

Оценки прогнозов приземных метеорологических полей, рассчитанные для различных гидродинамических моделей по синоптическим станциям Европейской территории РФ за период: февраль 2025 г.

На рисунках использованы следующие условные обозначения гидродинамических моделей атмосферы ФГБУ «Гидрометцентр России» и зарубежных метеорологических Центров:

Глобальные модели:

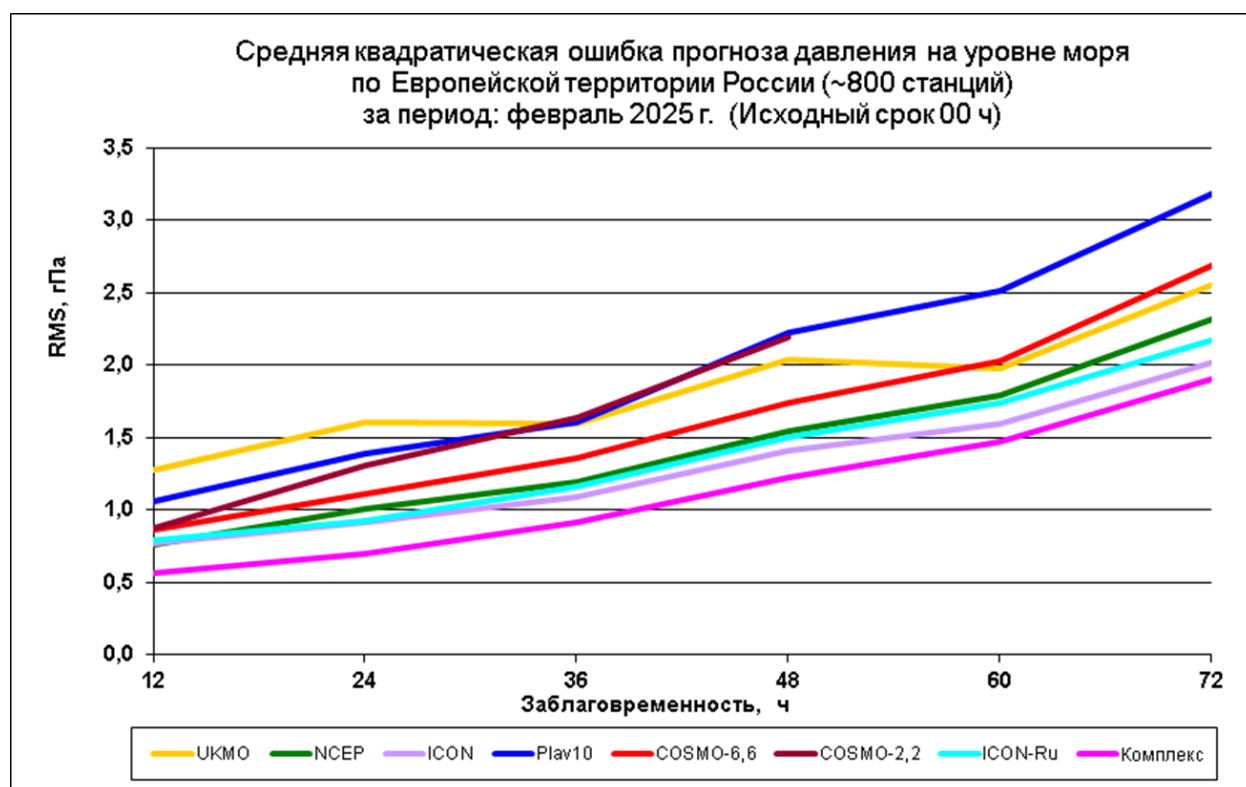
- UKMO - Метеорологический центр Великобритании (сетка поступления 1x1°);
 - NCEP - Метеорологический центр США (сетка 1x1°);
 - ICON - Метеорологический центр ФРГ (сетка 0,25x0,25°);
 - JAPAN – Метеорологический центр Японии (сетка 0,25x0,25°);
 - PLAV10 – полулагранжева модель с разрешением ~10 км (ФГБУ «Гидрометцентр России», автор М.А. Толстых);
- Заметим, что реальное разрешение этих моделей 10-15 км.*

