

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОЛЕЗНОЙ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТИ СРЕДНЕСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ**

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр  
Российской Федерации, г. Москва*

### **Введение**

Совершенствование технологий среднесрочного прогнозирования погоды заблаговременностью от 4 до 10 суток [1] на основе глобальных гидродинамических моделей [4], методов ансамблевого прогнозирования [3], методик постпроцессинга позволяет повышать заблаговременность среднесрочных прогнозов погоды. В этой связи в качестве актуальной задачи возникает необходимость расчета максимальной заблаговременности прогнозов для используемых технологий среднесрочного прогнозирования. Методика таких расчетов необходима для расчета показателя «Увеличение заблаговременности базовых прогнозов погоды по крупным административным центрам субъектов Российской Федерации с достоверностью свыше 70 процентов», который используется для оценки деятельности Росгидромета.

Развитие методов и технологий среднесрочного прогнозирования, как показывает опыт, прежде всего приводит к увеличению заблаговременности прогнозирования температуры воздуха у земли (на высоте 2 метра). Эти прогнозы имеют большое значение для населения, коммунального хозяйства, энергетики, решения прикладных задач. Поэтому прогноз температуры воздуха у земли может рассматриваться как базовый, максимальная заблаговременность которого может рассматриваться в качестве одного из важнейших показателей совершенства технологии среднесрочного прогнозирования.

Целью данной работы является формализация методики расчета полезной (максимальной) заблаговременности прогнозирования температуры воздуха у поверхности земли.

## Описание методики расчета

Для решения поставленной задачи использован показатель «Средняя полезная заблаговременность прогноза» (далее – Показатель). Показатель представляет собой осредненные значения максимальной заблаговременности прогнозов максимальной и минимальной температуры воздуха у земли при условии, что эти прогнозы сохраняют свойство полезности. Осреднение производится за оценочный период времени (один год) и по определенной территории (по наблюдательным пунктам, например по метеостанциям в административных центрах субъектов Российской Федерации). В течение оценочного периода времени ежедневно выпускаются среднесрочные прогнозы погоды (включая прогноз минимальной и максимальной температуры).

Опыт метеорологического обеспечения различных потребителей дает основание считать, что среднесрочные прогнозы погоды сохраняют практическую полезность, если их средняя оправдываемость (достоверность) превышает 70 %. При необходимости может быть использовано и другое значение достоверности прогнозов для сохранения свойства их полезности.

Под *оправдываемостью прогноза* метеорологической величины (температуры) понимается в соответствии с РД 52.04.563–2013 [4, пункт 3.1.9] степень соответствия диапазона (градации) прогнозируемого значения метеорологической величины (с учетом допуска) фактически наблюдавшемуся значению метеорологической величины, выраженная в процентах.

Под *заблаговременностью прогноза* максимальной температуры днем и минимальной температуры ночью (прогноза температурного режима) для конкретных суток в рамках данной методики понимается интервал времени (в пределах периода действия среднесрочного прогноза) между публикацией прогноза минимальной и максимальной температуры на конкретные сутки (четвертые, пятые, ..., десятые сутки) на сайте, или распространением его другим образом) и окончанием конкретных суток, для которых выпущен прогноз. В соответствии с этим определением заблаговременность прогнозов температурного режима представляется с дискретностью 24 часа (одни сутки).

## Алгоритм расчета Показателя

Алгоритм расчета Показателя включает два этапа. *На первом этапе* рассчитываются (с суточной дискретностью) осредненные значения оправдываемости прогнозов температурного режима для различной заблаговременности прогнозов. Осреднение осуществляется для оценочного периода времени и заданного перечня пунктов, по которым

составляется прогноз. Для возможности количественной оценки ошибок прогноза, в пунктах прогноза должны располагаться наблюдательные пункты (метеостанции), данные которых используются для расчета Показателя. Для расчетов могут использоваться среднесрочные прогнозы, привязанные к основным срокам метеорологических наблюдений (00.00, 12.00 ч ВСВ). На этом этапе расчетов начало периода заблаговременности прогнозов отсчитывается от срока метеорологических наблюдений, к которому привязан среднесрочный прогноз погоды.

