



**ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
В ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
им. А.И. ВОЕЙКОВА, РОССИЯ**

**Авторы: В.М.Мирвис, В.П.Мелешко,
Т.Ю.Львова, В.А.Матюгин**

**NEASOF-9, 10 -12 ноября 2015
Москва**

Долгосрочные метеорологические прогнозы выпускаемые в ГГО



1. Глобальные гидродинамико-статистические прогнозы на основе ансамблевых расчетов по модели общей циркуляции атмосферы (T63L25, T4214, ГГО)

ежемесячно:

Прогнозы на
календарный
месяц

Сезонные
прогнозы
на 4 месяца

еженедельно:

Детализированные скользящие
прогнозы на 33 и 45 суток (для
средних недельных и месячных величин)

Формулировки прогноза в ДЕТЕМИНИРОВАННОЙ и ВЕРОЯТНОСТНОЙ формах

2. Физико-статистические прогнозы на вегетационный и отопительный сезоны с большой заблаговременностью (2-7 мес.) для территории СНГ.

Основные элементы технологии гидродинамико-статистических прогнозов ГГО



МОЦА, Т 63 (1.9°×1.9°, L25)
+ прогноз ТПО, льда

ТПО: постоянная начальная аномалия ;
ЛЕД: начальн.аномалия с релаксацией к климату

МОЦАО

атмосфера: МОЦА ГГО,
океан: МО ИВМ СМ4

Инициализация: атмосфера - ОА ГМЦ , реанализ
океан - анализ NESDIS за пред. неделю

Ансамбль: формирование ансамбля слабо возмущенных состояний
атмосферы (выращивание возмущений, лаговый сдвиг)

Расчет и анализ исторических прогнозов: 20 лет, с 1982г.
(оценки прогнозов, методы калибровки)

Пост-обработка: статистическая коррекция прогнозов,
формирование комплекта прогностических переменных
(H-500, SLP, T-850, T2м, PREC)

Архивы эталонных климатических и фактических данных

Оценка качества прогнозов



Эталонные фактические и климатические данные

- Сеточные значения (2.5*2.5) средних недельных и месячных значений H-500, T-850, SLP, T2м, Prec, полученные по данным Реанализа-2 NCEP/NCAR
- Средние недельные и месячные значения T2м, недельные и месячные суммы осадков по сети 70 станций Северо-Евразийского региона.

Параметры климатического распределения:

Ср.значения, станд. отклонения, терцили (градации $<N, N, >N$)

Периоды расчета параметров климата:

1. 1981-2010 гг. - для сеточных значений
2. 1961-1990гг. - для сети станций

В еженедельных прогнозах годовой ход выборочных оценок параметров климата сглаживается с использованием 4-х гармоник разложения Фурье

Критерии оценки прогнозов величины аномалии (детерминистических прогнозов)



1. Средняя ошибка

$$ME = \frac{\sum_i (F_i - O_i) \cdot \cos \varphi_i}{\sum_i \cos \varphi_i}$$

2. Ср.квадратическая ошибка

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i \cos \varphi_i (F_i - O_i)^2}{\sum_i \cos \varphi_i}}$$

3. Мера мастерства MSSS

$$MSSS_{cl} = \left(1 - \frac{MSE_m}{MSE_{cl}}\right)$$

F_i – прогноз, O_i – наблюдение

4. Корреляция аномалий (пространственная или временная)

$$AC = \frac{\sum_i (\Delta F_i - \Delta \bar{F}) \cdot (\Delta O_i - \Delta \bar{O})}{\sqrt{\sum_i (\Delta F_i - \Delta \bar{F})^2 \cdot \sum_i (\Delta O_i - \Delta \bar{O})^2}}$$

5. Оценка по знаку (ρ)

$$\rho = \frac{n_+ - n_-}{n_+ + n_-}$$

6. Относительная ошибка

$$Q = \frac{1}{n_i} \sum_i \frac{(F_i - O_i)^2}{\sigma_i^2}$$

Оценивание вероятностных прогнозов



Анализ результатов:

- диаграммы надежности
- гистограммы повторяемости
- кривые ROC (COX – сравнительная оперативная характеристика) строится на основе таблиц сопряженности для разных пороговых вероятностей по коэффициентам совпадений (HR) и ложных тревог FAR

Характеристики:

- надежность
- разрешение
- категоричность
- дискриминация

Критерии

- ROCA (Площадь под кривой COX)
- оценка Брайера (BS, BSS) и разложение
- CRPS, CRPSS

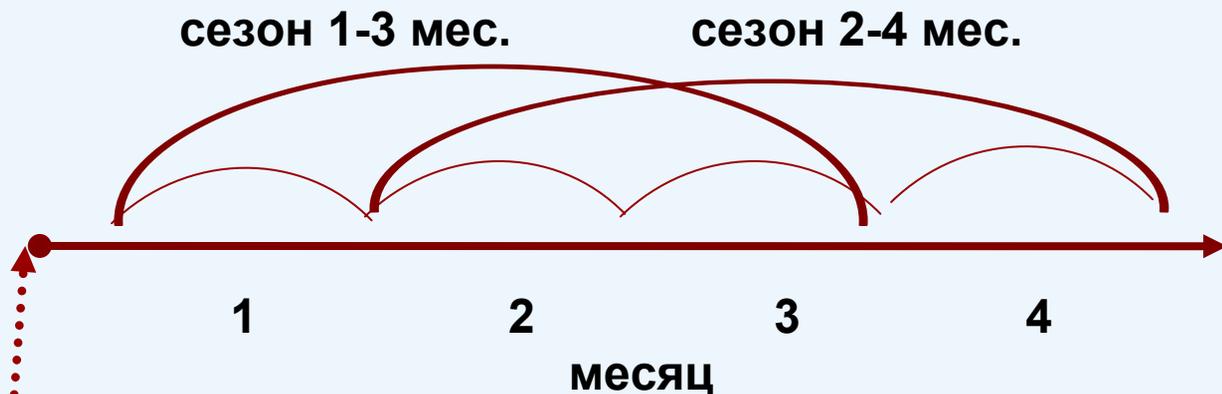
Сезонные прогнозы



Прогноз величины, аномалии и вероятностей градаций ($<N$, N , $>N$)

Глобальные поля по сетке $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$:

- 1) H - 500
- 2) T - 850
- 3) SLP
- 4) T2m
- 5) Prec

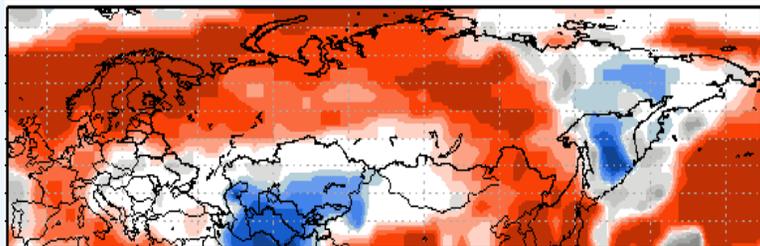


Старт модели
за 3-4 дня до
начала месяца

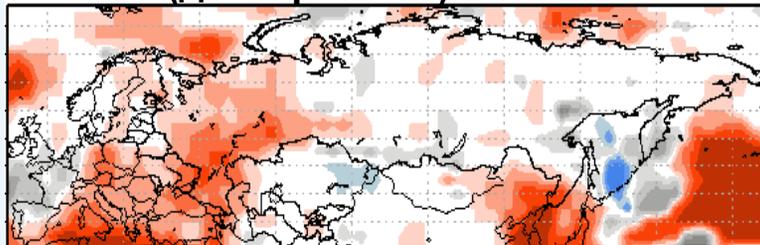
Пример сезонного прогноза Т2м (ГГО)



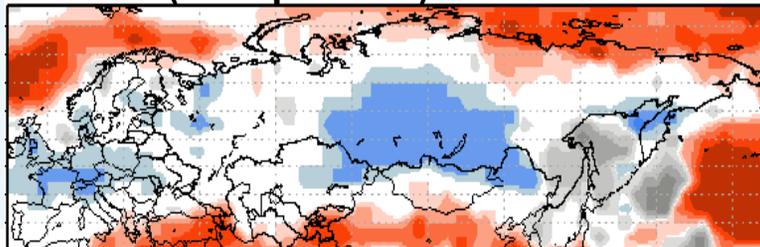
1 мес. (ноябрь 2015)



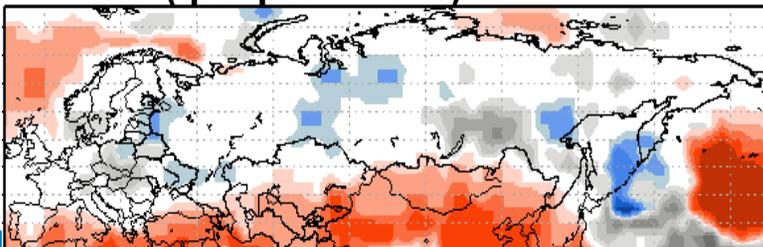
2 мес. (декабрь 2015)



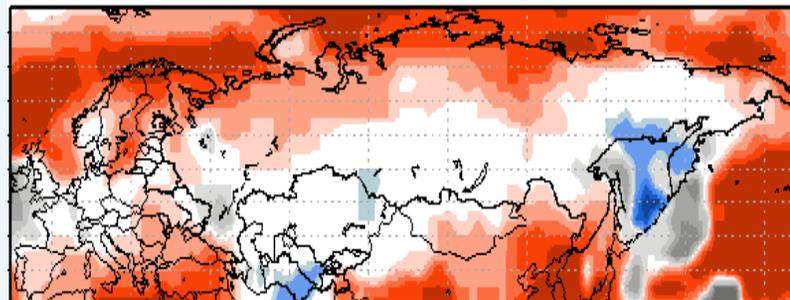
3 мес. (январь 2016)



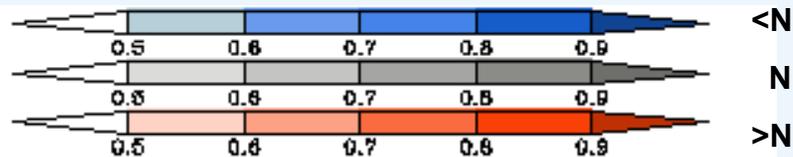
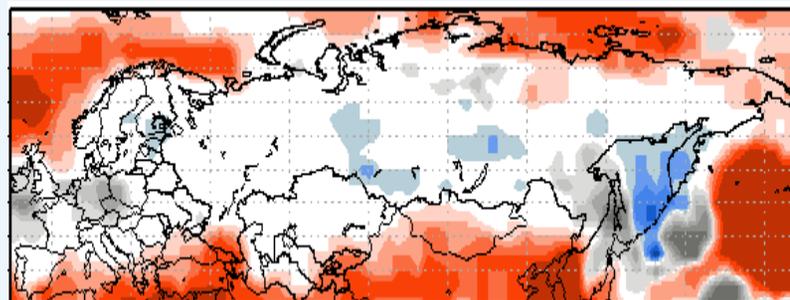
4 мес. (февраль 2016)



1- 3 мес. (11.2015- 01.2016)



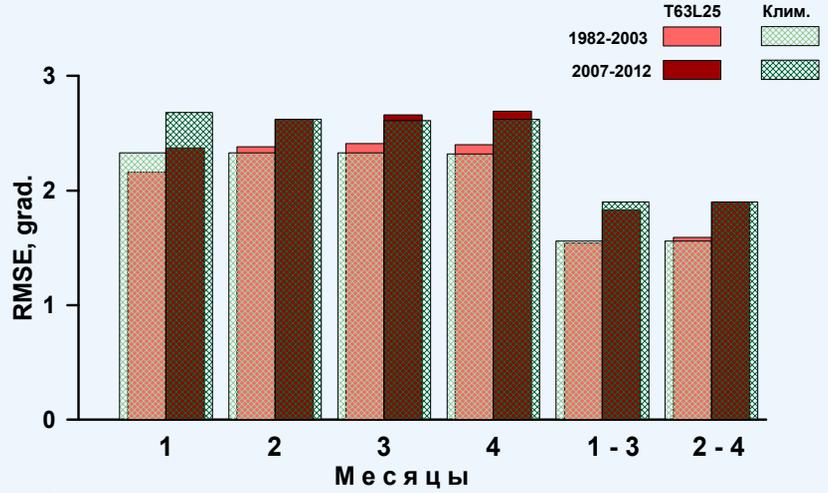
2- 4 мес. (12.2015- 02.2016)