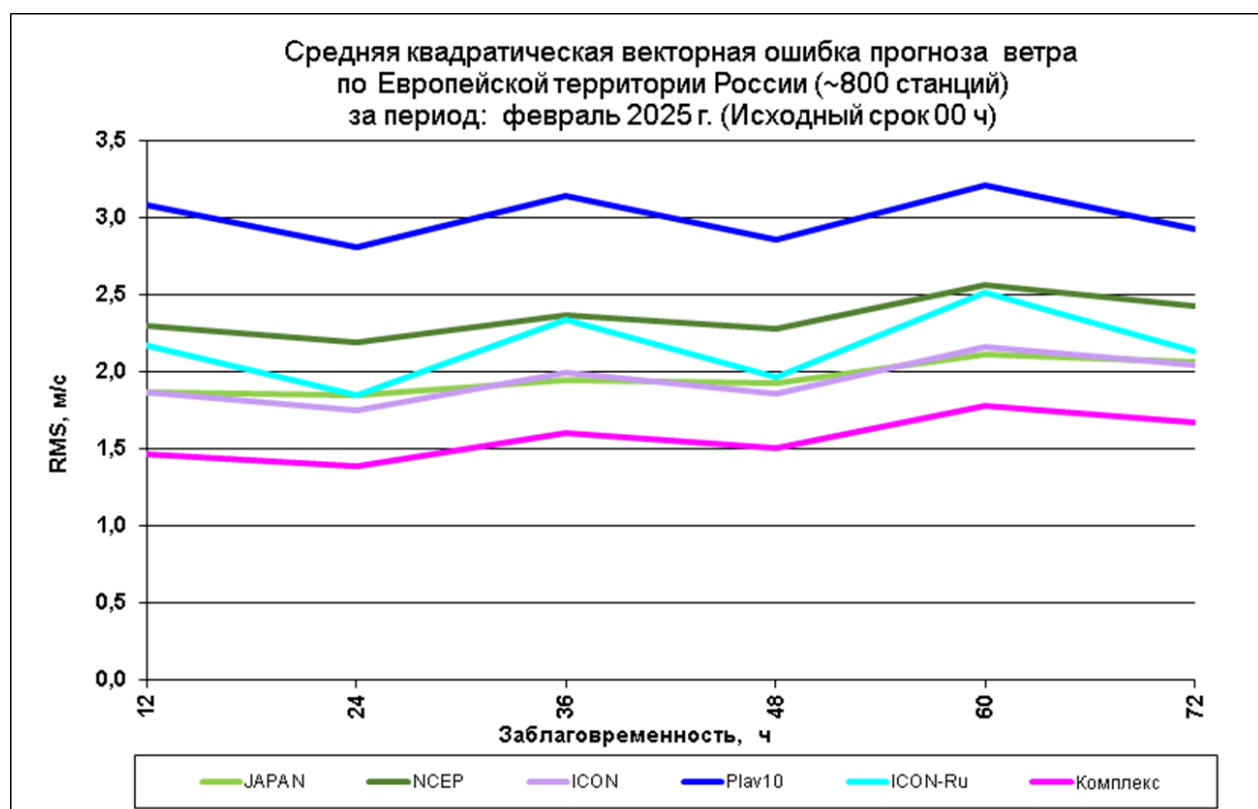
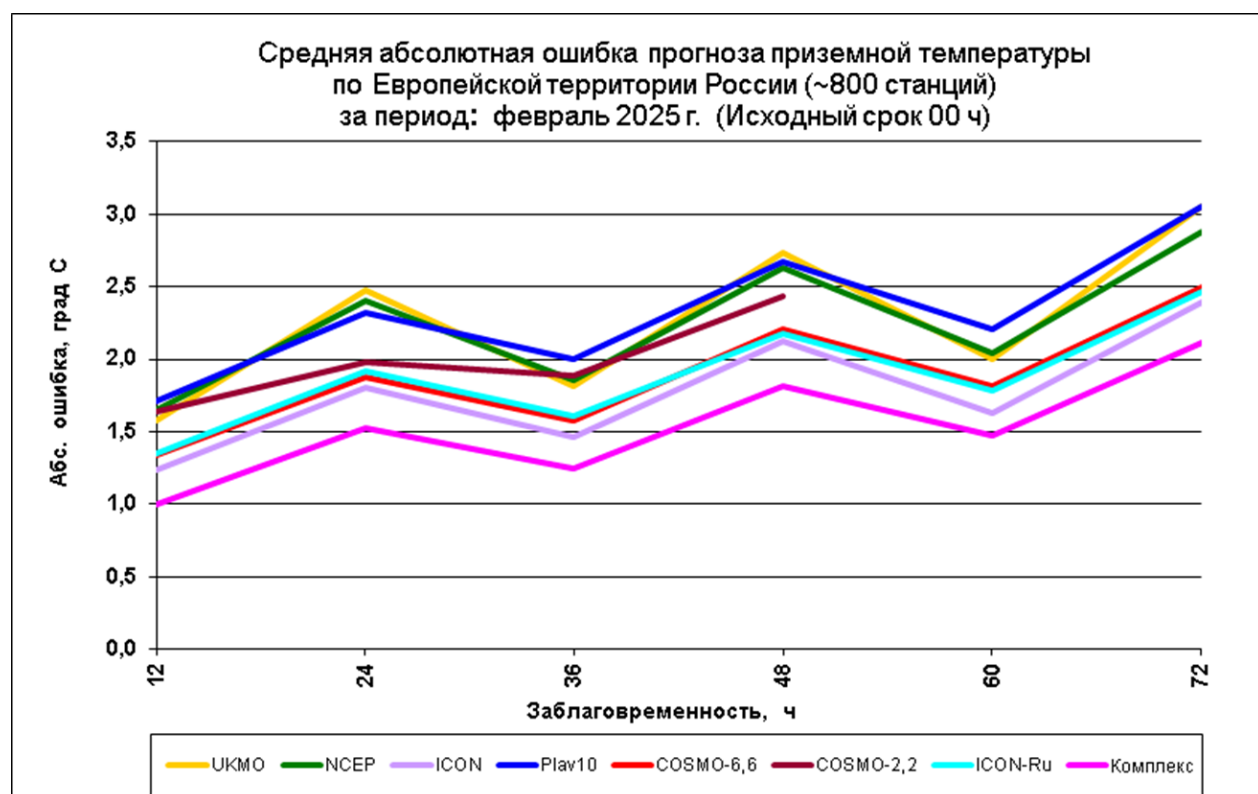
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки ~6,5 км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