На втором этапе путем линейной интерполяции между значениями средней оправдываемости прогнозов температурного режима для различной заблаговременности (с дискретностью 24 часа) рассчитывается значение осредненной заблаговременности прогнозов, соответствующее заданному минимальному значению оправдываемости прогнозов, при котором сохраняется их практическая полезность. Это значение корректируется на период времени, необходимый для выпуска среднесрочных прогнозов.

Рассмотрим формализацию расчетов на этих этапах.

*Первый этап.* Рассчитываются значения промежуточного показателя  $K_i$ , представляющие собой средние значения оправдываемости прогнозов температурного режима для значений заблаговременности для оценочного периода времени и заданного перечня пунктов прогнозов (с суточной дискретностью). Расчетная формула имеет вид:

$$K_i = \frac{1}{NM} \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{T_{ijk}^{\max} + T_{ijk}^{\min}}{2}, \quad (1)$$

где  $K_i$  – среднее значение оправдываемости прогноза приземной температуры воздуха с  $i$ -той заблаговременностью в оценочном периоде для заданного перечня пунктов прогноза (соответственно и наблюдательных пунктов), проценты;  $T_{ijk}^{\max}$  – оправдываемость прогноза максимальной температуры воздуха с  $i$ -й заблаговременностью (для  $i$ -х суток прогноза), выпущенного в  $j$ -е сутки оценочного периода для  $k$ -того пункта прогноза, %;  $T_{ijk}^{\min}$  – оправдываемость прогноза минимальной температуры воздуха с  $i$ -й заблаговременностью, выпущенного в  $j$ -е сутки оценочного периода для  $k$ -го пункта прогноза, %;  $j = 1, \dots, N$ ,  $N$  – число дней в оценочном периоде/году;  $k = 1, \dots, M$ ,  $M$  – число пунктов прогноза (наблюдательных пунктов);  $i = 4, \dots, 10$  – номер суток, для которых составлен прогноз (соответствует заблаговременности прогноза от четырех до 10 суток).

Значения оправдываемости (в процентах) конкретных прогнозов максимальной  $T_{ijk}^{\max}$  и минимальной температуры воздуха  $T_{ijk}^{\min}$  могут быть рассчитаны по аналогии с оценкой

оправдываемости краткосрочных прогнозов погоды [2] путем сравнения абсолютной ошибки каждого прогноза с предельно допустимым значением этой ошибки. При расчетах допустимая ошибка прогноза температуры воздуха была принята равной 3,5°C. Соответствующая информация представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Связь достоверности (оправдываемости) прогноза температуры воздуха с ошибкой прогноза**

| Соотношение абсолютной ошибки прогноза с предельно допустимым значением ошибки прогноза | Оправдываемость прогноза, % |
|---|-----------------------------|
| Абсолютная ошибка прогноза $\leq 3,5$ °C  | 100                         |
| Абсолютная ошибка прогноза $> 3,5$ °C   | 0                           |

При необходимости предельно допустимое значение ошибки прогноза температуры (3,5°C) может быть изменено.

Таким образом, для заданных оценочного периода времени (как правило, одного года) и перечня пунктов прогноза (наблюдательных пунктов), рассчитанный промежуточный показатель  $K_i$  оказывается функцией (монотонно убывающей) только заблаговременности прогноза в сутках (индекс  $i = 4, \dots, 10$ ).

*Второй этап.* Полученные значения промежуточного показателя  $K_i$  для прогнозов с заблаговременностью от 96 часов (четырёх суток) до 240 часов (10 суток), то есть для каждого значения индекса  $i$ , должны сравниваться с минимальным (пороговым) значением оправдываемости  $K^*$ , при котором сохраняется практическая полезность прогноза. Для расчетов Показателя принималось  $K^* = 70$  %. В результате процедуры сравнения определяется минимальное значение индекса  $i$ , для которого  $K_i$  оказывается меньшим или равным пороговому значению  $K^*$ . Обозначим это значение индекса как  $ii$  ( $K_{ii} \leq K^*$ ).

В этих обозначениях максимальное значение полезной заблаговременности прогноза  $Z_{70\%}$  (в часах) будет находиться в диапазоне от  $(ii - 1) \times 24$  часа до  $ii \times 24$  часа.

