



# ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ ПОГОДЫ

*Терминология и оценка оправдываемости  
Долгосрочного прогноза погоды*

Цепелев Валерий Юрьевич

кандидат географических наук

e-mail: [v0010200@mail.ru](mailto:v0010200@mail.ru)

т. кафедры: (812) 444-82-61

# Содержание темы занятия

---

- Стандартная система оценка успешности (ССПО) ДПП
  - Определения ССПО;
  - Наборы данных для оценки прогнозов;
  - Параметр ROC для оценки вероятностных прогнозов
- Другие оценки успешности ДПП
- Современный уровень успешности ДПП

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

---

## **Детерминистические Долгосрочные Прогнозы**

Детерминистические ДП обеспечивают единственное вероятное значение для прогнозируемой переменной.

Прогнозы могут представлять собой либо объективные численные значения, такие, как отклонения заданного параметра от нормы, либо указывать на ожидаемое наличие событий, попадающих в одну из категорий (например, «выше/ниже нормы» или «выше/около/ниже нормы»).

## **Вероятностные Долгосрочные Прогнозы**

Вероятностные ДП указывают на степень вероятности наличия или отсутствия какого-либо события.

События так же могут классифицироваться по категориям (например, «выше/ниже нормы» или «выше/около/ниже нормы»).

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

ДПП охватывают периоды от 30 суток вплоть до двух лет.

Ориентировочный прогноз на месяц	Описание усредненных метеорологических параметров, выраженных в виде отклонений от климатических значений для заданного месяца.
Ориентировочный прогноз на «скользящий сезон» в три месяца или 90 суток	Описание усредненных метеорологических параметров, выраженных в виде отклонений от климатических значений для заданного периода в три месяца или в 90 суток.
Ориентировочный прогноз на сезон	Описание усредненных метеорологических параметров, выраженных в виде отклонений от климатических значений для заданного сезона.

Прогностические сезоны произвольно определены для северного полушария следующим образом:

- 1) декабрь-январь-февраль (ДЯФ) — зимний сезон (летний сезон в южном полушарии);
- 2) март-апрель-май (МAM) — весенний сезон (осенний сезон в южном полушарии);
- 3) июнь-июль-август (ИИА) — летний сезон (зимний сезон в южном полушарии);
- 4) сентябрь-октябрь-ноябрь (СОН) — осенний сезон (весенний сезон в южном полушарии).

Также определены 12 скользящих сезонов, например МAM, AMI, МИИ.

В тропической зоне сезоны могут определяться другим образом и могут иметь более продолжительные периоды. Например – прогноз на несколько сезонов или на сезон дождей в тропиках.

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

таблица 2  
Определения периода прогноза и заблаговременности прогноза

Период прогноза	Период прогноза — это отрезок времени действия прогноза. Например, ДП могут быть действительны на период в 90 суток или на сезон
Заблаговременность прогноза	Заблаговременность означает период времени между моментом выпуска прогноза и началом периода действия прогноза. ДП, основанные на всех данных вплоть до начала периода действия прогноза, называются прогнозами с нулевой заблаговременностью. Период времени между моментом выпуска прогноза и началом периода его действия классифицирует прогнозы по заблаговременности. Например, сезонный прогноз на зимний период, выпущенный в конце предшествовавшего летнего сезона, называется прогнозом с заблаговременностью в один сезон. Сезонный прогноз, выпущенный за один месяц до начала периода действия прогноза, называется прогнозом с заблаговременностью в один месяц

На рисунке 1 определения, приведенные в таблице 2, представлены в графическом виде.

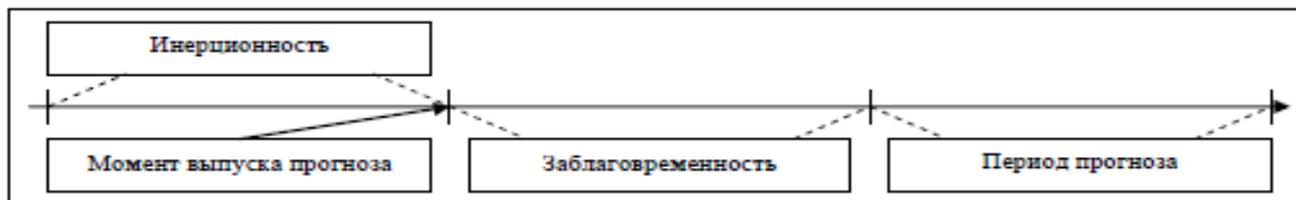


Рисунок 1 — Определение периода прогноза, заблаговременности и инерционности как это применяется в общей схеме проверки прогнозов

**Срок прогноза** означает продолжительность распространения конкретного ДП в будущее, таким образом, он представляет собой сумму заблаговременности и периода прогноза.

**Инерционность** какого-либо параметра означает сохранение аномалии этого параметра, которая наблюдалась в течение периода времени такой же продолжительности, что и период прогноза, и непосредственно перед моментом выпуска ДПП.

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

Проблема оценок качества прогнозов всегда была важна для метеорологии, прогностической практики и для процедур принятия решений в метеозависимых сферах человеческой деятельности. Первые попытки стандартизации оценок были предприняты во второй половине 90-х для сопоставления результатов различных *прогнозов с расширенным сроком*.

После многочисленных обсуждений был подготовлен документ, определяющий согласованные статистические критерии оценок в области долгосрочного прогнозирования, получивший название «стандартизованная система верификации для долгосрочных прогнозов», Standardised Verification System for Long-Range Forecasts, SVSLRF (ССПО).

В 2003 году на 14-м Конгрессе ВМО принято решение об использовании этой системы для оценки качества сезонных и годовых прогнозов

The screenshot displays the website for the World Meteorological Organization's Lead Centre for the Long Range Forecast Verification System. The page includes a navigation menu with links for Home, Contact, Disclaimer, Users Guide, Documentation, and Verification Maps. The main content area is divided into three sections: Disclaimer, Documentation, and Users Guide. The Documentation section lists various resources such as participating meteorological agencies, the lead centre's role, documentation and software, verifying datasets, submitting data, and a glossary. The Users Guide section details variables to be assessed, levels of assessment, diagnostic measures, and the lead centre's role in providing results, submission formats, and model system details. The Verification Maps section features a world map showing forecast probability and hit rates, along with a false alarm rate graph. The graph plots hit rate against false alarm rate, showing a curve that rises above the diagonal line of perfect forecast skill. The map uses a color scale from 0.4 to 1.0 to represent forecast probability. The page footer includes a 'home | contact' link.