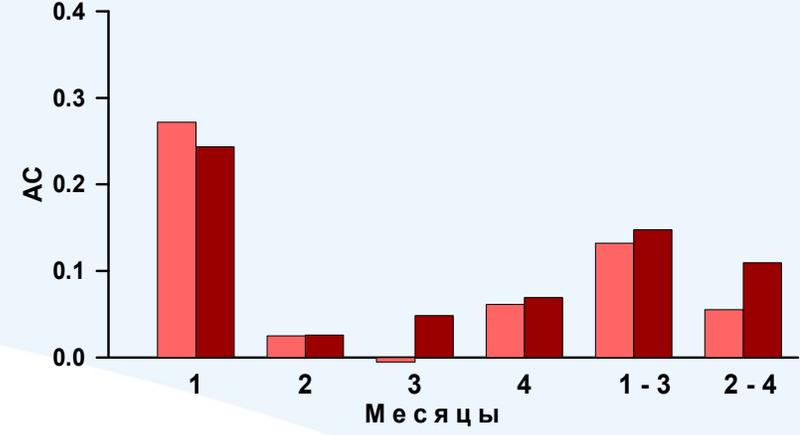
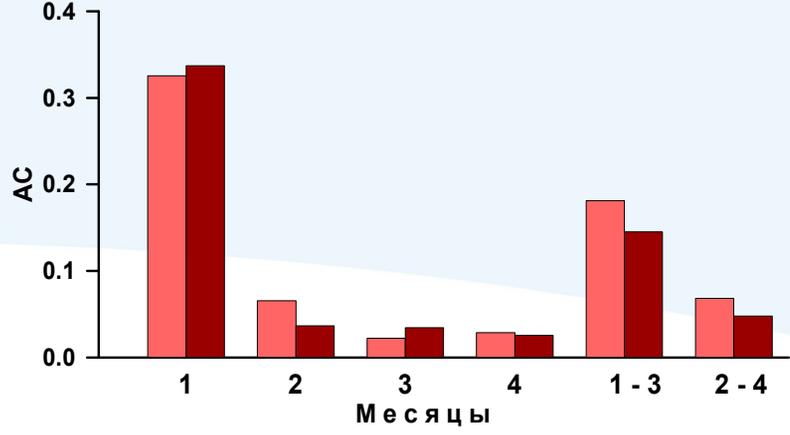
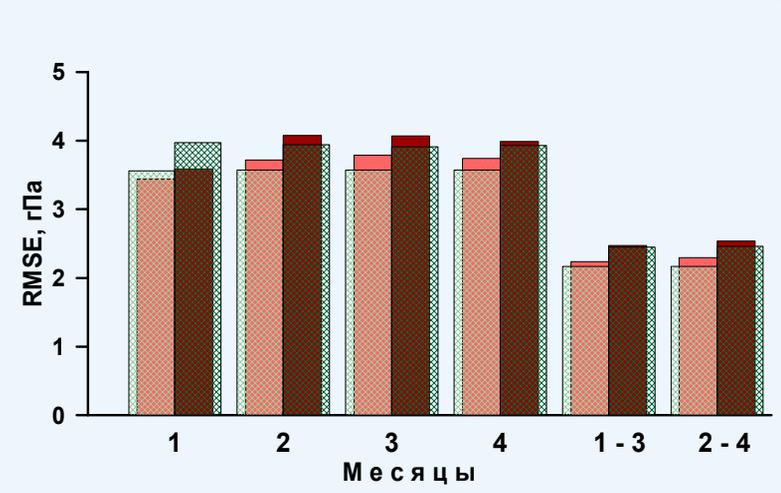
Оценки успешности сезонных прогнозов T2м и SLP за 1982-2003 и 2007-2014 (Северная Евразия)



T2м



SLP



Оценки ROCA вероятностных прогнозов



T2m

PREC

Период прогноза	1982-2003 гг.			2007-2014 гг.			1982-2003 гг.			2007-2012 гг.		
	<N	N	>N	<N	N	>N	<N	N	>N	<N	N	>N
1 мес.	0.687	0.538	0.689	0.692	0.556	0.690	0.571	0.503	0.570	0.569	0.497	0.566
2 “	0.552	0.501	0.554	0.540	0.509	0.542	0.500	0.501	0.505	0.503	0.5022	0.498
3 “	0.543	0.504	0.535	0.524	0.513	0.524	0.500	0.501	0.505	0.506	0.504	0.499
4 “	0.539	0.504	0.535	0.531	0.498	0.508	0.508	0.500	0.510	0.506	0.503	0.507
Сезон(1-3)	0.623	0.518	0.626	0.598	0.534	0.599	0.530	0.501	0.533	0.529	0.506	0.527
Сезон(2-4)	0.572	0.503	0.564	0.541	0.509	0.529	0.503	0.496	0.511	0.514	0.505	0.513

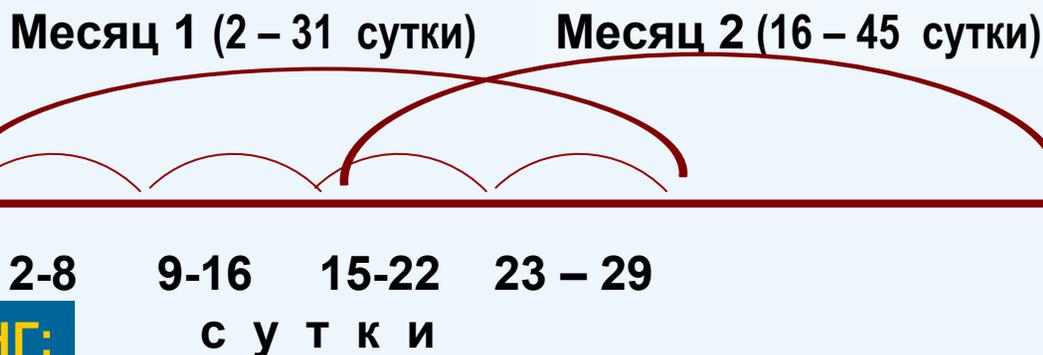
Детализированный скользящий прогноз



Прогноз величины, аномалии и вероятностей градаций ($<N$, N , $>N$)

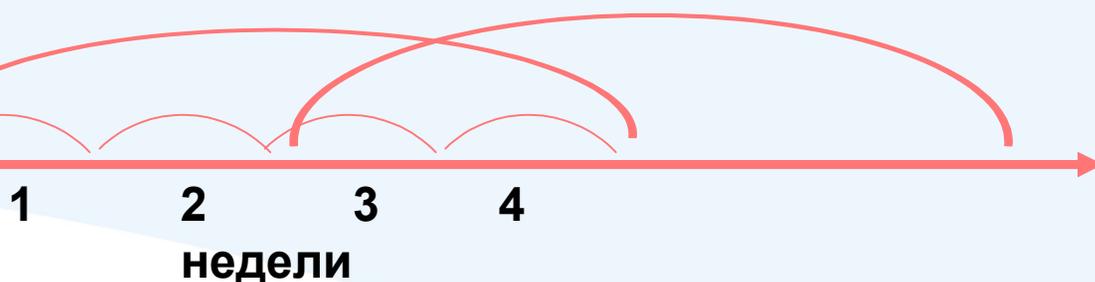
Глобальные поля по сетке $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$:

- 1) H - 500
- 2) T - 850
- 3) SLP
- 4) T2m
- 5) Prec



По 70 пунктам СНГ:

- 1) T2m
- 2) Prec



Старт модели
от 00ч. ВСВ
каждую среду



Карта станций, для которых составляется прогноз по пунктам





166 ЛЕТ ГГО

1 (13) апреля 1849 г. в Санкт-Петербурге по указу императора Николая I была создана Главная физическая обсерватория (ГФО), на которую было возложено проведение геофизических наблюдений и испытаний в обширном кругу и во всех уголках империи России в физических отношениях. Инициатором создания и первым директором ГФО был ученик Дурова Александр Купфер – равносильный факт, научные интересы которого были чрезвычайно широкими.

Первый директор ГФО, академик А.Я. Купфер

ОБЪЯВЛЕНИЯ

Публикация 4-го тома "Океанология"

22.04.2015

Опубликован 4-й том "Океанология" Российского гидрометеорологического энциклопедического словаря, предыдущие тома которого были изданы в 2008-2009...

СОБЫТИЯ

НАГРАЖДЕНИЕ СОТРУДНИКОВ ГГО

30.10.2015

30 октября 2015 г. состоялось торжественное вручение наград за значительный вклад в подготовку и проведение XIII Олимпиады зимних...

РАБОЧЕЕ СОВЕЩАНИЕ ГГО И НПО "Тайфун"

30.10.2015

29 октября 2015 года в ГГО состоялось рабочее совещание специалистов ГГО и НПО "Тайфун", в котором приняли участие директора В.М. Катра и В.М. ...

РЕГИОНАЛЬНОЕ КОНСУЛЬТАЦИОННОЕ СОВЕЩАНИЕ ВМО ПО КЛИМАТИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

19.10.2015

19-20 октября 2015 г. в Сочи состоялось региональное консультационное совещание ВМО по климатическому обслуживанию в Северной Евразии. Это совещание...

СОВЕЩАНИЕ-СЕМИНАР РОСГИДРОМТА «ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ»

13.09.2015

8-10 сентября 2015 года в г. Владивосток на базе Приморского УГМС состоялось совещание-семинар Росгидромета «Внедрение автоматизированных средств...

ЛАУРЕАТЫ ВЕДОМСТВЕННЫХ ПРЕМИЙ РОСГИДРОМТА ЗА 2014 Г

09.07.2015

30 июля 2015 г. стали известны лауреаты ведомственных премий Росгидромета за 2014 г.

КЛИМАТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

ЦЕНТР РАДИАЦИОННЫХ ДАННЫХ

ГРОЗОПЕЛЕНГАЦИЯ

ПРОВОЗ ПОГОДЫ НА МЕСЯЦ

Для просмотра прогноза погоды на месяц необходимо авторизоваться

Прогноз на месяц на сайте ГГО

ПРОГНОЗ ПОГОДЫ НА МЕСЯЦ

Предлагаемый метеорологический прогноз на СКОЛЬЗЯЩИЙ МЕСЯЦ (с внутрimesячной детализацией) выпускается на основе гидродинамико-статистического метода ГГО прогноза метеорологических величин на срок до месяца и является ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ оперативным прогнозом ГГО. (Прогноз обновляется 1 раз в неделю. Подробная информация о методе содержится в разделе "Документация").

На основе этого метода в ГГО составляются также прогнозы среднемесячной приземной температуры воздуха для календарных месяцев, которые являются составной частью комплексного прогноза, официально выпускаемого Росгидрометом. Решение ЦМПО о введении метода принято на основе положительных результатов трехлетних оперативных испытаний по сравнению качества прогнозов ГГО с прогнозами Гидроцентра России (№140-1062 от 17.04.2006). Данные прогнозов погоды не предназначены для коммерческого использования.

КАРТЫ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И АНОМАЛИЙ (СРЕДНЕЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ АНСАМБЛИ)

Содержат цифровые значения средних значений, полученных по ансамблю прогнозов.