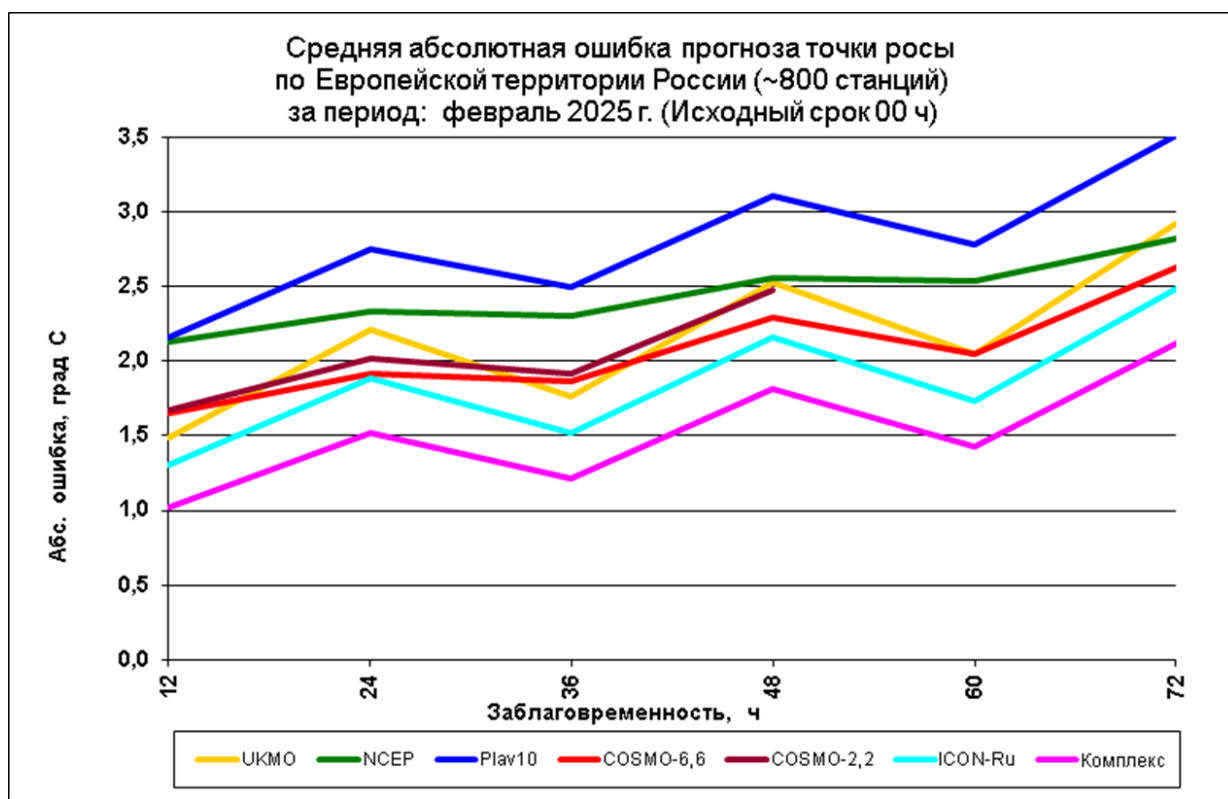
Мезометеорологические модели:

- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);
- «Комплекс» - комплексный прогноз приземных метеозадаваемых по станциям получен путём статистической обработки результатов включенных зарубежных и отечественных моделей (на основе метода нейронных сетей). (ФГБУ «Гидрометцентр России», авторы А.Н. Багров, Ф.Л. Быков, В.А.Гордин, Н.А.Светлова).

Для расчета ошибок прогнозов делается билинейная интерполяция из модельных сеток на станцию.







Оценка прогнозов осадков

Оценка численных прогнозов осадков делается по методике, близкой к описанной в «Наставлении по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения», М., 2019. Оправдываемость прогноза осадков (в %) вычисляется по таблицам:

Таблица 1

Оправдываемость (Р, %) прогноза количества жидких и смешанных осадков (мм/12 ч)

Прогноз количества осадков (мм/12 ч)	Р(%) при количестве фактически выпавших осадков за 12 ч, мм							
	Без осадков	0,0-0,2	0,3-2	3-14		15-29		≥30
				3-9	10-14	15-19	20-29	
Без осадков	100	75	50	0		0		0
0,0-0,2	100	100	75	0		0		0
0,3-2	50	100	100	50		0		0
3-14	0	0	50	100		50		25
15-29	0	0	0	50	100	100		75
≥30	0	0	0	25		75	100	100

Таблица 2

Оправдываемость (Р, %) прогноза количества твердых осадков (мм/12 ч)

Прогноз количества осадков (мм/12 ч)	Р(%) при количестве фактически выпавших осадков за 12 ч, мм						
	Без осадков	0,0-0,1	0,2-1	2-5		6-15	
				2-3	4-5	6-11	12-15
Без осадков	100	75	50	0		0	
0,0-0,1	100	100	75	0		0	
0,2-1	50	100	100	50		0	
2-5	0	0	50	100		50	
6-15	0	0	0	50	100	100	
≥16	0	0	0	25		75	100

Они похожи на табл. 8, 9 из «Наставления ...». Однако в качестве очень сильных осадков мы взяли значение ≥ 30 мм/12 ч (≥ 16 мм/12 ч для снега) вместо ≥ 50 мм/12 ч (≥ 20 мм/12 ч для снега) как в «Наставлении ...» и несколько изменили таблицы. Осадки считаются жидкими (или смешанными) при температуре воздуха $\geq -1^\circ \text{C}$; если температура $< -1^\circ \text{C}$, то это твердые осадки, т.е. снег. Соответственно расчет ведется по 1-ой или 2-ой таблице.

Для оценки осадков взяты станции так называемой 1-ой метеозоны ЕТР, где измерения осадков производятся за 12-часовые интервалы с 6 до 18 ч и с 18 до 6 ч ВСВ (см. КОД КН-01 SYNOP, 2013, табл.3). В неё входят 16 областей ЕТР, включая Московскую область. Это связано с тем, что зарубежные модели обычно дают прогноз осадков за 6-часовые интервалы времени, начиная от основных сроков наблюдения 00 или 12 ч ВСВ. Отметим, что ~ 20 станций, расположенных на этой территории, были исключены из оценки, т.к. регулярно сообщают неверные сведения об осадках (чаще всего значение «без осадков» вместо «отсутствия данных об осадках»).

В оценку осадков дополнительно включены модели Европейского Центра среднесрочных прогнозов (ECMWF), Канадского метеорологического центра (Canada) и Французской метеорологической службы (France). Для моделей ECMWF и Canada оценки представлены от предыдущего исходного срока прогноза 12 ч ВСВ, т.к. эти прогнозы сильно запаздывают с поступлением.