World Meteorological Organization  
Lead Centre for the  
Long Range Forecast Verification System

Home | Contact  
[Disclaimer](#) | [Users Guide](#)  
[Documentation](#) | [Verification Maps](#)

**DISCLAIMER**

**DOCUMENTATION**

- Participating Met. Agencies.
- Lead Centre role.
- Documentation and software.
- Verifying datasets.
- Submitting data.
- Glossary.

**USERS GUIDE**

- Variables to be assessed.
- Levels of assessment.
- Diagnostic measures.
- What the Lead Centre provides.
- How to submit results.
- Format for submitting results.
- Model system details.

**VERIFICATION MAPS**

The Lead Centre provides access to verification datasets, verifying software, documentation of the system, broad technical support, access to the final verification data as well as graphing and display of results.

The WMO Lead Centre for the SVS-LRF is jointly managed by the Australian Bureau of Meteorology and the Meteorological Service of Canada.

Current seasonal forecasts from Global Producing Centre (GPC) models will become available via the [Lead Centre for Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble Prediction](#).

home | contact

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

---

**Выделяются три основные цели верификации - административная , научная и экономическая.**

**Администрация** должна иметь представление о качестве прогнозов и опыте прогнозистов, чтобы планировать обучение, закупку оборудования и т.д. При этом требуется небольшое, но информативное количество характеристик, применяемых к некоторым «важным» прогностическим величинам.

**Научная общественность**, непосредственно занятая в разработке прогностических моделей, использует оценки качества для лучшего понимания и совершенствования этих моделей. Применяются разнообразные, сложные, изощренные оценки, призванные оценить *систематическое поведение* прогностических схем.

**Экономическая составляющая** важна, в первую очередь, для *пользователей*. Для пользователя показатели должны быть максимально простыми, но так как пользователей много, то количество показателей качества может быть неограниченным. Схемы верификации, ориентированные на потребителя, должны по возможности учитывать эффективность принятия решений в разных случаях.

*Важной стороной стандартизации системы верификации является совместная деятельность широкой метеорологической общественности. Единообразие оценок и форматов позволяет значительно ускорить прогресс и в области долгосрочного прогноза погоды.*

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

---

## Стратегия проверки оправдываемости

- 1) Проверка оправдываемости ДПП должна осуществляться на сетке с линиями широт и долгот по определенным заранее районам. Проверка может также проводиться на отдельных станциях или группах станций. Проверка на сетке с линиями широт и долгот проводится отдельно от проверки в отношении станций.
- 2) Рекомендуемая для проверки сетка должна состоять из линий широты/долготы с шагом в  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ , с исходной точкой в  $0^\circ$  с. ш.,  $0^\circ$  в. д. Как прогнозы, так и нанесенные на сетку комплекты данных для проверки должны быть проинтерполированы на ту же самую сетку с шагом в  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ .
- 3) При работе с пространственными прогнозами, предсказания для каждого узла внутри сетки для проверки следует рассматривать в качестве индивидуальных прогнозов, однако со всеми результатами, объединенными в один окончательный вывод.
- 4) Классификация данных проверки проводится с учетом периода прогноза, его заблаговременности и проверяемых районов. Для уровня 1, в отношении Т2м и осадков, классификация по периодам прогнозов должна быть осуществлена в соответствии с четырьмя традиционными сезонами. Для уровней 2 и 3 классификация должна по возможности осуществляться по 12 скользящим сезонам, если такой возможности нет, должны использоваться четыре традиционные сезона.

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

---

## **НАБОРЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕРКИ**

Для создания наборов данных для климатологии и для проверки следует использовать одинаковые данные, хотя при отсутствии данных могут быть использованы собственные анализы выпускающих прогнозы центров/институтов, или повторные анализы ЕЦСПП, или последующие оперативные анализы. Еще одним вариантом является использование данных реанализов.

Разрабатывается много ДПП, которые применимы только к ограниченным районам или местным территориям. В таких случаях может оказаться невозможным использовать для проверки соответствующие данные, рекомендованных для климатологии или для проверки. Соответственно необходимо будет использовать специально подготовленные комплекты данных с указанием всех их характеристик.

### **Для рценки прогнозов рекомендуется использовать:**

1. Аномалию температуры приземного воздуха на уровне метеорологической будки (Т2м):
  - a) глобальную (на суше и на море); повторные анализы ERA40;
  - b) только на суше; МБСК/ОКИ (0,5°) .
2. Осадки: Xie-Arkin;
3. ТПО: Рейнольдса (Reynolds OI) (Reynolds and Smith, 1994).

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

---

Дополнительно проверке подлежит индекс Ниньо-3.4, определяемый как аномалия средней ТПО в районе Ниньо-3.4 от  $170^{\circ}$  з.д. до  $120^{\circ}$  з.д. и от  $5^{\circ}$  ю.ш. до  $5^{\circ}$  с.ш.

## **Рекомендуется проводить проверку на трех уровнях:**

- a) *уровень 1*: крупномасштабные обобщенные общие показатели успешности прогнозов;
- b) *уровень 2*: проверка в узлах сетки;
- c) *уровень 3*: таблицы сопряженности признаков, с переходом от одного узла сетки к следующему в целях проведения более подробной проверки.

- Проверяются как детерминистические, так и вероятностные прогнозы.
- Уровень 1 применим к аномалии Т2м, аномалии осадков и индексу Ниньо-3.4.
- Уровни 2 и 3 применимы к аномалии Т2м, аномалии осадков и аномалии ТПО.

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

---

## **Обобщенная проверка (Уровень 1)**

Для оценки общей успешности моделей и их последующего совершенствования необходимы статистические данные крупномасштабных проверок. Это — обобщенные показатели, рассчитанные в ходе обобщенных проверок по всем узлам сетки внутри больших регионов. Такая обобщенная проверка проводится для:

- a) Тропики: от 20° ю. ш. до 20° с. ш.
- b) Внетропические районы Северного полушария: от 20° с. ш. до 90° с. ш..
- c) Внетропические районы Южного полушария: от 20° ю. ш. до 90° ю. ш..
- d) Проверка индекса Ниньо-3.4.

## **Проверка по узлам сетки (Уровень 2)**

Проверка по узлам сетки рекомендуется для районированной оценки успешности модели. Рекомендуемая для этой проверки сетка должна состоять из линий широты/долготы с шагом в 2,5°×2,5°, с исходной точкой в 0° с.ш., 0° в.д.

## **Таблицы сопряженности признаков (Уровень 3)**

Таблицы сопряженности признаков позволяют пользователям провести более подробные проверки и получить статистические данные, относящиеся к конкретным районам.

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

В таблице представлены параметры, проверяемые районы и система диагностики, которые формируют основную ССПО.