СЕВЕРНОЕ ПОЛУШАРИЕ

Геопотенциал поверхности 850 гПа (h-850)

Температура воздуха на поверхности 850 гПа (T-850)

Российская Федерация

Атмосферное давление на уровне моря

Температура воздуха на уровне 2м

Атмосферные осадки

КАРТЫ ВЕРОЯТНОСТЕЙ (ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПРОГНОЗ)

Показывает вероятности попадания температуры воздуха в градации ниже нормы и выше нормы, превышающие их климатическую вероятность.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Температура воздуха на уровне 2м

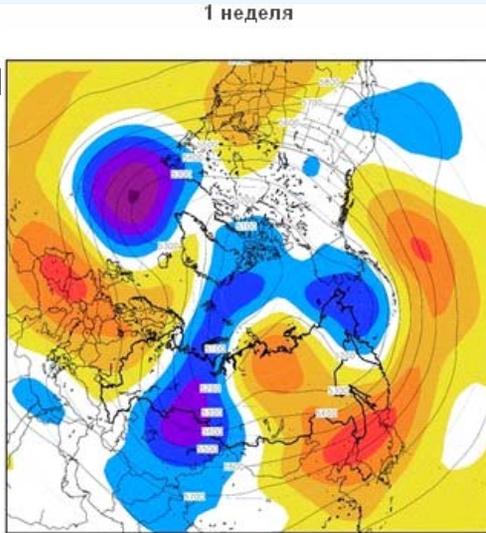
ПРОГНОЗЫ ПЛАНШЕЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ

Пример детализированного скользящего прогноза

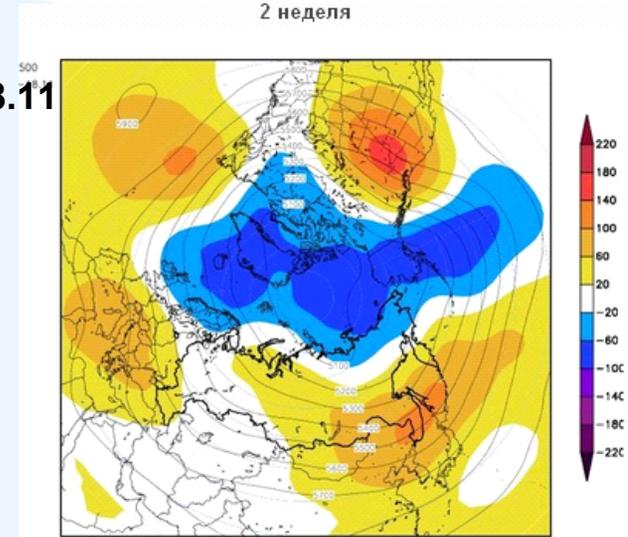


H-500

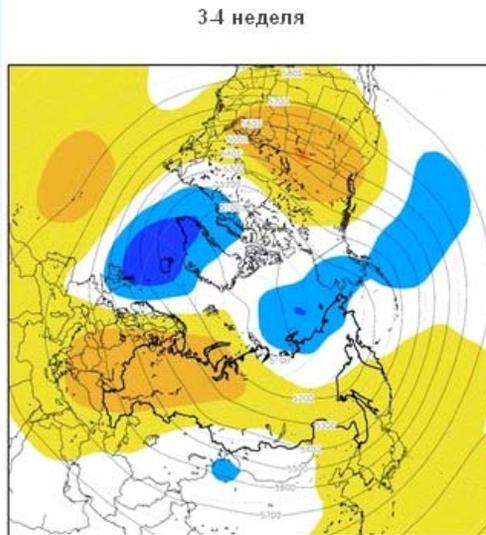
05.11 -11.11



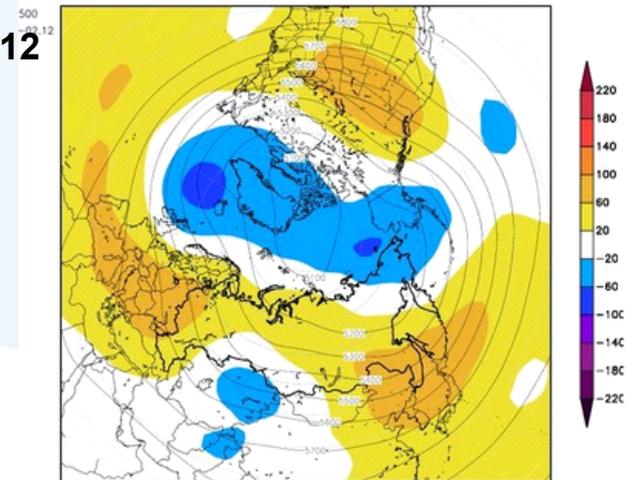
12.11-18.11



19.11-02.12



05.11-02.12

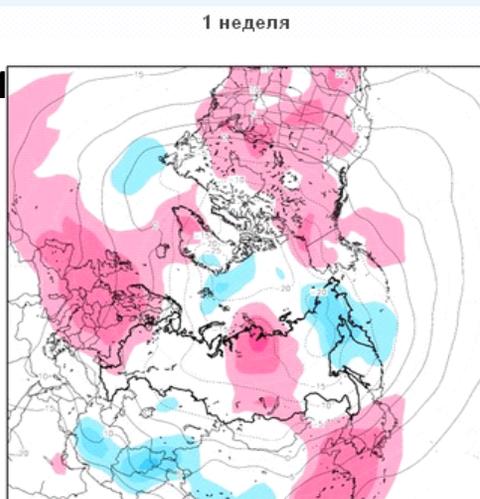




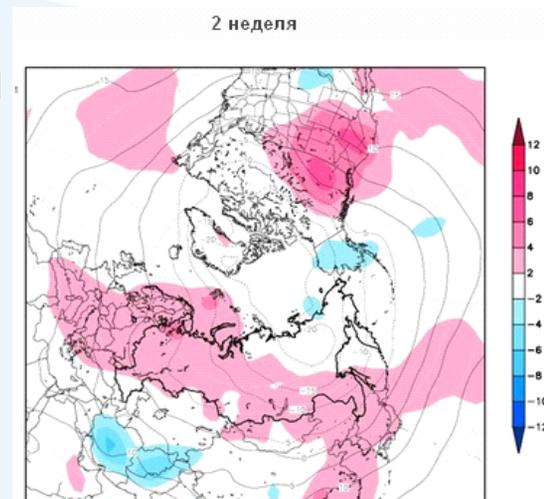
Пример детализированного скользящего прогноза

