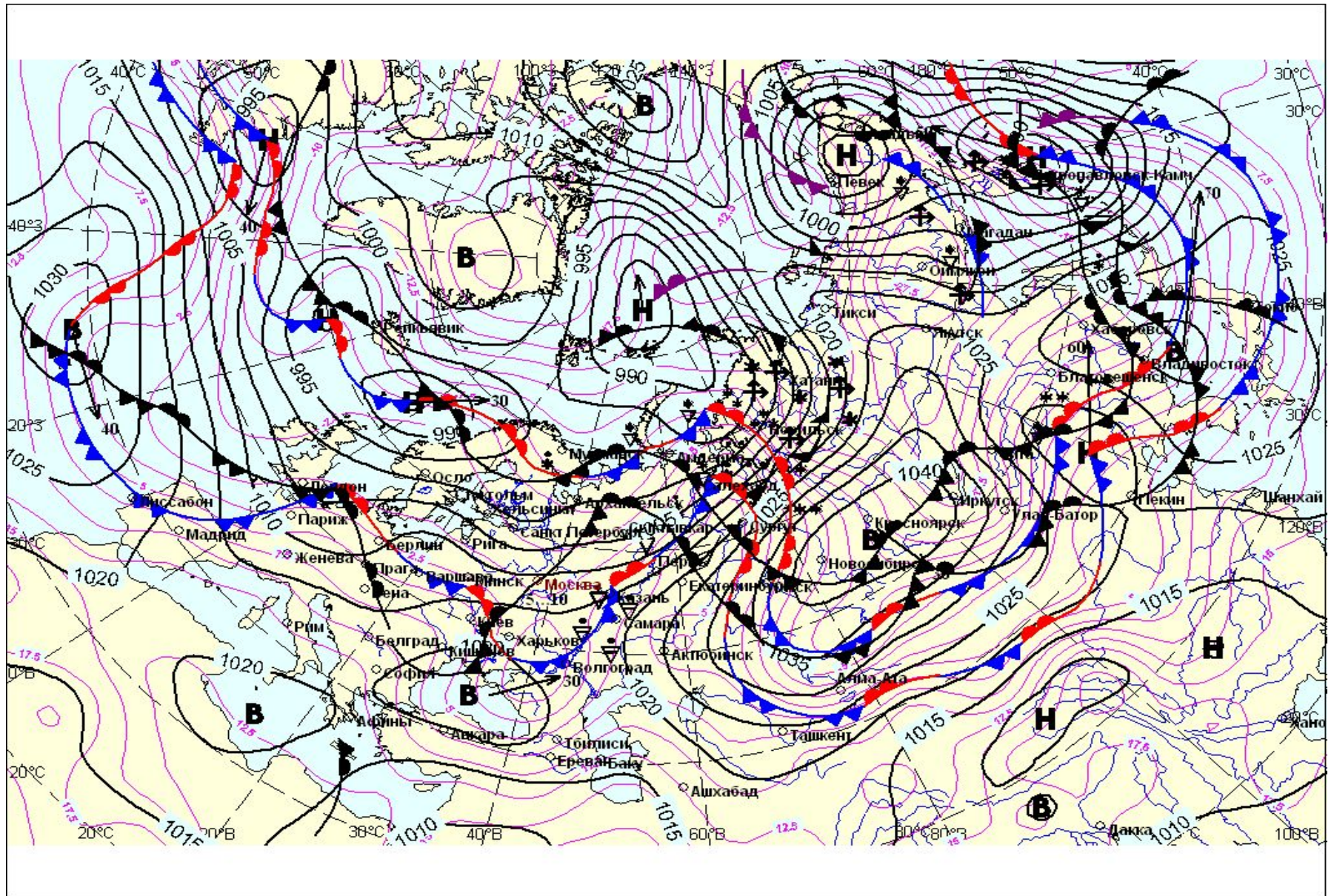
Заблаговременность	Оправдываемость, %
1 сутки (барические)	90-95
2 суток (барические)	85-90
1 неделя (барические)	Около 80
1 месяц (аномалии температуры)	65-70



Прогноз атмосферных фронтов



Синоптический прогноз положения фронтов



Основное правило прогноза будущего положения фронтов

Истина: фронты лежат на осях хорошо выраженных **ложбин** в поле давления.

Правило: будущее положение **фронта** совпадает с положением **ложбины** на прогностической **карте** давления

Процессы, приводящие к эволюции фронта

Обострение или сглаживание барической ложбины



Конвергенция ветра у фронта



Интенсивность вертикальных движений



Активность образования облаков



Интенсивность осадков



Обострение или размывание фронта