**Краткие сведения об основной ССПО**

<i>Параметры</i>	<i>Районы для проверки</i>	<i>Детерминистические прогнозы</i>	<i>Вероятностные прогнозы</i>
<b>Уровень 1</b>			
Аномалия Т2м Аномалия осадков	Тропики Внетропические районы северного полушария Внетропические районы южного полушария  (раздел 3.3.1)	MSSS (обобщенный показатель)  (раздел 3.3.1)	Кривые СОХ Площади СОХ Диаграммы достоверности Частотные гистограммы  (разделы 3.3.3 и 3.3.4)
Индекс Ниньо-3.4	Неприменимо	MSSS (обобщенный показатель)  (раздел 3.3.1)	Кривые СОХ Площади СОХ Диаграммы достоверности Частотные гистограммы  (разделы 3.3.3 и 3.3.4)
<b>Уровень 2</b>			
Аномалия Т2м Аномалия осадков Аномалия ТПМ	Проверка по узлам сетки с шагом 2,5°×2,5°  (раздел 3.1.2)	Показатель MSSS и три члена его разложения в каждом узле сетки  (раздел 3.3.1)	Площади СОХ в каждом узле сетки  (раздел 3.3.3)
<b>Уровень 3</b>			
Аномалия Т2м Аномалия осадков Аномалия ТПМ	Проверка по узлам сетки с шагом 2,5°×2,5°  (раздел 3.1.2)	Таблицы сопряженности признаков вида «3×3» в каждом узле сетки  (раздел 3.3.2)	Таблицы достоверности СОХ в каждом узле сетки  (раздел 3.3.3)

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

---

Оценка качества прогнозов (skill scoring) проводится на основе *абсолютных* или *относительных* характеристик. В первом случае, это, отобранные оценки (scores) с возможными обобщениями по пространству или времени.

Относительное качество (skill score) оценивается в сравнении с некоторым другим прогнозом (например климатическим или инерционным) и имеет универсальный безразмерный и масштабированный вид:

$$skill = \frac{SC_{method} - SC_{base}}{SC_{perfect} - SC_{base}}$$

*используются оценки методического (method), базового (base) и идеального базового прогнозов (perfect).*

В качестве базовых, в оценках долгосрочных прогнозов используются, как правило, случайные, инерционные или климатологические прогнозы.

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

Ниже приводятся три группы показателей качества:

- 1) *средний квадратический показатель качества (Mean Squared Skill Score, **MSSS**), или точнее показатель по среднему квадрату ошибки;*
- 2) *показатели надежности (reliability scores);*
- 3) *относительные оперативные характеристики (Relative Operating Characteristics, **ROC** (рус. **СОХ**));*

Средние по периоду и выборочные дисперсии рассчитываются по стандартным формулам:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad \bar{f}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{ij};$$

$$s_{xj}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2, \quad s_{fj}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_{ij} - \bar{f}_j)^2$$

$x_{ij}$  и  $f_{ij}$  ( $i = 1, \dots, n$ ) обозначают временные ряды наблюдений и непрерывных детерминированных прогнозов для узла сетки или станции  $j$  по периоду верификации.

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

**Средний квадрат ошибки** (mean squared error) прогноза :

$$MSE_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_{ij} - x_{ij})^2$$

**Показатель MSSS** для точки  $j$  и для области:

$$MSSS_j = 1 - \frac{MSE_j}{MSE_{cj}}, \quad MSSS = 1 - \frac{\sum_j w_j MSE_j}{\sum_j w_j MSE_{cj}},$$

где  $w_j = 1$  для станций и  $w_j = \cos(\theta_j)$  для широты  $\theta_j$  точки сетки  $j$ .

Для обоих показателей  $MSSS_j$  или  $MSSS$  соответствующая оценка **среднеквадратического показателя качества** (*Root Mean Squared Skill Score, RMSSS*) рассчитывается по формуле:

$$RMSSS = 1 - (1 - MSSS)^{\frac{1}{2}}$$

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

## Расчет таблиц сопряженности

Если  $x_i$  и  $f_i$  обозначают наблюдение и соответствующий прогноз категории  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ), то пусть  $n_{ij}$  — количество случаев, когда прогнозировалась категория  $i$ , а наблюдалась категория  $j$ . Полная трехходовая таблица сопряженности представляет собой набор из 9 чисел  $n_{ij}$ .

Стандартная таблица сопряженности 3x3

		Наблюдения			
		Ниже нормы	Около нормы	Выше нормы	
Прогноз	Ниже нормы	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	$n_{1\cdot}$
	Около нормы	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	$n_{2\cdot}$
	Выше нормы	$n_{31}$	$n_{32}$	$n_{33}$	$n_{3\cdot}$
		$n_{\cdot 1}$	$n_{\cdot 2}$	$n_{\cdot 3}$	T

Значения  $n_{i\cdot}$  и  $n_{\cdot i}$  представляют суммы соответствующих значений по строкам и столбцам; T — полное количество случаев. Для получения таблицы сопряженности 3x3 требуется, как правило, не менее 90 пар прогноз/наблюдение.

# Стандартная система оценка оправдываемости (ССПО) ДПП

Стандартная таблица сопряженности для расчета показателя ROC (COX) в случае детерминированных прогнозов

		Наблюдения события		
		ДА	НЕТ	
Прогноз события	ДА	$O_1$	$NO_1$	$O_1 + NO_1$
	НЕТ	$O_2$	$NO_2$	$O_2 + NO_2$
		$O_1 + O_2$	$NO_1 + NO_2$	T

## Примечания

$O_1$  — количество верных прогнозов (*попаданий*):  $O_1 = \sum W_i (OF)_i$ ;

$(OF) = 1$ , когда событие осуществилось, и 0 в противном случае. Суммирование производится по всем узлам сетки или по станциям.

$NO_1$  — количество ложных тревог:  $NO_1 = \sum W_i (NOF)_i$ ;

$(NOF) = 1$ , если событие не осуществилось, но было предсказано, 0 — в противном случае.

$O_2$  — количество промахов:  $O_2 = \sum W_i (ONF)_i$ ;

$(ONF) = 1$ , если событие совершилось, но не было спрогнозировано, 0 — в противном случае;

$NO_2$  — количество правильных отклонений:  $NO_2 = \sum W_i (NONF)_i$ ;

$(NONF) = 1$ , если событие не наблюдалось и не было прогнозировано, 0 — в противном случае.

# Параметр ROC

Стандартная таблица ROC для вероятностного прогноза бинарных событий в ансамблевом прогнозе

Номер градации	Распределение членов ансамбля	ФАКТ	
		ДА	НЕТ
1	F=0, NF=M	O <sub>1</sub>	NO <sub>1</sub>
2	F=1, NF=M-1	O <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
3	F=2, NF=M-2	O <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>
...		...	...
n	F=n-1, NF=M-n+1	O <sub>n</sub>	NO <sub>n</sub>
...		...	...
N	F=M, NF=0	O <sub>N</sub>	NO <sub>N</sub>

M — номер члена ансамбля;

n — номер градации; n изменяется от 1 до N=M+1;

F — количество членов, предсказывающих осуществление события;

NF — количество членов, предсказывающих неосуществление события.