T-850

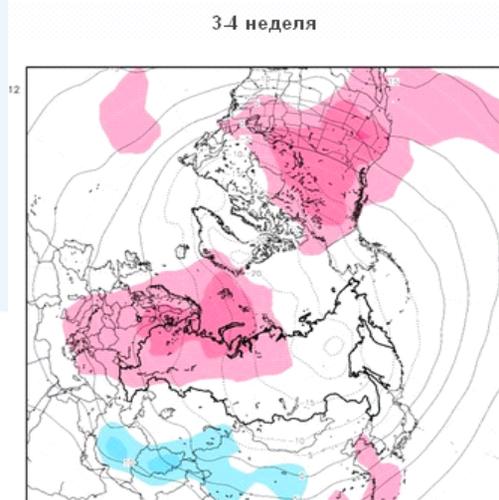
05.11 -11.11



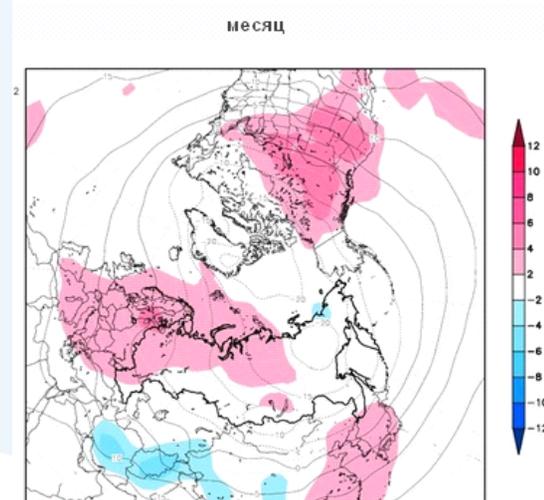
12.11-18.11



19.11-02.12



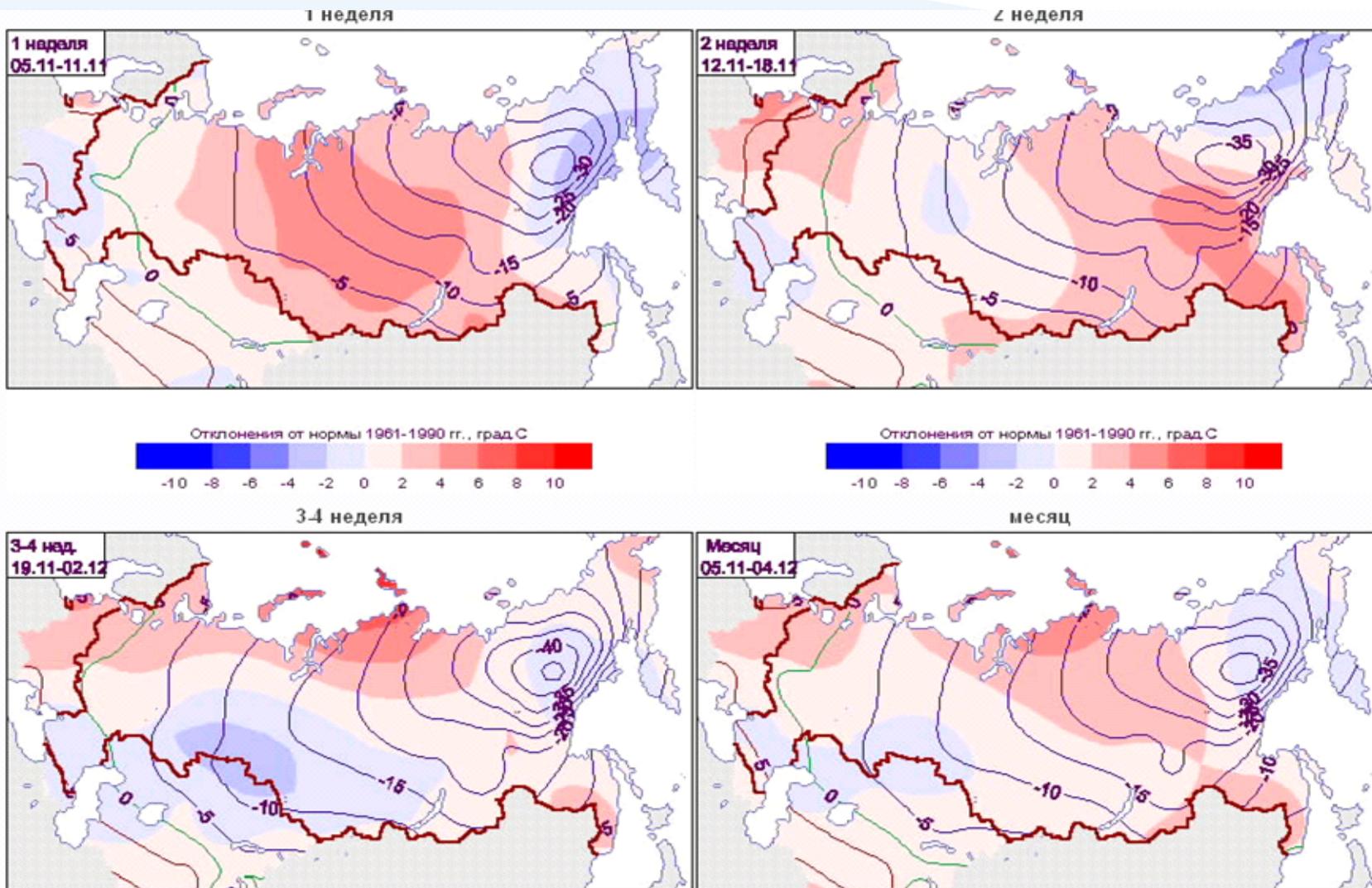
05.11-02.12



Пример детализированного скользящего прогноза



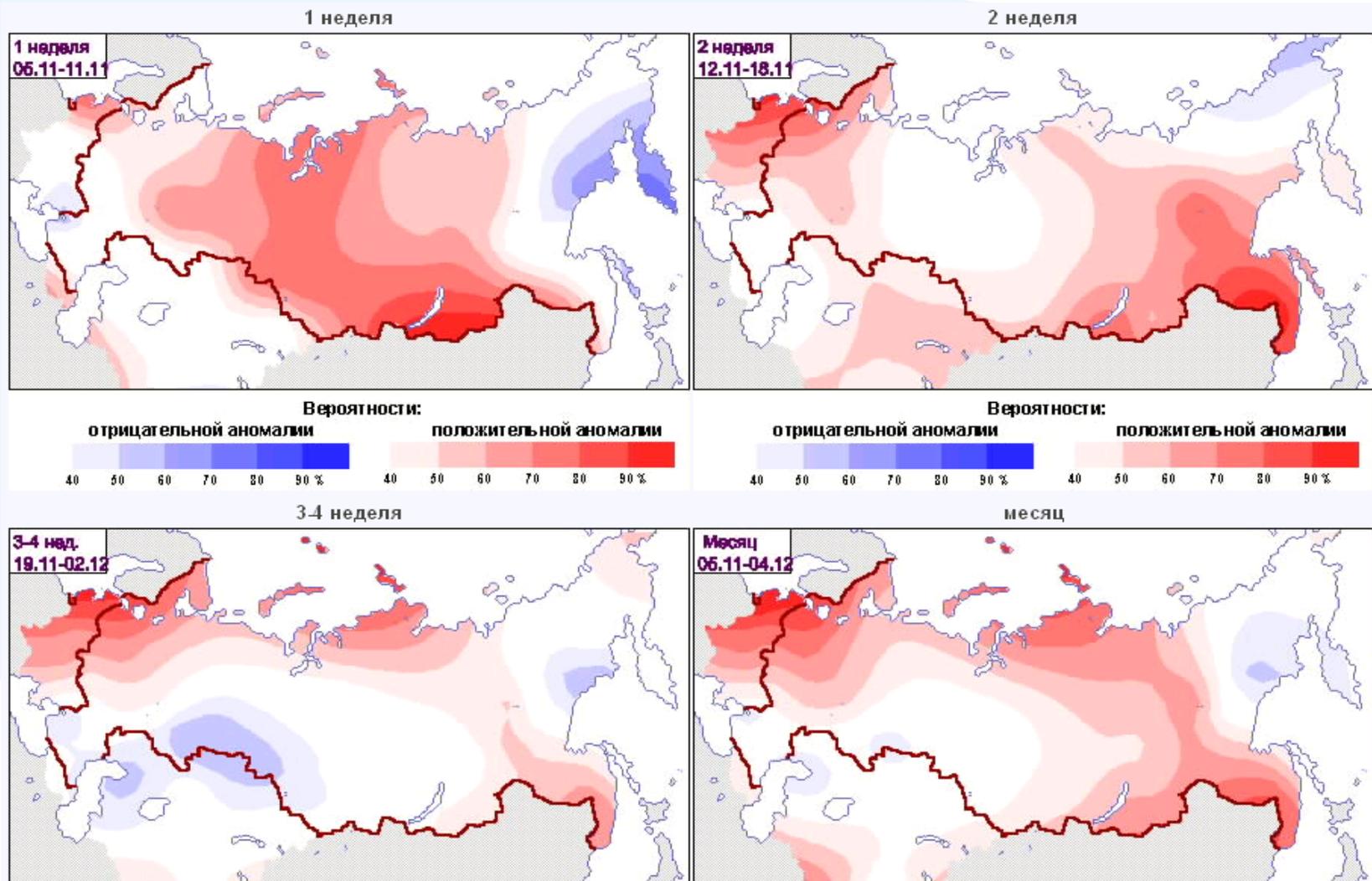
T- 2м



Пример детализированного скользящего прогноза



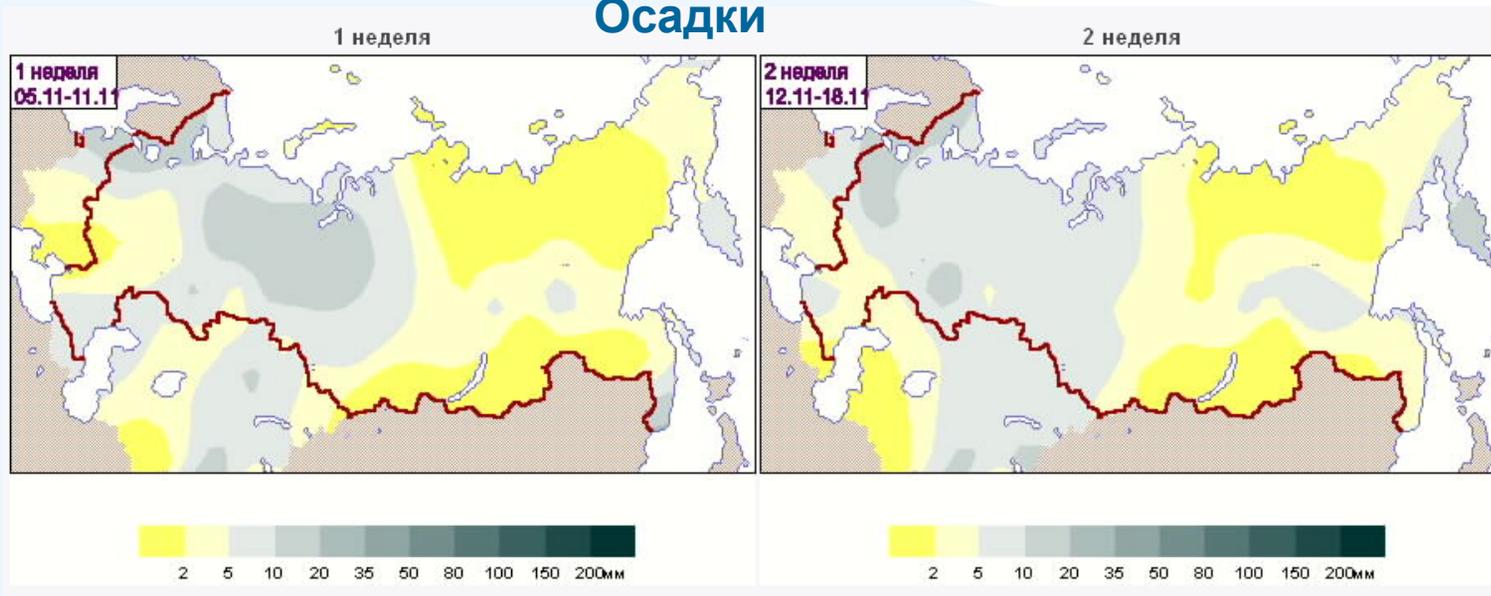
Вероятностный прогноз T-2м



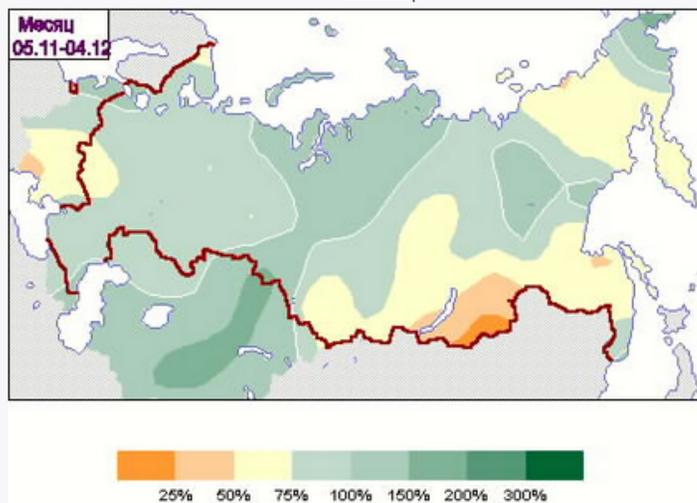


Пример детализированного скользящего прогноза

Осадки



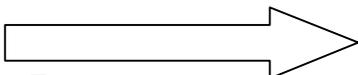
месяц



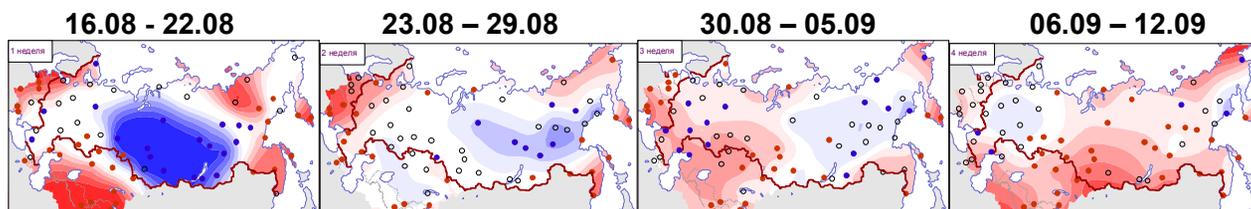
Пример еженедельного вероятностного прогноза трех градаций T2м (<N, N, >N) на скользящий месяц в сравнении с фактическими данными



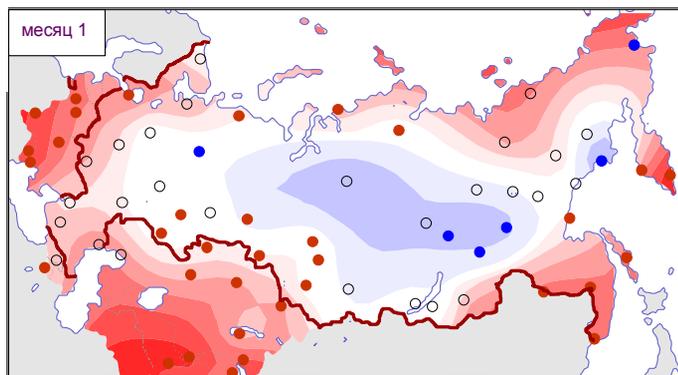
прогноз на 30 суток, детализированный по неделям



Дата
прогноза:
15.08.2012



16.08 -
- 14.09



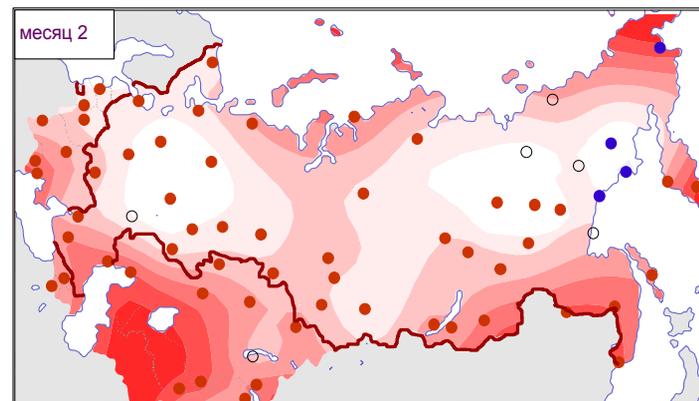
белый фон означает, что вероятности всех трех градаций
приблизительно равны (прогноз близок климатическому)

ФАКТИЧЕСКИЕ ГРАДАЦИИ АНОМАЛИИ:

