

Оценки прогнозов приземных метеорологических полей, рассчитанные для различных гидродинамических моделей по синоптическим станциям Европейской территории РФ за период: март 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 $1 \times 1^\circ$);
- NCEP - Метеорологический центр США (сетка $1 \times 1^\circ$);
- ICON - Метеорологический центр ФРГ (сетка $0,25 \times 0,25^\circ$);
- JAPAN – Метеорологический центр Японии (сетка $0,25 \times 0,25^\circ$);
- PLAV10 – полулагранжева модель с разрешением ~ 10 км (ФГБУ «Гидрометцентр России», автор М.А. Толстых);

Заметим, что реальное разрешение этих моделей 10-15 км.

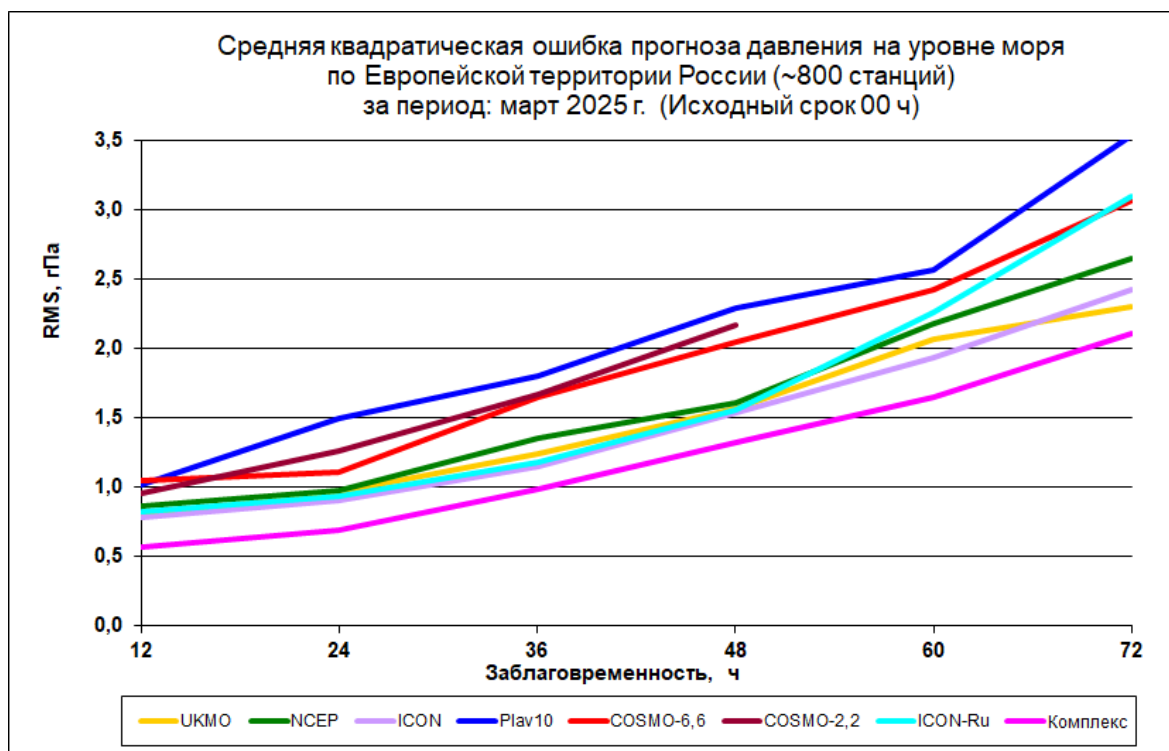
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки $\sim 6,5$ км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