Градации могут быть «агрегированы» по пространству:  $O_n = \sum W_i (O)_i$ ,  $(O)=1$ , если событие с вероятностью в градации n наблюдается как осуществленное; 0 — в противном случае. Суммирование проводится по всем прогнозам в градации n, по всем точкам сетки i или станциям i. Далее  $NO_n = \sum W_i (NO)_i$ ,  $(NO)=1$ , если событие с вероятностью в градации n наблюдается как НЕосуществленное; 0 — в противном случае. Суммирование проводится по всем прогнозам в градации n (по всем точкам сетки или по станциям).

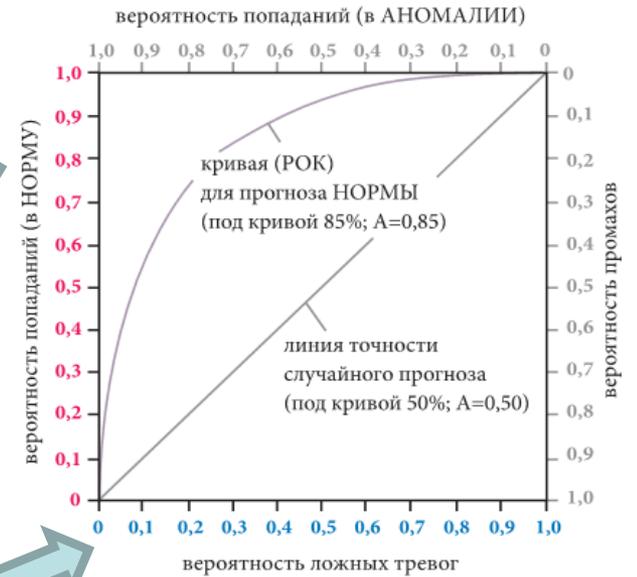
## Примечания

Доли попаданий и ложных тревог рассчитываются для каждого порога вероятности P<sub>n</sub> (таблицы 3 и 4).

$$HR_n = \sum_{i=n}^N O_i / \sum_{i=1}^N O_i; \quad FAR_R = \sum_{i=n}^N NO_i / \sum_{i=1}^N NO_i$$

# Параметр ROC

N точки на сетке Или N станции	Попадания	Ложные тревоги	Накопленные частоты попаданий	Накопленные Частоты ложных тревог
1	0	0	0	0
2	0	1	0	1/2
3	0	0	0	1/2
4	1	0	1/4	1/2
5	0	1	1/4	1/2 + 1/5
6	1	0	1/4 + 1/6	1/2 + 1/5
7	0	0	1/4 + 1/6	1/2 + 1/5
.....	.....	.....	.....	.....



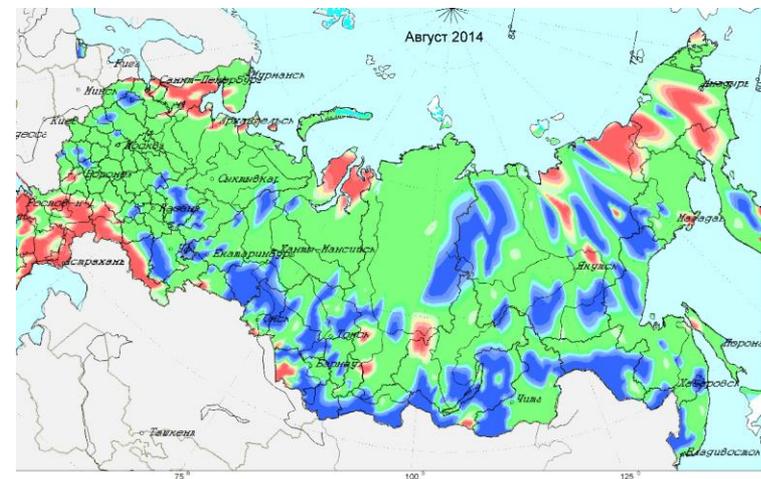
# Параметр ROC

Впервые ROC стали считать в ВМС США для оценки качества работы радарных установок по обнаружению самолетов противника, на основе «светимости» области экрана.

Далее ROC стал применяться в практике медицинской диагностики, а затем в экономике, прогнозировании погоды и т.д.

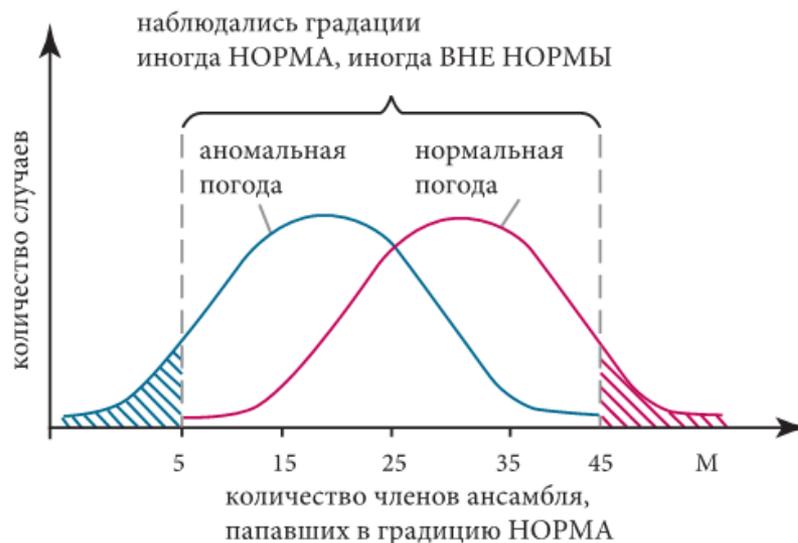
*ROC может использоваться для верификации детерминистических и вероятностных прогнозов.*