● ниже нормы ○ норма ● выше нормы

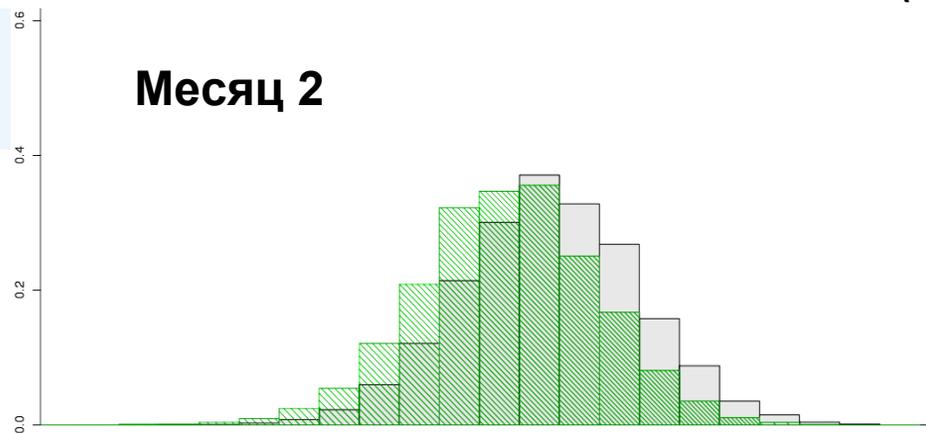
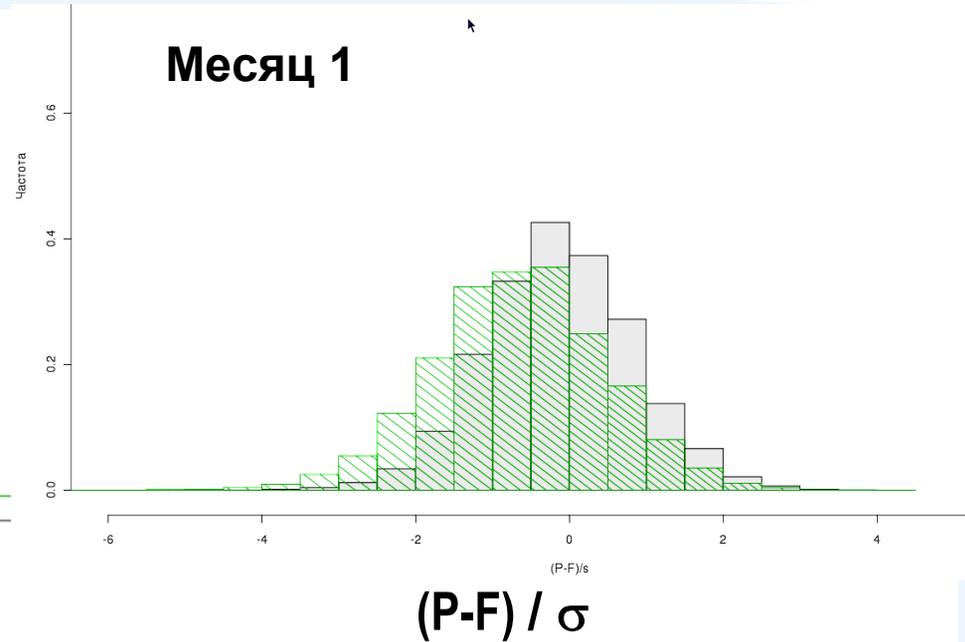
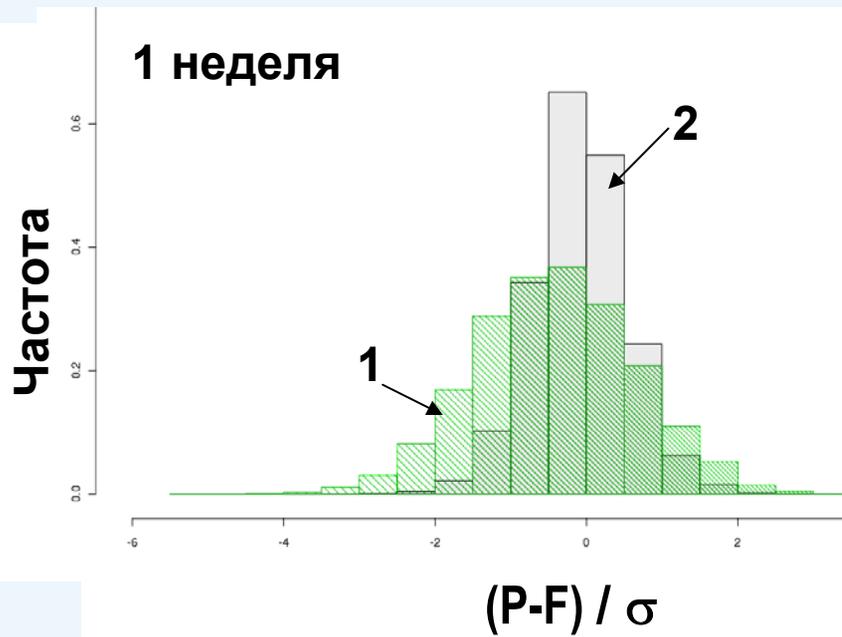
прогноз на месяц с
заблаговременностью
две недели

30.08 – 28.09

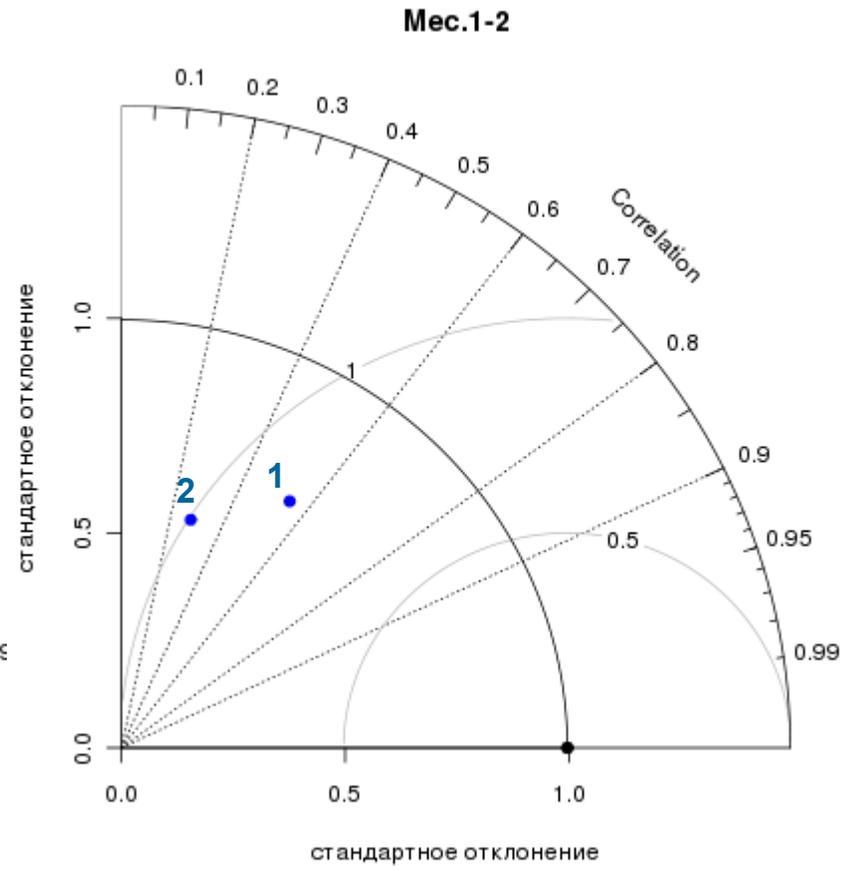
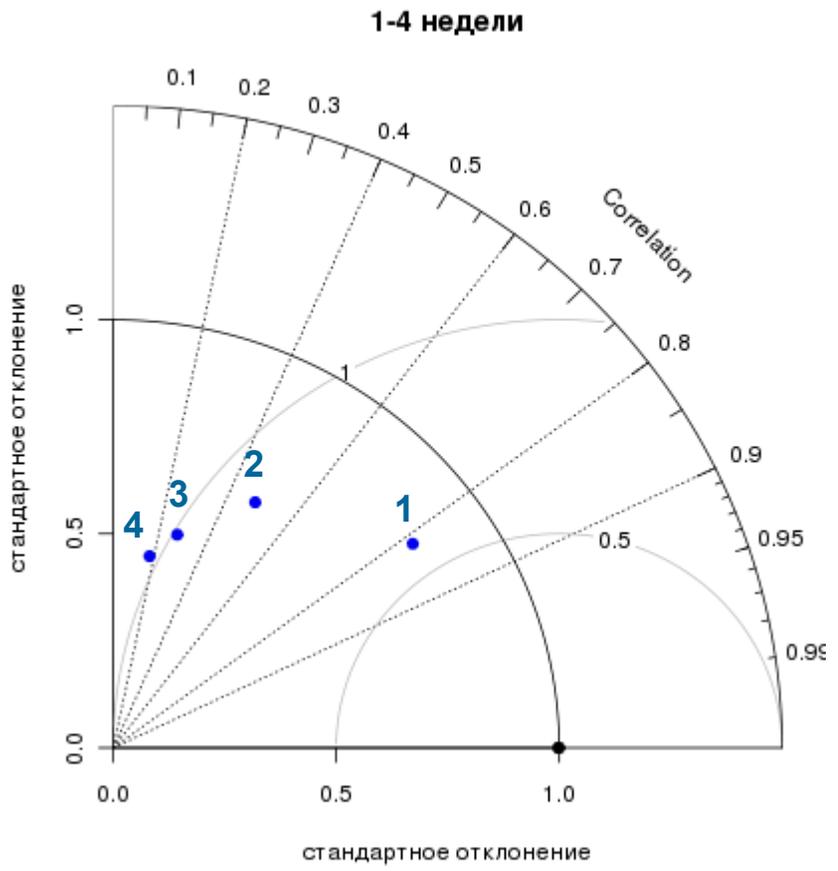




Распределение ошибок климатического (1) и методического (2) прогнозов (2002-2011гг.)



Оценки детализированных прогнозов стандартизированных аномалий Т2м (по 70 станциям за 2002-2012 гг.)



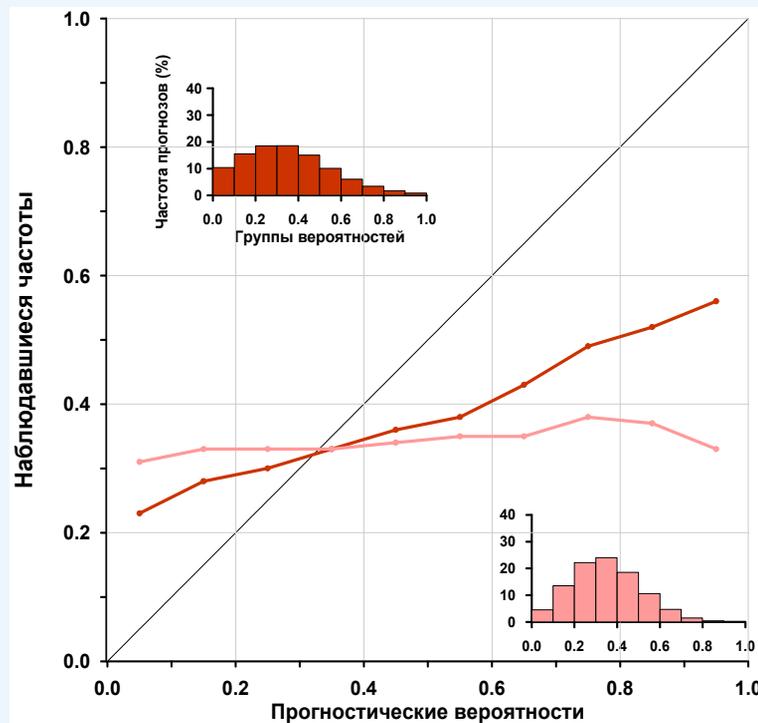
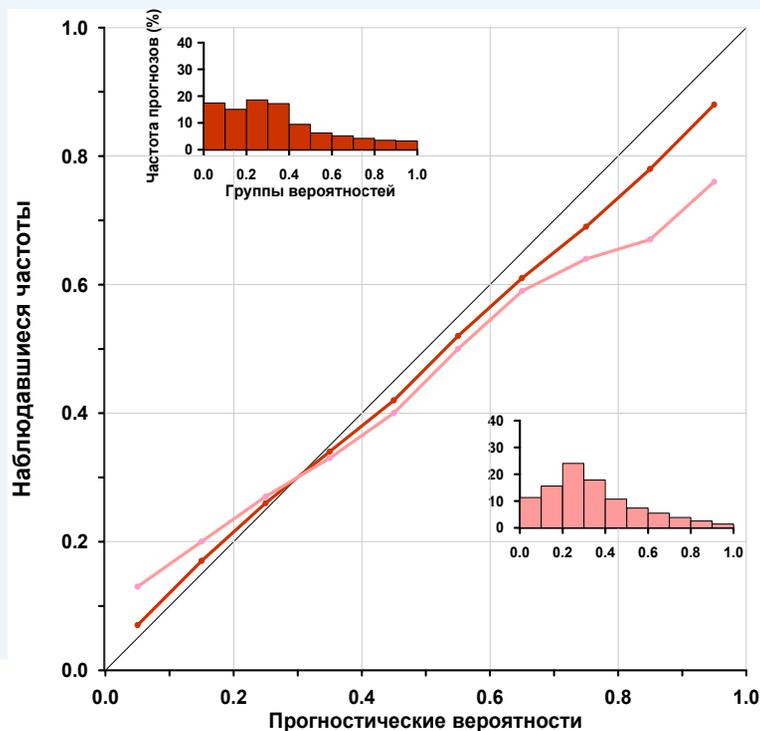


Диаграммы надежности и гистограммы повторяемости вероятностных прогнозов

(2002-2011 гг, 70 станций)