В табл.3-6 представлена оправдываемость прогноза осадков (в %), как общая (Р), так и по градациям. Показано число случаев по каждой градации. Кроме того, представлены средние арифметические (bias) и средние абсолютные (abs) ошибки прогнозов осадков в мм/12 ч.

Оценка прогноза осадков на 18 часов (мм/12ч).
Европейская территория России, 1-ая метеозона (~245 стан).
за период: февраль 2025 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость, %							Ошибки		Общее кол-во прогнозов
	P	Без осадков (дождь 0; снег 0)	Слабые (дождь: 0,1-0,2; снег: 0,1)	Небольшие (дождь: 0,3-2; снег: 0,2-1)	Умеренные (дождь: 3-14; снег: 2-5)	Сильные (дождь: 15-29; снег: 6-15)	Очень сильные (дождь: >=30; снег: >=16)	δ	δ	
UKMO	89	96	81	83	81	63	0	0,1	0,3	5799
NCEP	88	94	84	81	86	82	0	0,3	0,4	5799
ICON	91	98	81	86	80	65	0	0,0	0,2	5799
JAPAN	91	97	83	87	79	61	0	0,0	0,2	5799
ECMWF	89	98	81	87	58	44	0	-0,2	0,3	3368
Canada	91	93	88	91	79	68	0	0,1	0,3	5605
PLAV10	91	93	87	91	81	61	0	0,1	0,3	5799
COSMO-6,6	89	93	86	87	84	63	0	0,1	0,3	4411
COSMO-2,2	91	97	85	86	78	64	0	0,0	0,3	3725
ICON-Ru	91	98	81	85	79	68	0	0,0	0,2	5597
Complex	90	98	81	81	85	79	0	0,1	0,3	5799
Кол-во случаев по градациям		3020	1081	1358	307	31	2			

P - общая оправдываемость прогноза; δ - средняя арифметическая ошибка; |δ| - средняя абсолютная ошибка

Оценка прогноза осадков на 30 часов (мм/12ч).
Европейская территория России, 1-ая метеозона (~245 стан).
за период: февраль 2025 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость, %							Ошибки		Общее кол-во прогнозов
	P	Без осадков (дождь 0; снег 0)	Слабые (дождь: 0,1-0,2; снег: 0,1)	Небольшие (дождь: 0,3-2; снег: 0,2-1)	Умеренные (дождь: 3-14; снег: 2-5)	Сильные (дождь: 15-29; снег: 6-15)	Очень сильные (дождь: >=30; снег: >=16)	δ	δ	
UKMO	89	95	83	83	75	67	0	0,0	0,3	5518
NCEP	89	94	81	82	83	85	0	0,2	0,3	5518
ICON	90	98	81	83	74	76	0	0,0	0,2	5518
JAPAN	90	96	82	84	73	74	0	0,0	0,2	5518
ECMWF	88	98	81	83	56	40	0	-0,2	0,3	3512
Canada	89	91	89	90	73	74	0	0,1	0,3	5115
PLAV10	89	94	83	86	76	80	0	0,1	0,3	5518
COSMO-6,6	86	90	85	83	75	80	0	0,1	0,3	4135
COSMO-2,2	90	97	81	82	76	73	0	0,0	0,3	3489
ICON-Ru	90	98	80	82	72	83	0	0,0	0,2	5325
Complex	90	98	79	78	82	83	0	0,0	0,2	5518
Кол-во случаев по градациям		3111	903	1211	270	23	0			

P - общая оправдываемость прогноза; δ - средняя арифметическая ошибка; |δ| - средняя абсолютная ошибка

Оценка прогноза осадков на 42 часов (мм/12ч).
Европейская территория России, 1-ая метеозона (~245 стан).
за период: февраль 2025 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость, %							Ошибки		Общее кол-во прогнозов
	P	Без осадков (дождь 0; снег 0)	Слабые (дождь: 0,1-0,2; снег: 0,1)	Небольшие (дождь: 0,3-2; снег: 0,2-1)	Умеренные (дождь: 3-14; снег: 2-5)	Сильные (дождь: 15-29; снег: 6-15)	Очень сильные (дождь: >=30; снег: >=16)	$\bar{\delta}$	$ \bar{\delta} $	
UKMO	89	96	81	81	77	57	0	0,0	0,3	5571
NCEP	88	94	82	79	87	76	0	0,3	0,4	5571
ICON	90	97	82	85	73	52	0	0,0	0,2	5571
JAPAN	90	96	83	85	73	45	0	0,0	0,2	5571
ECMWF	89	98	80	83	55	32	0	-0,2	0,3	4552
Canada	90	92	88	91	75	50	0	0,1	0,3	5378
PLAV10	90	91	89	91	75	48	0	0,1	0,3	5571
COSMO-6,6	87	90	88	86	74	45	0	0,1	0,4	4192
COSMO-2,2	89	95	84	84	79	55	0	0,0	0,3	3522
ICON-Ru	90	98	81	84	70	45	0	0,0	0,2	5153
Complex	90	98	81	81	79	69	0	0,0	0,3	5571
Кол-во случаев по градам		2979	1047	1254	268	21	2			