ROC отдаленно напоминает параметр  $\rho$



## Параметр ROC

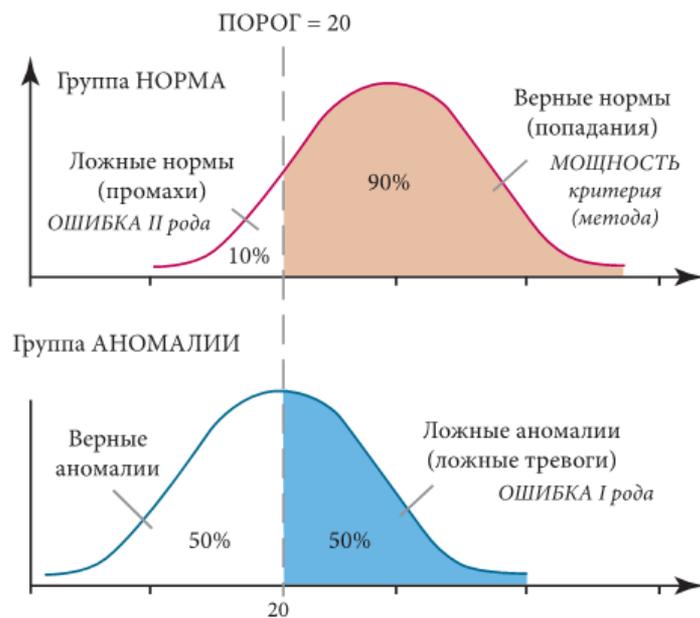
*ШАГ 1. Построение графика частот появления/непоявления события в зависимости от значений управляющего параметра*



**Рис. 1.** Графики количества соответствующих случаев появления/непоявления события в зависимости от управляющего параметра. Количество случаев представлено в относительном виде и может интерпретироваться как частота.

# Параметр ROC

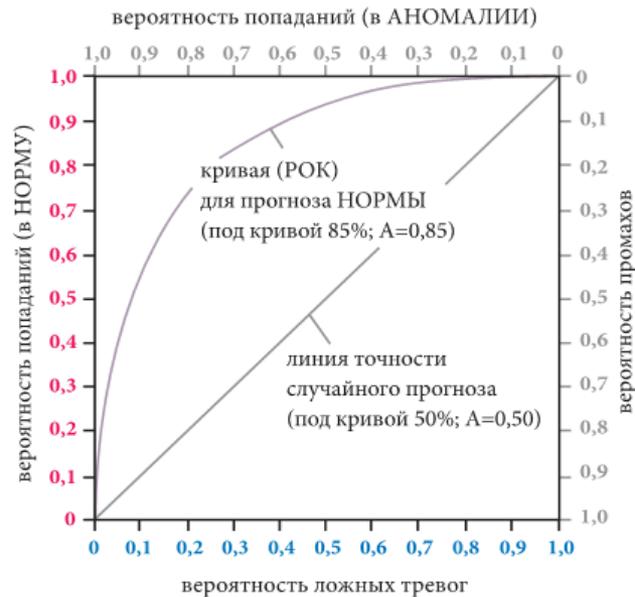
## ШАГ 2. Выделение критических областей с помощью пороговой линии



**Рис. 2.** Плотности распределения наблюдений для условий прогноза НОРМЫ (вверху) и АНОМАЛИЙ (внизу) по данным рис. 1. Выделен порог в 20 членов прогностического ансамбля.

# Параметр ROC

## ШАГ 3. Построение кривой относительной оперативной характеристики



**Рис. 3.** Кривая относительной оперативной характеристики. По осям выделены значения долей, относительно которых можно однозначно построить кривую характеристики: либо по паре FAR-HR, либо по паре «доля промахов — доля верных попаданий в аномалии».

# Параметр ROC

## ШАГ 4. Выбор порогового значения для принятия конкретного решения

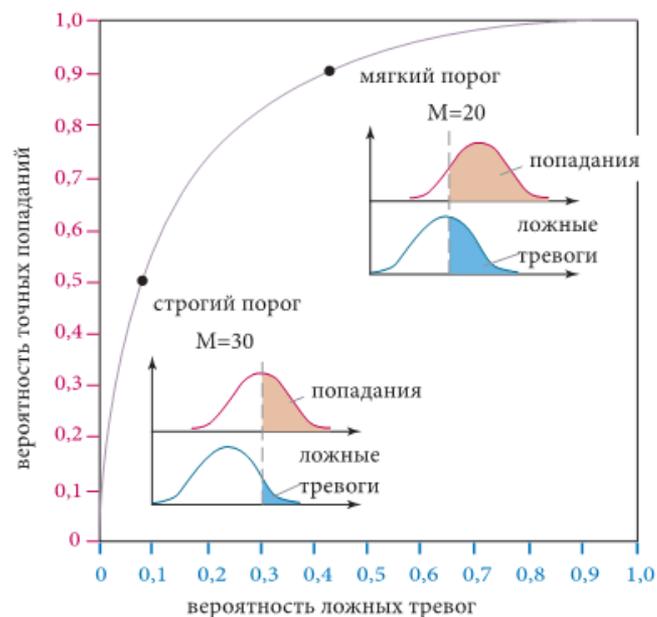


Рис. 4. Принятие решения о выборе порогового значения. Переход к категорическому прогнозу.

## Другие оценки оправдываемости ДПП

Гидрометцентр РФ составляет сезонные прогнозы аномалии температуры ( $\Delta T_n$ ) и количества осадков ( $\Delta R_n$ ) для шести естественных синоптических сезонов с заблаговременностью 20-25 дней. В случае необходимости сезонные прогнозы уточняются. Продолжительность прогнозируемого синоптического сезона и дата его начала должны учитываться при проведении оценки. Фактические аномалии берутся по пятидневкам (по декадам и месяцу, если последние полностью входят в сроки прогнозируемого сезона).

Вычисляются критерии  $\rho$  и  $Q$  по опорной сети станций (на территории ЕЧС, Западной Сибири, Казахстана, средней Азии и Закавказья, таких станций 53).

### Критерий $\rho$

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

$n$  — число узлов сетки использующихся для оценки прогноза;  
 $n_+$ ,  $n_-$  — число совпадений или несовпадений знаков прогнозируемой и фактической аномалий.

### Относительная ошибка $Q$

$$Q = \frac{1}{n_i} \sum_i \frac{\Delta_i^2}{\sigma_i^2}$$

$Q$  - относительная ошибка

$n$  - число узлов сетки, использующихся для оценки прогноза

$\Delta$  - квадрат средней ошибки прогноза в узле сетки

$\sigma^2$  - средняя квадратическая ошибка прогноза в узле сетки

## Другие оценки оправдываемости ДПП

---

Оправдываемость прогноза ( $P\%$ ) по знаку (совпадение знака  $\Delta T_{п}$  и  $\Delta T_{ф}$ ) вычисляется по формуле:

$$P = 50 (1 + \rho)$$

Вычисляется также абсолютная ошибка прогноза:

$$|\delta T| = 1/N \sum |\Delta T_{п} \text{ и } \Delta T_{ф}|$$

Она должна быть меньше среднего значения  $\delta$ .