T2m

PREC

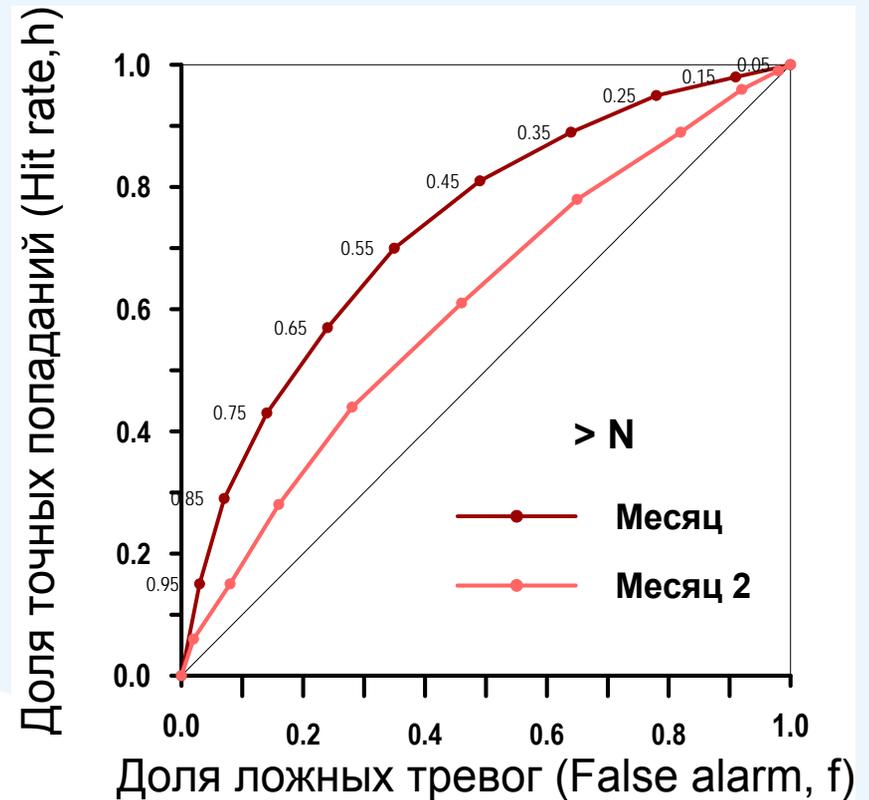
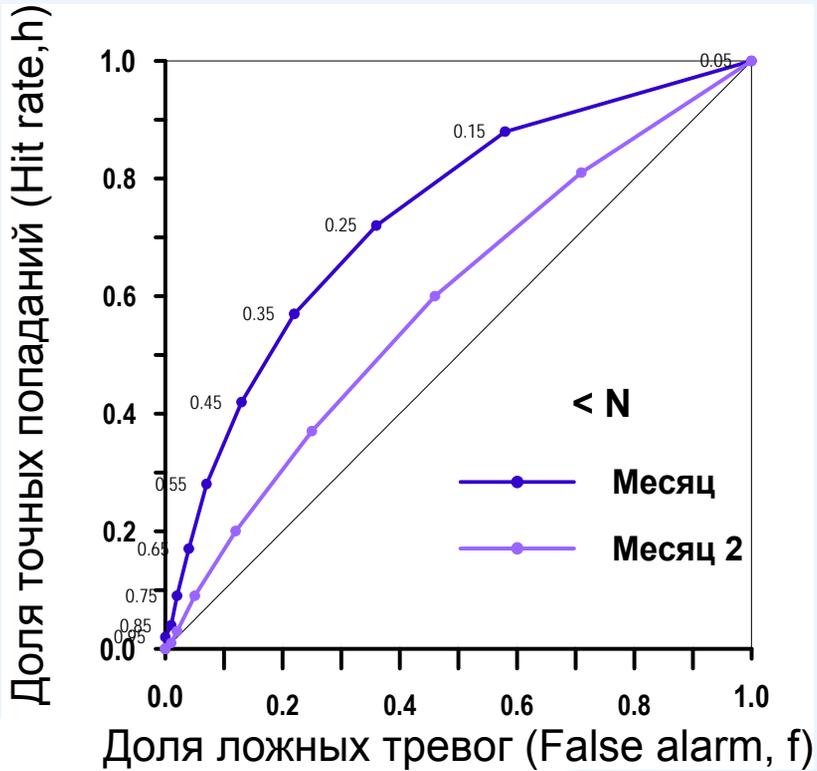


Месяц

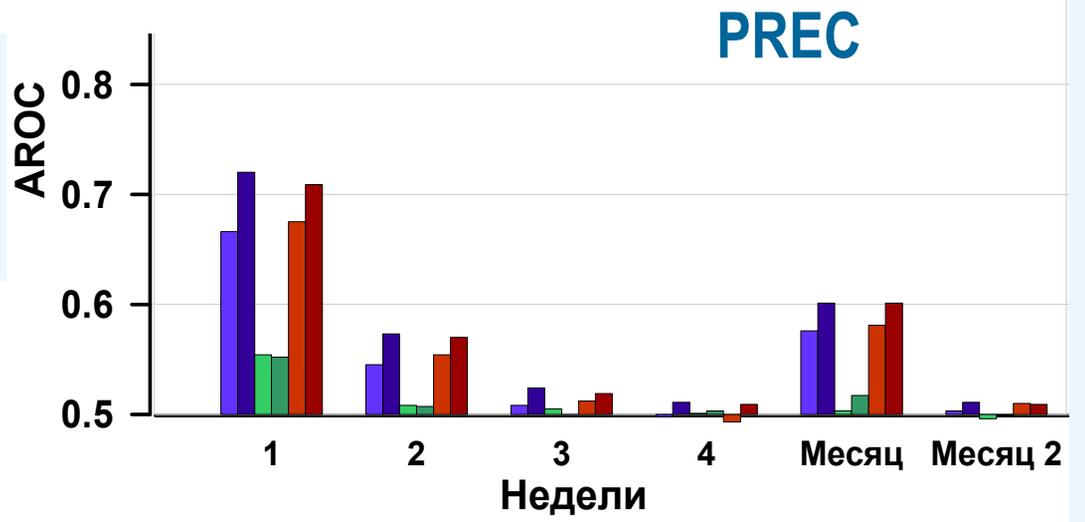
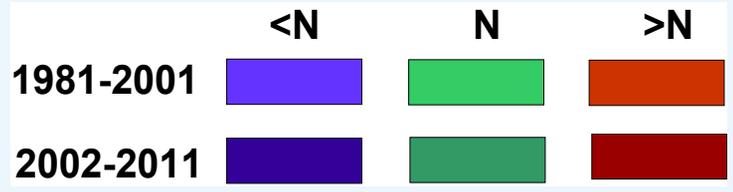
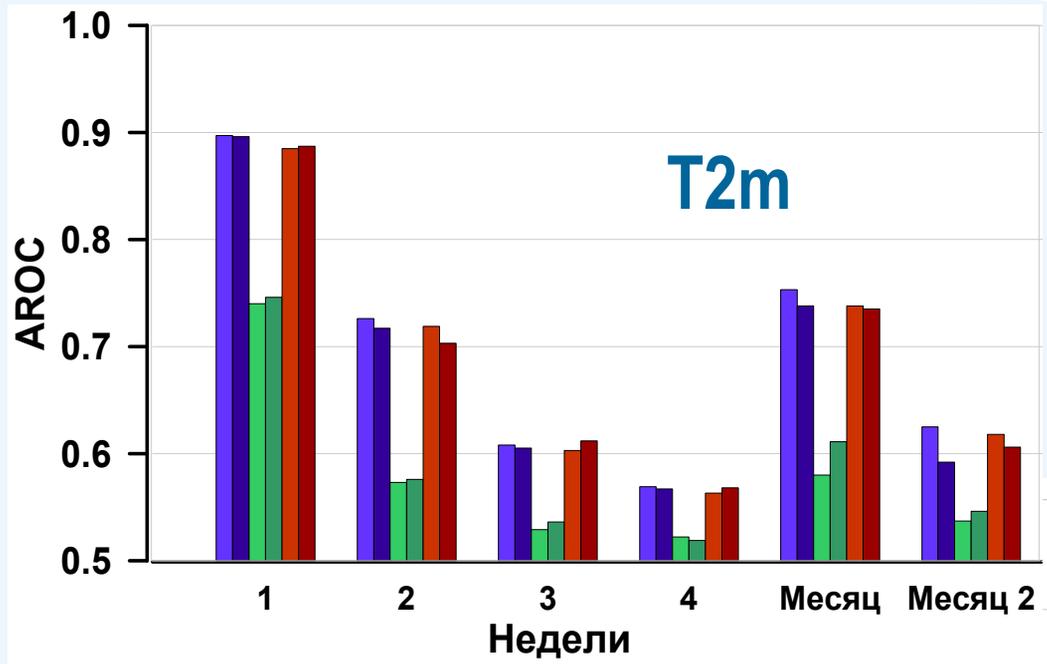
Месяц_2



ROC вероятностных прогнозов T2м и по 70 станциям Северо-Евразийского региона (522 прогноза 2002-2011гг)



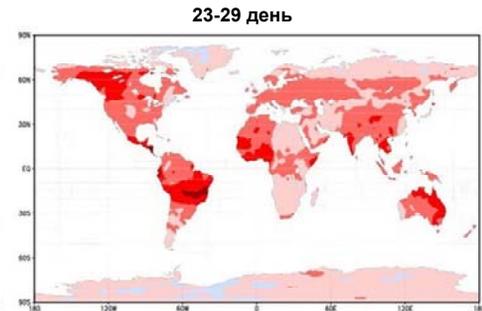
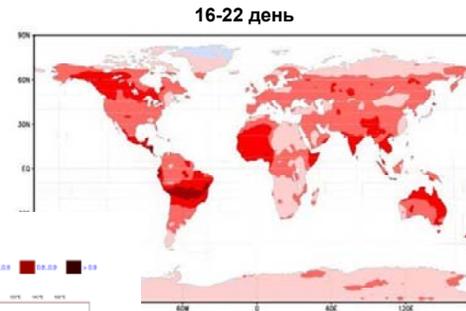
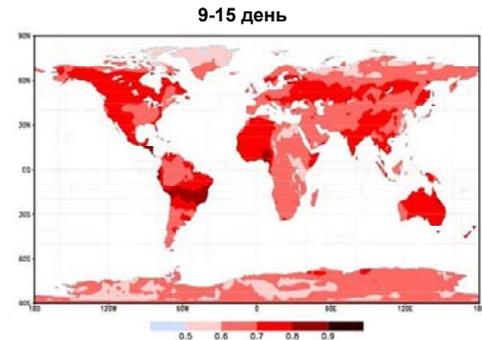
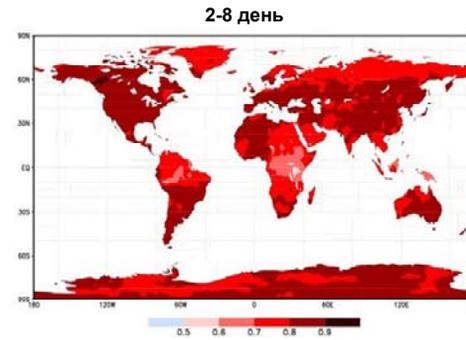
AROC детализированных вероятностных прогнозов для Северо-Евразийского региона



AROC вероятностных прогнозов T2м > N

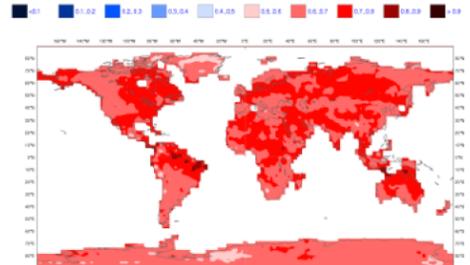
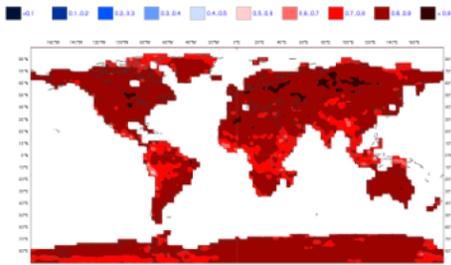


ГГО
1983-2002гг.
N=480

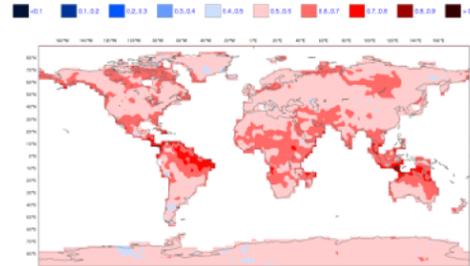
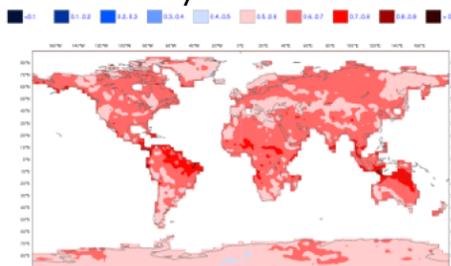