P - общая оправдываемость прогноза; $\bar{\delta}$ - средняя арифметическая ошибка; $|\bar{\delta}|$ - средняя абсолютная ошибка

Оценка прогнозов порывов ветра

Порывы ветра являются важной составляющей общего прогноза погоды, т.к. сильные порывы - опасное явление. Измерения ветра на синоптических станциях проводятся на высоте 10 м с помощью анемометра. За 10-мин интервал перед сроком наблюдения делается осреднение значений скорости и направления ветра (синоптики часто называют его «средний» ветер). Кроме того, анемометр может отмечать и порывы ветра (обычно за 3-часовой интервал между сроками или в срок наблюдения). Это скорость ветра без учета направления.

Численный прогноз порывов ветра появился сравнительно недавно и у нас есть только 4 модели, которые дают прогноз порывов ветра (в м/с) в регулярной сетке точек. Прогностические значения порывов ветра на станции находились с помощью билинейной интерполяции из прогностических полей. Для оценки порывов ветра были взяты более 800 станций на ЕТР за исключением ~25 станций, на которых за последние 2 года не наблюдалось ни одного порыва ветра ≥ 12 м/с (вероятно, из-за отсутствия оборудования). Факт порыва ветра фиксировался, если на станции наблюдались порывы ≥ 12 м/с в интервале ± 3 ч от времени заблаговременности прогноза. Заметим, что слабые порывы ветра (около 12 м/с) обычно связаны с усилением градиентов поля ветра на значительной территории. Сильные же порывы чаще всего связаны с конвекцией в атмосфере, имеют небольшой масштаб и прогнозировать их весьма затруднительно.

Комплексный прогноз порывов ветра делается с помощью метода нейронных сетей. Для этого привлекаются прогнозы порывов ветра ряда моделей: France, Cosmo-2.2, Cosmo-6.6 и ICON, а также Комплексные прогнозы приземного «среднего» ветра и архивы этих прогнозов для станций за последние 25 дней.

Для оценки прогнозов порывов ветра воспользуемся матрицей сопряжений и вычислением ряда характеристик:

МАТРИЦА СОПРЯЖЕНИЙ

N11 N12 N10
N21 N22 N20
N01 N02 N00

N11 - явление прогнозировалось и наблюдалось;

N12 - явление прогнозировалось, но не наблюдалось («ложные тревоги»);

N10=N11+N12 - число случаев, когда прогнозировалось явление;

N21- прогнозировалось отсутствие явления, но оно наблюдалось («пропуск цели»);

N22 - прогнозировалось отсутствие явления и его не наблюдалось;

N20=N21+N22 - число случаев с прогнозом отсутствия явления;

N01=N11+N21 - число случаев с явлением;

N02=N12+N22 - число случаев с отсутствием явления;

N00 - общее число случаев.

$P=N11/(N21+N10)$ – оправдываемость редкого явления;

$Pred=N11/N01$ – предупрежденность явления;

$kLT=N12/N01$ – коэффициент «ложных тревог»;

$ETS=(N11-ar)/(N11-ar+N12+N21)$ – критерий ETS, где $ar=((N11+N12)*(N11+N21))/N00$;

$BX=(v-v0)/(1-v0)$ – критерий Н.А.Багрова-Хайдке (для редких явлений), где

$v=(N11+N22)/N00$, $v0=(m1+m2)/N00$, $m1=(N10 \times N01)/N00$, $m2=(N20 \times N02)/N00$;

Факт порыва ветра,-если на станции наблюдались порывы ветра ≥ 12 м/с, ≥ 18 м/с или ≥ 24 м/с в интервале ± 3 ч от времени заблаговременности прогноза.

