
МЕТЕОРОЛОГИЯ

В.И. Воробьев, А.А. Расторгужева

**О НЕКОТОРЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ ПОВЫШЕНИЯ
УСПЕШНОСТИ КРАТКОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА**

V.I. Vorobyev, A.A. Rastorguyeva

**ON CERTAIN OUTLOOKS FOR ENHANCING SUCCESS SCORE
OF SHORT-TERM AIR TEMPERATURE FORECASTS**

Показана возможность повышения успешности краткосрочных прогнозов температуры воздуха на основе анализа многолетних данных об их ошибках.

Ключевые слова: Санкт-Петербург, краткосрочный прогноз температуры воздуха, ошибки прогнозов, матрицы сопряженности.

The potential to raise success score of short-term air temperature forecasts is shown based on an analysis of multi-year data on errors in them.

Key words: St Petersburg, short-term air temperature forecast, errors in forecasts, conjugation matrices.

Погода – это вечный природный спутник всего живого на Земле, оказывающий огромное влияние на деятельность человечества. В настоящее время при высоком уровне развития всех отраслей народного хозяйства, из которых многие из них в той или иной степени погодозависимы, предъявляются повышенные требования к прогнозам погоды.

Вряд ли будет ошибкой утверждение, что прогностическая информация занимает одно из ведущих мест в функциональной ценности всех видов метеорологической информации. Метеорологические прогнозы выступают в хозяйственной практике как природно-информационный ресурс, обеспечивающий оптимальные действия потребителя. Это позволяет свести к минимуму его потери в случаях неблагоприятных воздействий погоды и максимизировать выгоды за счет благоприятных метеорологических условий.

В перечне метеорологических величин и погодных явлений, используемых при формулировках прогнозов погоды на различные временные интервалы, всегда присутствует температура воздуха. Это касается и краткосрочных прогнозов общего назначения [РД 52.88.629]. В этих прогнозах (на 1–3 суток) указывается ожидаемое значение максимальной температуры воздуха днем и минимальной температуры воздуха ночью в интервале 2 °С по пункту и 5 °С по территории.

К сожалению, успешность современных оперативных методов краткосрочных прогнозов температуры не только недостаточно высока, но и не повышается с течением времени. Так, анализ результатов проверки ежедневных суточных прогнозов температуры воздуха в Санкт-Петербурге с 1986 по 2006 г. показал, что средняя квадратическая ошибка прогнозов за 1986–1990 гг. мало менялась в течение этого периода времени (табл. 1). Отношение максимальных межпериодных разностей средних квадратических ошибок к осредненной её величине за весь период, как для максимальной, так и минимальной температуры, не превышает 7 %.

Таблица 1

Средние квадратические ошибки ежедневных суточных прогнозов температуры воздуха в Санкт-Петербурге за 1986–2006 гг.

Период	Средняя квадратическая ошибка прогноза температуры	
	Максимальная температура	Минимальная температура
1986–1991 гг.	1,58	1,83
1992–1997 гг.	1,49	1,70
1996–2000 гг.	1,43	1,68
2001–2006 гг.	1,64	1,73

Эти данные еще раз подтверждают мнение о том, что современные оперативные методы краткосрочного прогноза температуры достигли предела своей успешности.

Вместе с тем, существуют возможности некоторого повышения их успешности на пути учета результатов анализа их ошибок [Воробьев, Еникеева, 2002]. Во-первых, может существовать систематическое завышение или занижение результатов прогнозов максимальной или минимальной температур воздуха по отношению к фактически осуществившимся их значениям. Постоянный учет такой систематической ошибки, если она будет обнаружена, позволит несколько повысить успешность прогнозирования. Во-вторых, могут существовать прогностические интервалы с различной успешностью прогнозирования. Учет этого обстоятельства позволит вводить свои поправки в каждый прогноз, что также должно повысить оправдываемость прогнозов.

В статье приводятся результаты апробации таких подходов к решению поставленной задачи.

Оценки успешности прогнозов рассчитывались как в интервале формулировки прогноза максимальной и минимальной температуры воздуха для потребителя (2°C), так и определяемом Наставлением по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения [РД 52.88.629] ($\pm 3^{\circ}\text{C}$ от середины прогностического интервала).

В качестве исходного материала послужили ежедневные данные из журналов проверки суточных прогнозов погоды по Санкт-Петербургу. Эти журналы содержат сведения о формулировках суточных прогнозов максимальной на день и минимальной на ночь температуры воздуха в интервале 2°C (прогноз по пункту) и наблюдавшихся значений этих температур в период действия прогноза. Общий объем архива, т.е. число суток, за которые имеются данные, составил

7329 случаев. Интервалы измерения фактических значений максимальной температуры воздуха за период с 1986 по 2006 г. были в пределах от -26°C до $+35^{\circ}\text{C}$, а минимальной температуры воздуха за тоже самый период были в пределах от -34°C до $+25^{\circ}\text{C}$. Периоды с крайне низкими и крайне высокими температурами наблюдались очень редко.