Итоговая оценка дается согласно следующим правилам :

*4 балла (хорошо) – при  $P > 50\%$  и  $|\delta T| < \delta$ ;*

*3 балла (удовлетворительно) – при  $P \geq 50\%$ , но  $|\delta T| > \delta$  или при  $P < 50\%$  и  $|\delta T| < \delta$  ;*

*2 балла (неудовлетворительно) – при  $P < 50\%$  /  $|\delta T| > \delta$ .*

Прогнозы осадков оцениваются по трем градациям. Учитывается дата начала и продолжительность прогнозируемого сезона. При этом используются следующие оценки :

*4 балла (хорошо) – при  $P > 60\%$ ,*

*3 балла (удовлетворительно) – при  $50 < P < 60\%$ ,*

*2 балла (неудовлетворительно) – при  $P < 50\%$ .*

# Современный уровень успешности ДПП

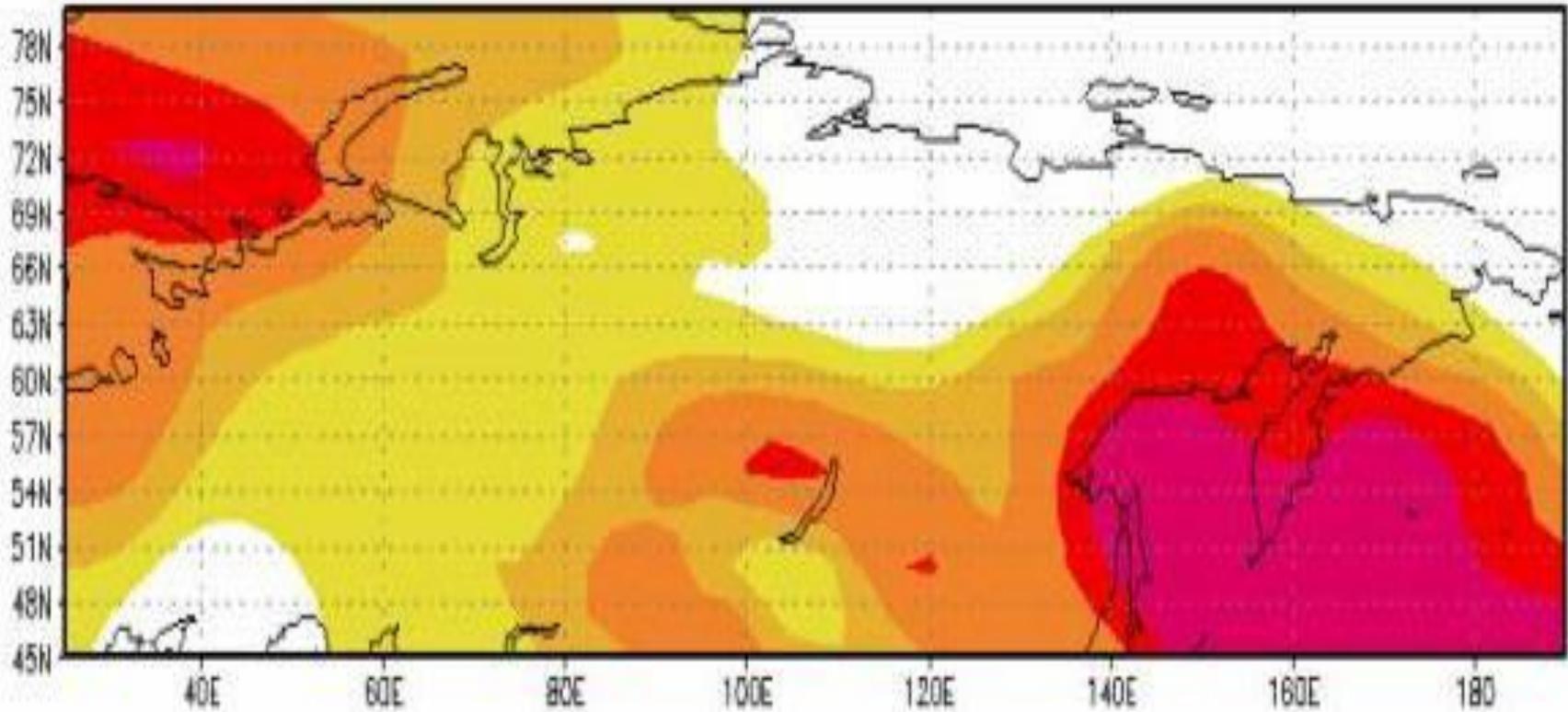
---

Развитие моделей атмосферной циркуляции невозможно без их разносторонней проверки (валидации). Проверка на основе текущих оперативных данных требует значительного времени для накопления представительного статистического материала, позволяющего делать заключения об особенностях поведения и адекватности моделей. Появление общедоступных многолетних архивов данных реанализа дало возможность проводить систематическую проверку различных моделей на едином историческом материале, сравнивать их результаты, проводить диагностические исследования.

Оценки свидетельствуют о наличии значимой успешности сезонных прогнозов крупномасштабной циркуляции в тропиках, где основная доля крупномасштабной изменчивости атмосферы определяется влиянием медленно меняющихся граничных условий.

В умеренных широтах успешность сезонных прогнозов остается скромной. Эти закономерности характерны для всех прогностических моделей, используемых на сегодняшний день для задач ДПП. Тем не менее, имеются регионы, периоды и метеорологические параметры, для которых есть надежда на получение практически полезного прогностического сигнала (Так, например, обычно успешность ДМП для температуры заметно выше, чем для полей осадков).

## Современный уровень успешности ДПП



Коэффициент корреляции фактических и средних прогностических аномалий для ретроспективных прогнозов температуры на уровне 850 гПа за 1981-2001 гг. по данным мульти-модельного ансамбля АРСС. Период прогноза: сезон (декабрь-январь-февраль), заблаговременность прогноза – 1 месяц.