Day 5-11

Day 12-18



Day 19-25



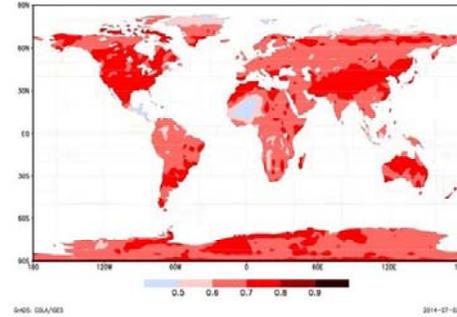
ECMWF
с 2004 г.
F. Vitart, 2014

AROC вероятностных прогнозов $PREC > N$

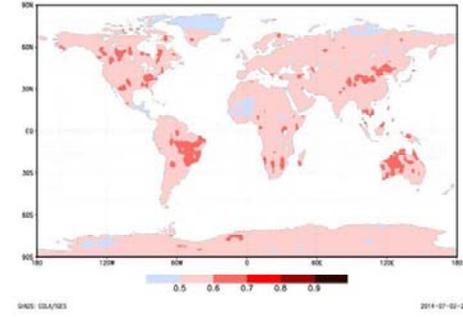


ГГО
1983-2002гг.
N=480

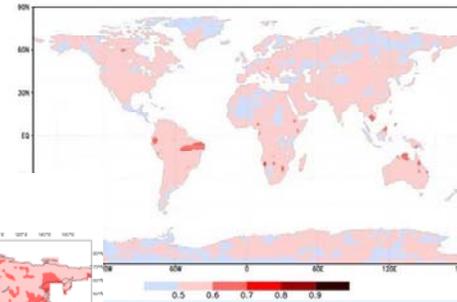
2-8 день



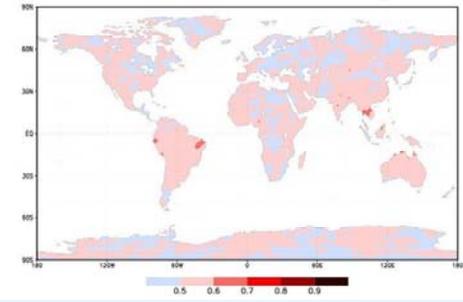
9-15 день



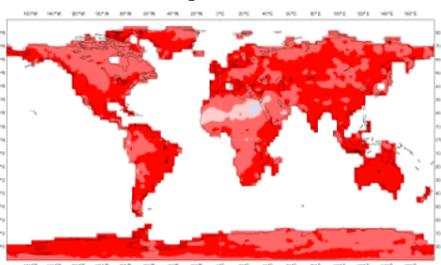
16-22 день



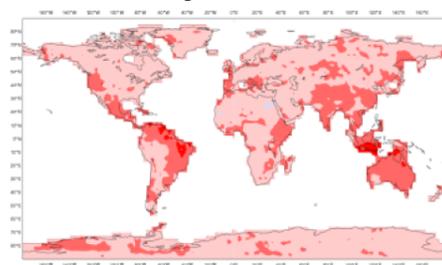
23-29 день



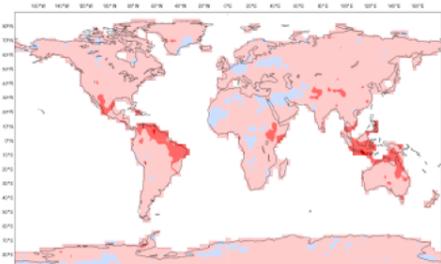
Day 5-11



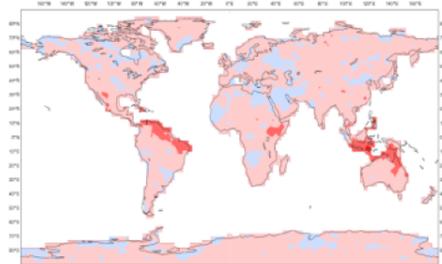
Day 12-18



Day 19-25



Day 26-32



ECMWF

с 2004 г.

F. Vitart, 2014

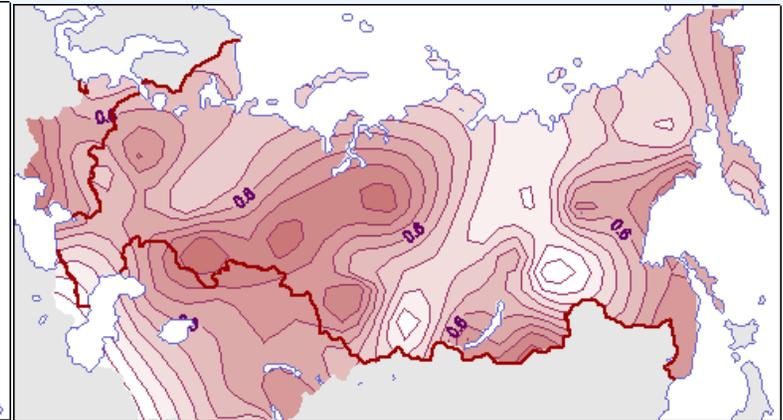
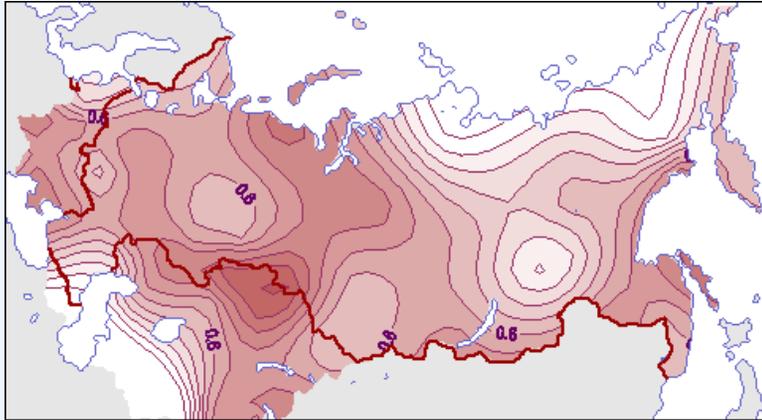
AROC вероятностных прогнозов месячных аномалий PREC (2002-2011гг. 522 прогноза)



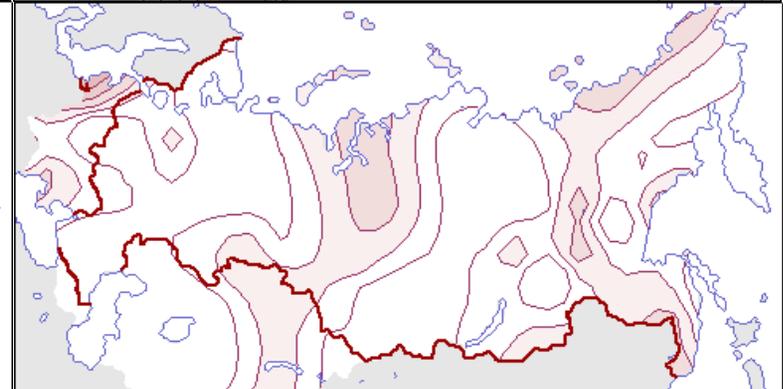
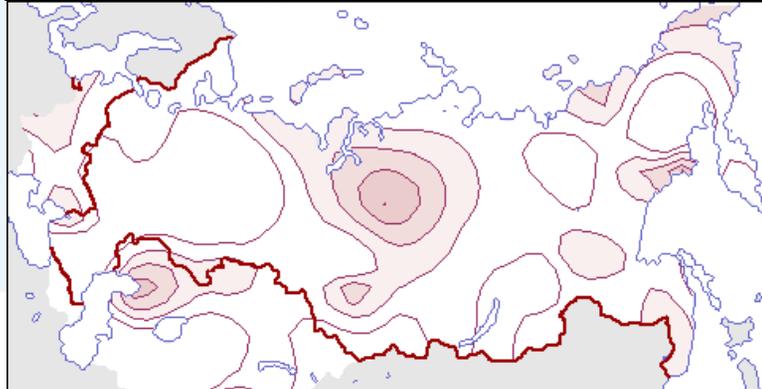
PREC < N

PREC > N

2 - 31
сутки



16 - 45
сутки



AROC вероятностных прогнозов месячных аномалий T2м (2002-2011гг. 522 прогноза)

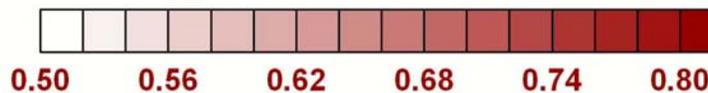
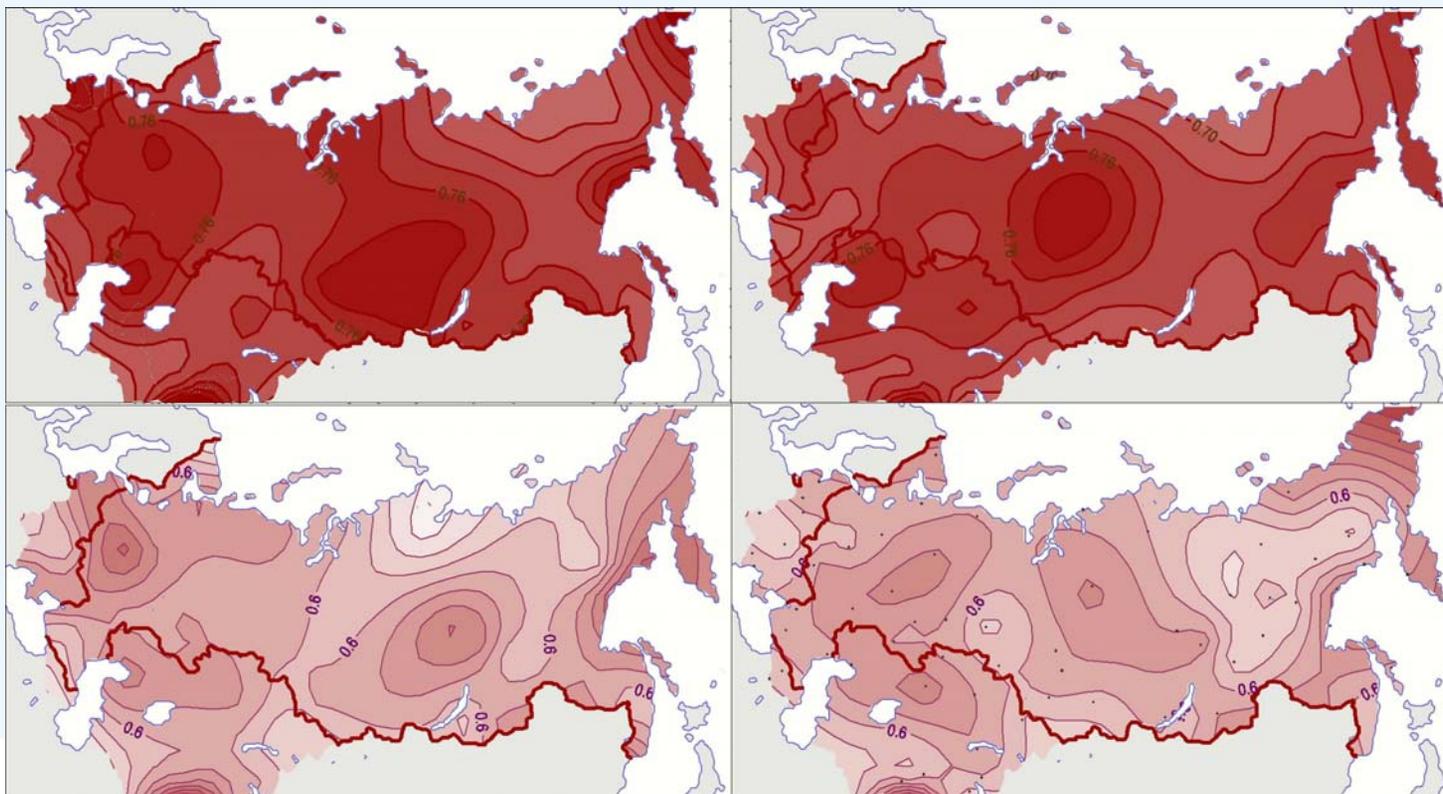