Значение заблаговременности прогнозов  $Z_{70\%}$  (без учета технологических затрат времени на выпуск и распространение прогнозов  $T_{\text{вып}}$ ) может быть определено методом линейной интерполяции. Формула для расчета  $Z_{70\%}^*$ , учитывающая затраты времени  $T_{\text{вып}}$  (в часах), имеет вид:

$$Z_{70\%}^* = \left( ii - 1 + \frac{K_{ii-1} - K^*}{K_{ii-1} - K_{ii}} \right) \times 24 - T_{\text{вып}}. \quad (2)$$

Точность расчета Показателя целесообразно ограничить единицами часов. Поэтому полученное значение  $Z_{70\%}^*$  (в часах) округляется до целого значения в меньшую сторону путем отбрасывания дробной части.

### Примеры расчетов

В табл. 2 в качестве примера представлены результаты расчетов полезной заблаговременности среднесрочных прогнозов температуры воздуха у земли по технологии ФГБУ «Гидрометцентр России». Затраты времени на подготовку прогноза ( $T_{\text{вып}}$ ) для этой технологии составляли 7 часов. Осреднение значений оправдываемости прогнозов производилось по 87 пунктам на территории Российской Федерации в периоды с 2 ноября 2014 года по 1 ноября 2015 года и с 1 января по 31 декабря 2022 года.

*Таблица 2*

**Полезная заблаговременность среднесрочных прогнозов температуры**

| Период расчета                | Полезная заблаговременность, часы |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| С 02.11.2014 по 01.11.2015 г. | 163                               |
| С 01.01.2022 по 31.12.2022 г. | 185                               |

Из таблицы следует, что с 2015 по 2021 год полезная заблаговременность прогнозов температуры увеличилась на 22 часа. Это, в частности, связано с внедрением в эксплуатацию в 2018 году суперкомпьютера CRAY XC40-LC, позволившего создать и использовать более совершенные прогностические модели и технологии.

### Заключение

При использовании для расчетов по представленному алгоритму необходимых исходных данных (перечень наблюдательных пунктов, располагающихся в крупных административных центрах субъектов Российской Федерации, необходимого оценочного периода, значений ошибок прогнозов), а также рассматривая среднесрочные прогнозы температуры как базовые, полученное значение  $Z_{70\%}$  будет являться показателем «Заблаговременность базовых прогнозов погоды по крупным административным центрам

субъектов Российской Федерации с достоверностью свыше 70 процентов».

Этот показатель может быть использован (в динамике от года к году) для расчета показателя «Увеличение заблаговременности базовых прогнозов погоды по крупным административным центрам субъектов Российской Федерации с достоверностью свыше 70 процентов».

Данные, необходимые для расчета Показателя, формируются в ФГБУ «Гидрометцентр России» по результатам мониторинга качества (оправдываемости) среднесрочных прогнозов погоды, выпускаемых по начальному сроку 00.00 или 12.00 ч ВСВ с использованием для оценки достоверности прогнозов результатов метеорологических измерений, получаемых с сети наблюдательных пунктов Росгидромета.

Методика оценки полезной заблаговременности базовых среднесрочных прогнозов погоды 9 июня 2022 года была рассмотрена на заседании Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета (пункт 5) и рекомендована для внедрения в качестве основного расчетного метода оценки полезной заблаговременности базовых среднесрочных прогнозов погоды в ФГБУ «Гидрометцентр России» (пункт 5.3 решения ЦМКП).

#### Список литературы

166

1. Наставление по Глобальной системе обработки данных и прогнозирования. Дополнение IV к Техническому регламенту ВМО // ВМО-№ 485. – 2017. – 161 с. – [https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/WMO/485\\_ru.pdf](https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/WMO/485_ru.pdf).

2. РД 52.04.563-2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями.

2. Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Травова (Махнорылова) С.В., Гойман Г.С., Мизяк В.Г., Рогутов В.С., Шляева А.В., Юрова А.Ю. Развитие глобальной полулагранжевой модели атмосферы ПЛАВ в 2009–2019 гг. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2019. – № 4 (374). – С. 77–91.

4. Рогутов В.С., Толстых М.А., Мизяк В.Г. Система ансамблевого прогноза на основе локального ансамблевого фильтра Калмана // Труды Гидрометцентра России. – 2017. – Вып. 364. – С. 5–19.