По этим данным была рассчитана оправдываемость прогнозов максимальной и минимальной температуры для потребителей (интервал 2°C) и по Наставлению ($\pm 3^{\circ}\text{C}$ от середины прогностического интервала). Она составила для максимальной температуры, соответственно, 50,5 и 87,6 % и для минимальной температуры – 51,8 и 87,5 %.

Расчеты показали, что суточные прогнозы, как максимальной, так и минимальной температуры воздуха по Санкт-Петербургу имеют средние абсолютные ошибки (с округлением до 1°C) по $+1,0^{\circ}\text{C}$.

Для учета систематических ошибок в каждом прогностическом интервале удобно пользоваться матрицами сопряженности прогностических градаций с такими же скользящими градациями осуществившихся значений температуры. Такие матрицы используются для вероятностной интерпретации категорических прогнозов, как, например, применительно к краткосрочным прогнозам температуры, сделано в статье [Воробьев, Еникеева, 2002]. Пример такой матрицы приведен в табл. 2.

Таблица 2

Фрагмент матрицы сопряженности (%) прогностических и осуществившихся градаций максимальной температуры воздуха

Градации осуществившейся температуры, $^{\circ}\text{C}$	Прогностические градации		
	-1...1	0...2	1...3
-9...-7	0	0,2	0
-8...-6	0	0,2	0
-7...-5	0,4	0,5	0
-6...-4	1,0	1,1	0
-5...-3	2,0	0,5	0,4
-4...-2	4,6	1,4	0,4
-3...-1	11,7	2,9	1,4
-2...0	18,4	6,2	3,2
-1...1	33,0	20,1	7,9
0...2	46,8	48,8	21,2
1...3	41,8	44,0	44,6
2...4	22,1	44,4	48,2
3...5	11,6	20,3	40,1
4...6	5,0	5,8	19,9
5...7	1,2	2,2	8,1
6...8	0,2	1,1	2,3
Количество прогнозов	333	326	320

Данные табл. 2 показывают, что не всегда градация методического прогноза имеет наиболее высокую ожидаемую оправдываемость. Например, если ме-

тодический прогноз по пункту дает основание указать градацию максимальной температуры в интервале $-1...+1$ (оправдываемость 33 %), то с целью повышения ожидаемой оправдываемости целесообразно в формулировке прогноза указать градацию $0...2$, тем самым повысив оправдываемость на 13 %

Таблица 3

Сравнение успешности категорического прогноза максимальной и минимальной температуры воздуха в интервале 2°C (для потребителей) при учете в прогнозе абсолютной ошибки и поправок с помощью матриц сопряженности

Температура воздуха	Без введения поправок	С учетом абсолютной ошибки	Введение поправки с помощью матриц сопряженности
Максимальная, %	50,5	54,1	55,3
Минимальная, %	51,8	54,1	56,1

Данные табл. 3 показывают, что в интервале прогноза для потребителей прогностической информации (2°C) успешность методического прогноза температуры увеличивается и при учете абсолютной ошибки и при введении поправки с помощью матриц сопряженности. При введении первой поправки успешность прогноза возрастает в среднем на 2-3 % от первоначального значения, а при введении второй поправки – на 4-5 % как максимальной, так и минимальной температуры воздуха. Таким образом, использование матриц сопряженности наиболее существенно повышает оправдываемость краткосрочных прогнозов температуры воздуха, на которые ориентируются их потребители в своей деятельности.

Таблица 4

Сравнение успешности категорического прогноза максимальной и минимальной температуры воздуха по Наставлению ($\pm 3^{\circ}\text{C}$ от середины прогностического интервала) при учете абсолютной ошибки и при введении в прогноз поправок с помощью матриц сопряженности

Температура воздуха	Без введения поправок	С учетом абсолютной ошибки	Введение поправки с помощью матриц сопряженности
Максимальная, %	87,6	85,2	90,0
Минимальная, %	87,5	86,6	89,4

Приведенные в табл. 4 данные показывают, что поправки с помощью матриц сопряженности несколько (примерно на 2°C) увеличивают успешность прогнозов как максимальной, так и минимальной температуры воздуха по Наставлению. Учет абсолютных ошибок не приводит к повышению оправдываемости прогнозов. Возможно, что в условиях существенного расширения « проверочного » диапазона, округление абсолютных ошибок до $+1^{\circ}\text{C}$, приводит к таким результатам.

Литература

1. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.88.629-2002. – М. – 42 с.
2. Воробьев В.И., Еникеева В.Д. Вероятностная интерпретация краткосрочного прогноза температуры (на примере Санкт-Петербурга) // Метеорология и гидрология, 2002, № 2, с. 25–30.