Евр.терр.России (~800 стан). Оценка прогнозов порывов ветра на 12 час ($W \geq 12$ м/с). Февраль 2025

			Pred	kLT	ETS	
407	250	657	55	0.34	0.39	Cosmo-2,2
331	12170	12501				
738	12420	13158				
703	554	1257	70	0.55	0.42	Cosmo-6,6
300	14907	15207				
1003	15461	16464				
733	449	1182	59	0.36	0.41	ICON-Ru
502	19484	19986				
1235	19933	21168				
620	283	903	48	0.22	0.37	ICON (DWD)
683	20366	21049				
1303	20649	21952				
979	468	1447	75	0.36	0.53	Complex
318	19798	20116				
1297	20266	21563				

**Евр.терр.России (~800 стан). Оценка прогнозов порывов ветра
на 12 час ($W \geq 18$ м/с) . Февраль 2025**

			Pred	kLT	ETS	
23	26	49	27	0.30	0.20	Cosmo-2,2
63	13046	13109				
86	13072	13158				
57	36	93	40	0.25	0.32	Cosmo-6,6
85	16286	16371				
142	16322	16464				
54	26	80	31	0.15	0.27	ICON-Ru
119	20969	21088				
173	20995	21168				
59	33	92	32	0.18	0.27	ICON (DWD)
127	21733	21860				
186	21766	21952				
130	122	252	70	0.66	0.42	Complex
56	21255	21311				
186	21377	21563				

**Евр.терр.России (~800 стан). Оценка прогнозов порывов ветра
на 12 час ($W \geq 24$ м/с) . Февраль 2025**

			Pred	kLT	ETS	
2	0	2	17	0.00	0.17	Cosmo-2,2
10	13146	13156				
12	13146	13158				
1	3	4	6	0.17	0.05	Cosmo-6,6
17	16443	16460				
18	16446	16464				
5	2	7	19	0.08	0.18	ICON-Ru
21	21140	21161				
26	21142	21168				
2	1	3	8	0.04	0.07	ICON(DWD)
24	21925	21949				
26	21926	21952				
19	46	65	73	1.77	0.26	Complex
7	21491	21498				
26	21537	21563				

Синоптики в административных центрах России наряду с прогнозами различных метеозадач прогнозируют и величину порывов ветра. Эти прогнозы в коде КП-68 поступают в Гидрометцентр России. Ниже представлены оценки успешности прогнозов порывов ветра на следующий день (на 36 ч): синоптиков, модели ICON-Ru и Комплексного прогноза.

**Россия (83 адм. центр). Оценка прогнозов порывов ветра на ~24 ч
Февраль 2025 г.**

СИНОП(КП-68)	ICON-Ru	Комплекс
порывы ≥ 12 м/с		
85 97 182	41 23 64	88 44 132
32 2093 2125 0.37	76 2167 2243 0.28	29 2146 2175 0.53
117 2190 2307	117 2190 2307	117 2190 2307
порывы ≥ 18 м/с		
12 46 58	2 1 3	16 10 26
7 2242 2249 0.18	17 2287 2304 0.10	3 2278 2281 0.55
19 2288 2307	19 2288 2307	19 2288 2307
порывы ≥ 24 м/с		
2 6 8	0 0 0	2 4 6
0 2299 2299 0.25	2 2305 2307 0.00	0 2301 2301 0.33
2 2305 2307	2 2305 2307	2 2305 2307

Красным цветом выделен критерий ETS

**Россия (83 адм. центр). Оценка прогнозов порывов ветра на ~36 ч
Февраль 2025 г.**

СИНОП(КП-68)	ICON-Ru	Комплекс
порывы ≥ 12 м/с		
109 121 230	89 66 155	129 74 203
64 2013 2077 0.33	84 2068 2152 0.34	44 2060 2104 0.49
173 2134 2307	173 2134 2307	173 2134 2307
порывы ≥ 18 м/с		
16 53 69	4 2 6	16 10 26
9 2229 2238 0.21	21 2280 2301 0.15	9 2272 2281 0.46
25 2282 2307	25 2282 2307	25 2282 2307
порывы ≥ 24 м/с		
3 4 7	0 0 0	4 4 8
1 2299 2300 0.38	4 2303 2307 0.00	0 2299 2299 0.50
4 2303 2307	4 2303 2307	4 2303 2307

Красным цветом выделен критерий ETS