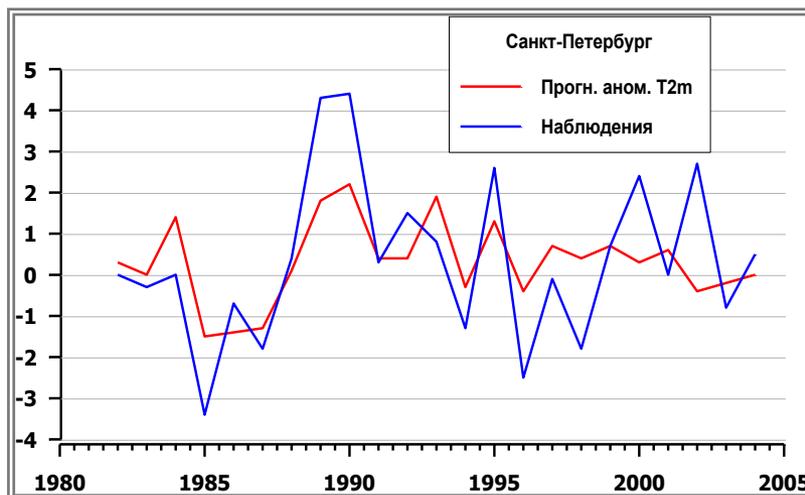
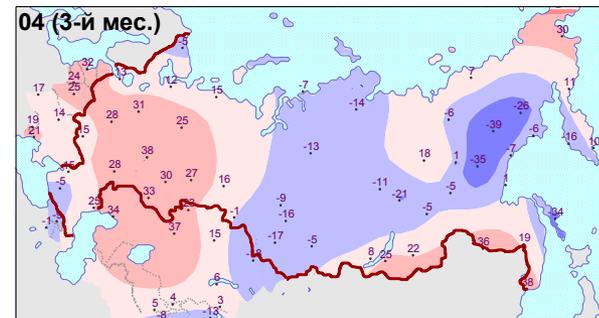
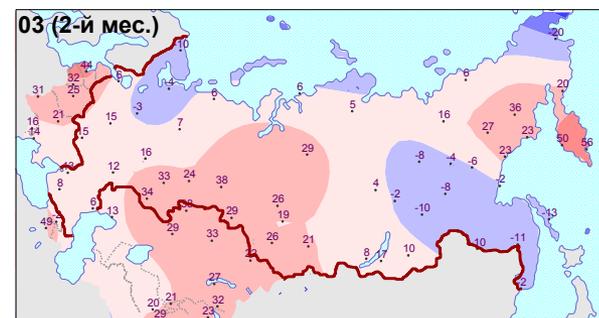
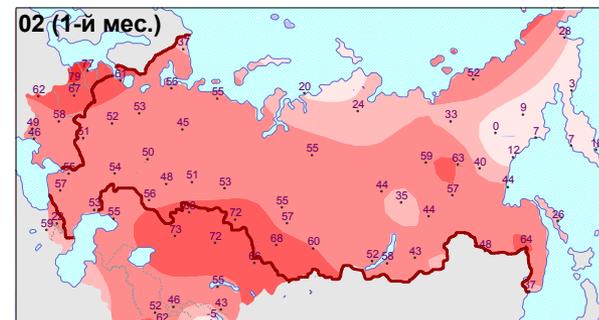
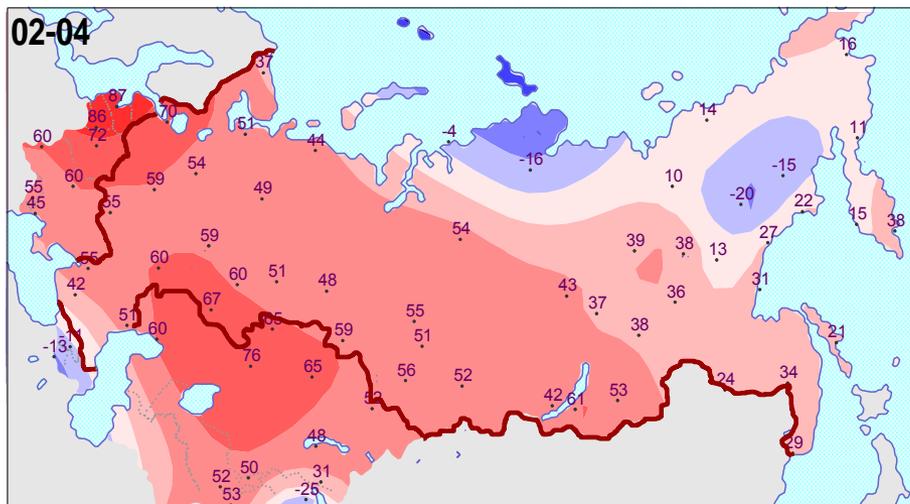
## Современный уровень успешности ДПП

Среднеквадратические и средние ошибки прогнозов, осредненные по всем численным экспериментам за 1989-2003 гг. для модели ПЛАВ ГМЦ РФ

	<b>Атм. RMSE</b>	<b>Совм. RMSE</b>	<b>Атм. средняя</b>	<b>Совм. Средняя</b>	<b>Атм. RMSE аном</b>	<b>Совм. RMSE аном</b>
<b><u>H500</u></b>						
20-90 с.ш.	49.4	48.2	-20.8	-18.5	10.61	9.29
Тропики	10.8	14.1	-4.4	5.83	5.35	3.69
90-20 ю.ш.	41.5	45.2	5.0	20.3	9.71	7.34
<b><u>MSLP</u></b>						
20-90 с.ш.	3.12	3.25	-0.8	-1.51	0.908	0.756
Тропики	1.72	1.84	0.55	0.91	0.575	0.294
90-20 ю.ш.	6.5	6.59	0.5	0.07	0.819	0.633
<b><u>T850</u></b>						
20-90 с.ш.	2.43	2.63	-0.92	-0.6	0.534	0.479
Тропики	1.75	1.76	-0.3	-0.1	0.326	0.21
90-20 ю.ш.	1.84	1.84	-0.22	0.7	0.365	0.255

# Современный уровень успешности ДПП

Временная корреляция в прогнозах T2м по модели ГГО, сезон: февраль-апрель



# Современный уровень успешности ДПП

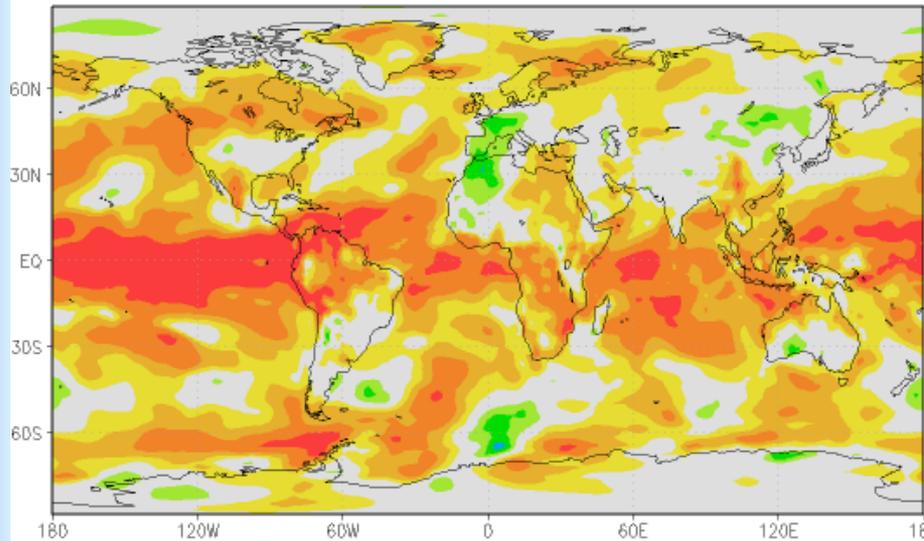
Оценки оперативных месячных прогнозов ГГО для приземной температуры воздуха по 70 станциям СНГ за 2007-2008 гг.