$T < N$

$T > N$

2 - 31
сутки

16 - 45
сутки



Пример оценки относительной экономической эффективности прогнозов Т2м > N (ст. Туруханск, 2002-2011гг. 522 прогноза)

Прогноз градации > N
с вероятностью P > 0.4

Матрица затрат/потерь (cost/loss)

		ЯВЛЕНИЕ	
		ДА	НЕТ
М Е Р Ы	ДА	C	C
	НЕТ	L	0

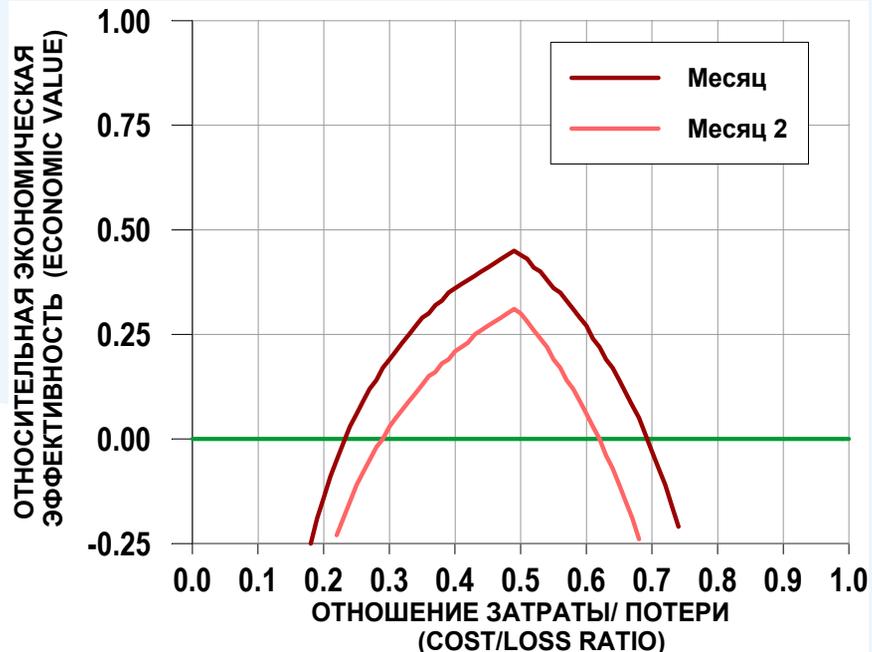
		ЯВЛЕНИЕ	
		ДА	НЕТ
П Р О Г Н О З	ДА	a	b
	НЕТ	c	d

$$E_p = aC + bC + cL$$

$$E_{perf} = \bar{o}C$$

$$E_{cl} = \min(C, \bar{o}L)$$

$$V = \frac{E_{cl} - E_p}{E_{cl} - E_{perf}}$$





Направления исследований по долгосрочным метеорологическим прогнозам

- ✓ Совершенствование моделей атмосферы (повышение их разрешающей способности, уточнение схем параметризации мелкомасштабных физических процессов), а также развитие совместных моделей атмосферы и океана;
- ✓ Использование более качественной информации для описания начальных и граничных условий;
- ✓ Совершенствование методов построения и интерпретации ансамблевых гидродинамических прогнозов (для оценки неопределенности прогностической информации);
- ✓ Развитие методов калибровки и интерпретации ансамблевых (мультимодельных) прогнозов в терминах вероятностей;
- ✓ Исследование факторов – носителей долговременной памяти (источников предсказуемости на длительных интервалах времени);
- ✓ Развитие методов многоаспектной оценки успешности и полезности прогнозов (поиск путей их рационального использования).



Заключение

1. Перспективы улучшения прогнозов связаны с фундаментальными работами по совершенствованию моделей атмосферы (повышению разрешения, уточнение схем параметризации) и развитию совместных моделей атмосферы и океана.
 2. Важным является исследование механизмов формирования и воздействия «долгоиграющих» процессов (Эль-Ниньо, Арктическое и Северо-Атлантическое колебания, ОМД/МЮ, процессы в стратосфере и их взаимодействие с тропосферой, состояние ледяного покрова в Арктике, влажность почвы и др.).
 3. Необходимо развитие глобальной системы наблюдений за состоянием атмосферы, океана и суши – расширение спектра усваиваемых переменных, повышение точности наблюдений и анализа их распределения.
 4. В прикладном аспекте важно развивать взаимодействие с потенциальными потребителями для выработки стратегий рационального использования полезной прогностической информации.
- Наращивание вычислительных возможностей, подготовка кадров.



Разработка методов прогноза на месяц и сезон с использованием совместной глобальной модели океан-атмосфера

В 2015 году проводились серии прогнозов на сроки до сезона с использованием прогностической версии совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана.

- ✓ Модель атмосферы ГГО (T42L25)
- ✓ Модель океана IBM CM4

Для сравнительного анализа результатов расчета на сроки до сезона температуры поверхности океана, ледяного покрова и характеристик атмосферы использовалась историческая база данных реанализа CFSR за период 1982-2003 гг. (зимний сезон)

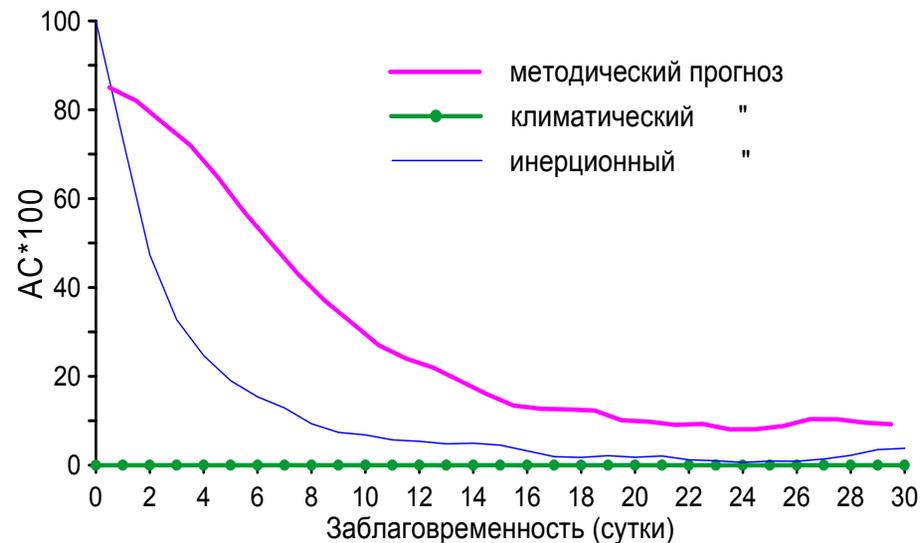
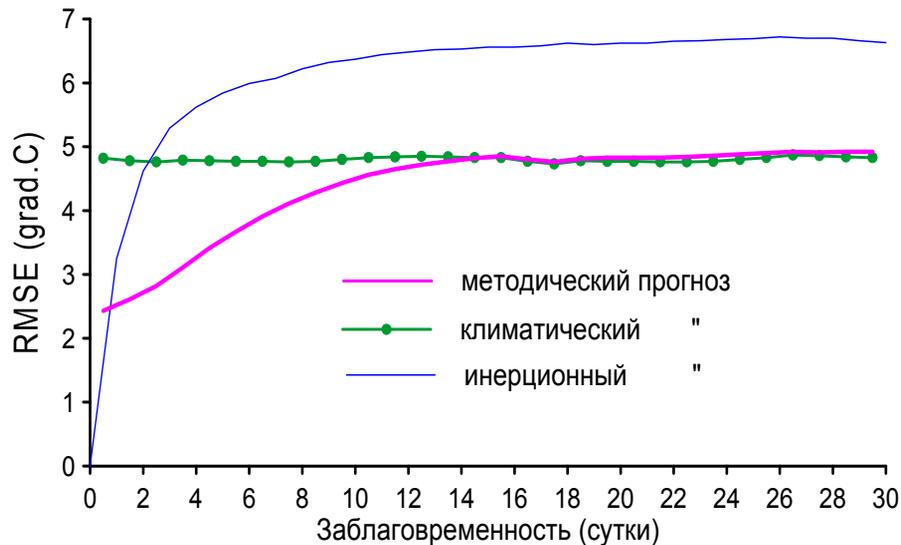
Оценки успешности расчетов на сезон оценивалось по серии ансамблевых прогнозов (в ансамбле 10 прогнозов):

- ✓ С моделью атмосферы с учетом начального ТПО и морского льда;
- ✓ С моделью атмосферы с учетом эволюции ТПО и морского льда;
- ✓ С совместной моделью атмосфера-океан

Получены предварительные результаты по ограниченному числу прогнозов.

В настоящее время ведутся работы по совершенствованию технологии расчетов по совместной модели атмосфера-океан.

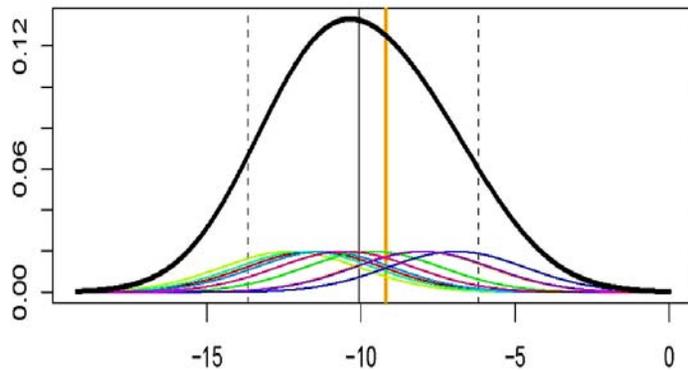
Успешность прогнозов температуры воздуха по региону Северной Евразии в зависимости от заблаговременности



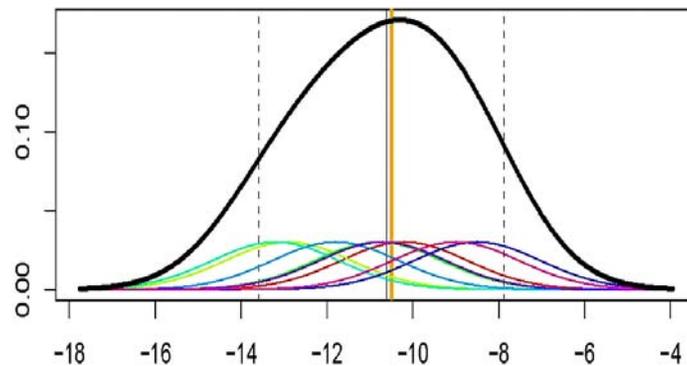
Вероятностные прогнозы Т2м на январь 1982 г. на основе ВМА

1 нед.

Санкт-Петербург

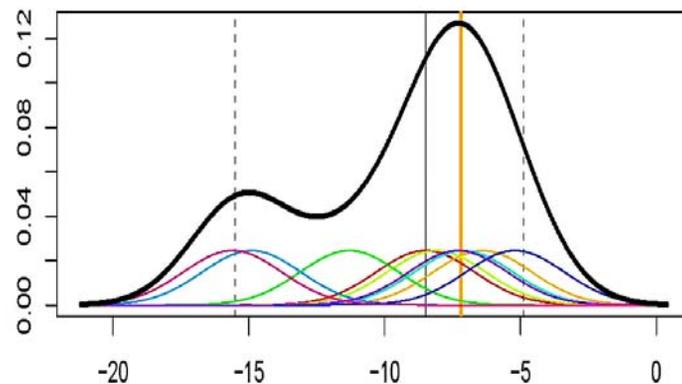
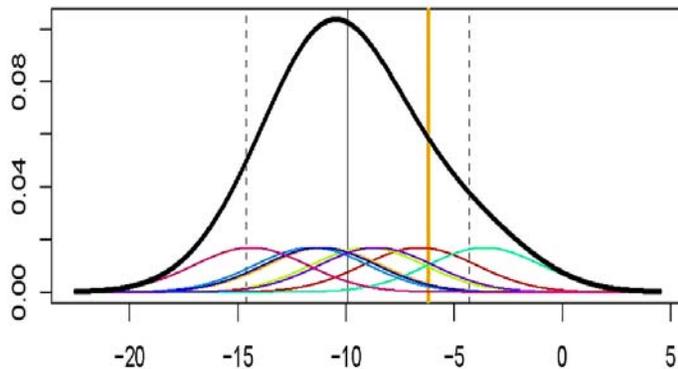


Москва



Месяц

Вероятность



Температура воздуха