Период прогноза	RMSE, °C	AC	$\rho$	Q	Число прогнозов
	<b>на скользящий месяц, детализированные по неделям</b>				
1 неделя	2.35	0.74	0.68	0.47	105
2 неделя	3.44	0.33	0.38	0.97	105
3-4 недели	3.18	0.17	0.37	1.18	105
Месяц	2.29	0.39	0.55	1.01	105
	<b>на календарный месяц</b>				
Календарный месяц (ГГО)	2.40	0.29	0.51	1.15	24
Календарный месяц (офиц.)	2.49	0.29	0.55	1.24	24

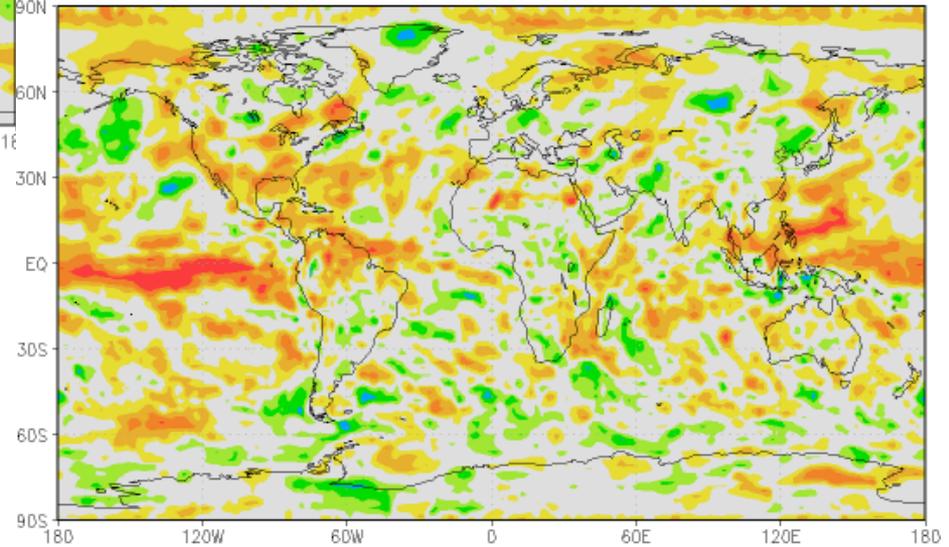
# Современный уровень успешности ДПП

Оценка качества прогнозов на февраль Европейского Центра Среднесрочных Прогнозов Погоды

corr Feb ECMWF-2 1jan T2m  
with Feb ERA40 T2m



corr Feb ECMWF-2 1jan precipitation  
with Feb GPCP precipitation

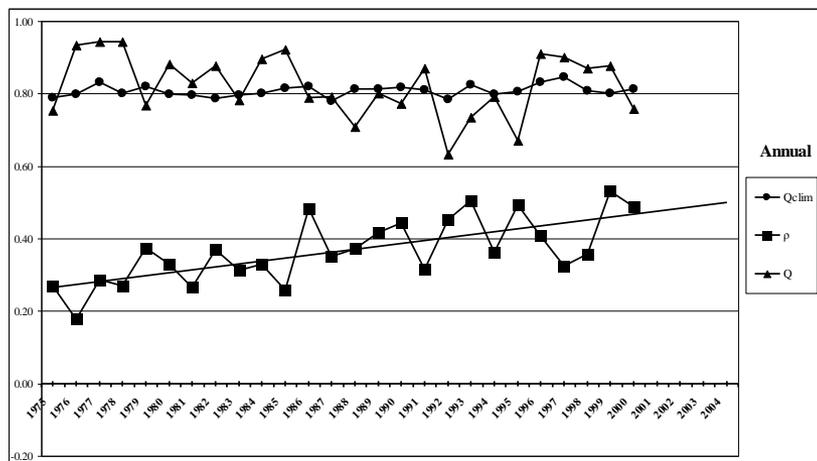


# Современный уровень успешности ДПП

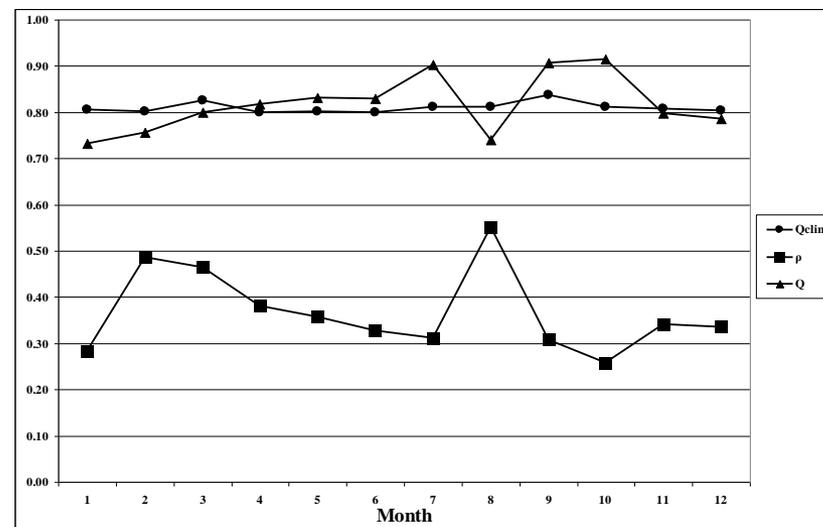
Для макроциркуляционного метода ДПП были получены оценки качества прогнозов по параметру  $\rho$  и относительной ошибке прогноза  $Q$ .

Район, по которому получены оценки прогноза, ограничен следующими координатами:  $45^\circ$  -  $70^\circ$  северной широты,  $10^\circ$  западной долготы -  $50^\circ$  восточной долготы.

Оценка прогнозов полей среднемесячных аномалий температуры выполнялась путем сравнения прогностических значений с результатами объективного анализа за период с января 1975 по декабрь 2007 года.



Среднегодовые оценки качества прогнозов средних месячных аномалий полей приземной температуры по  $\rho$  и  $Q$ , в сравнении с  $Q$  климатического прогноза.



Годовой ход оценки качества прогнозов средних месячных аномалий полей приземной температуры по  $\rho$  и  $Q$ , в сравнении с  $Q$  климатического прогноза.