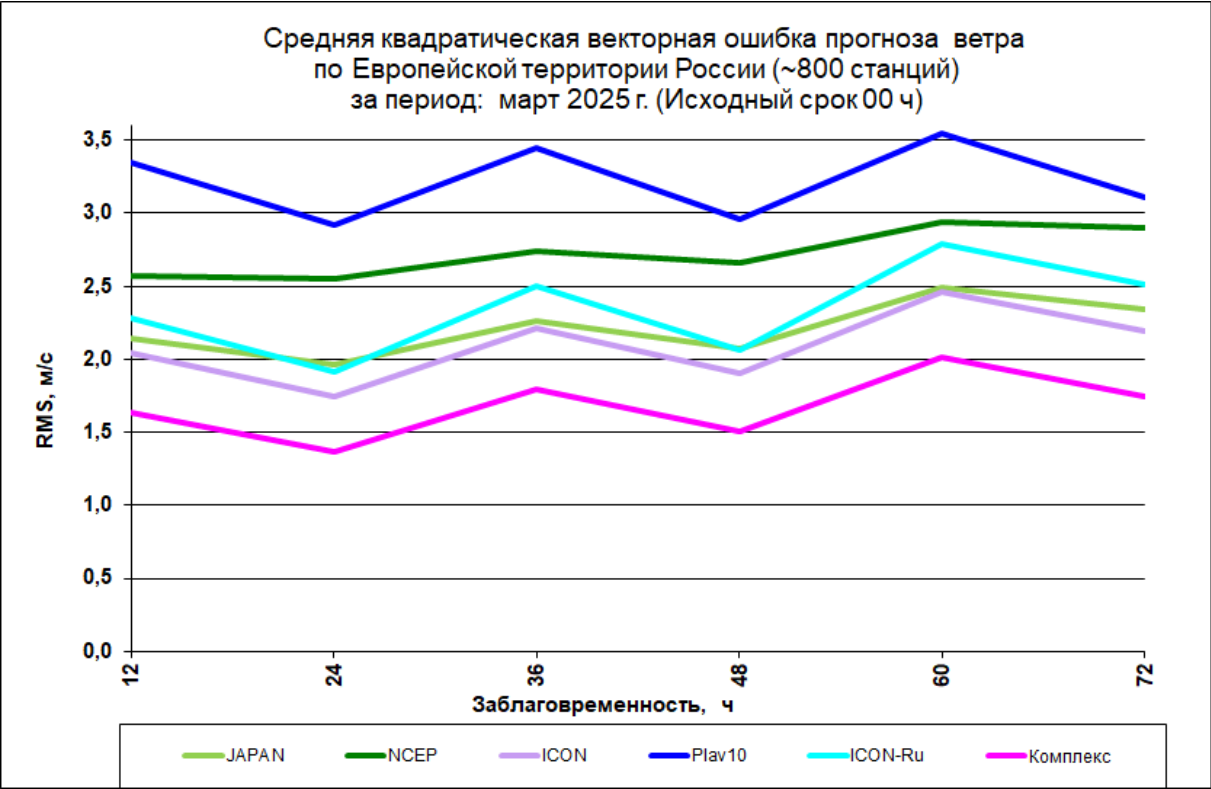
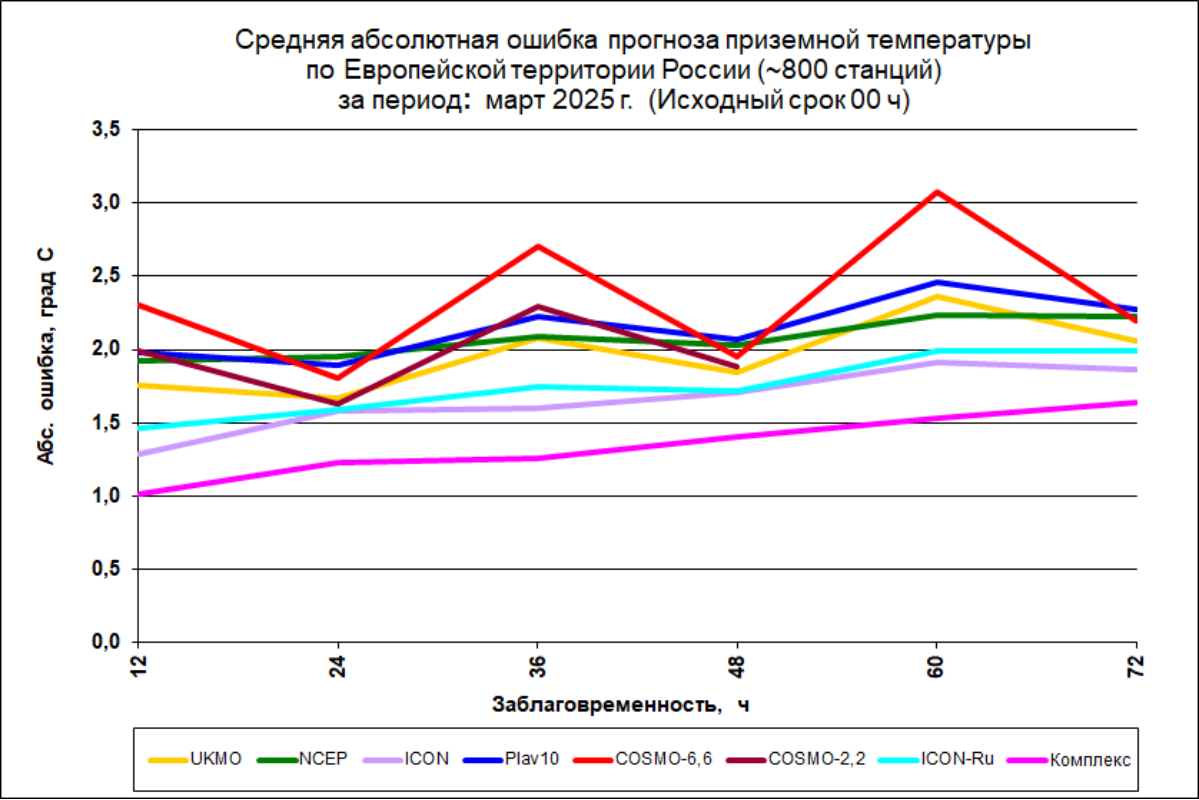
Мезометеорологические модели:

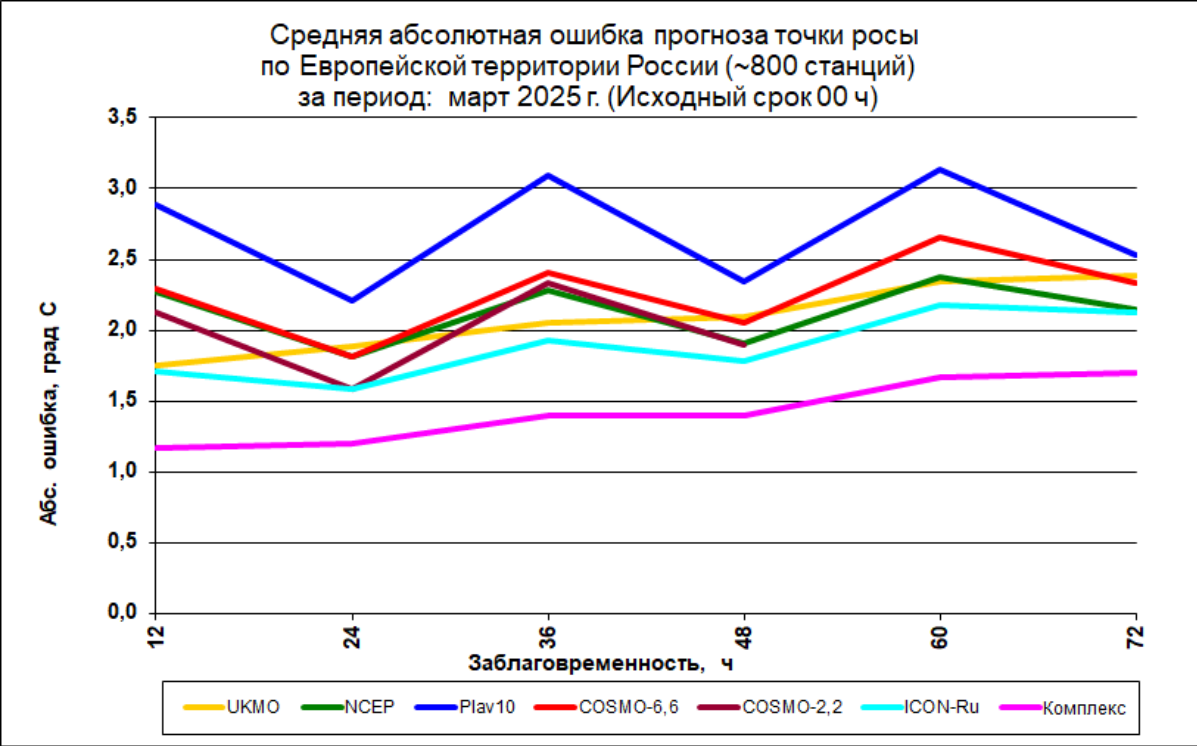
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «Комплекс» - комплексный прогноз приземных метеозадач 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: март 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	92	95	87	87	89	84	0	0,2	0,4	6357
NCEP	87	90	84	79	90	89	0	0,6	0,7	6357
ICON	92	97	83	84	85	79	0	0,1	0,4	6357
JAPAN	92	96	86	86	85	77	0	0,1	0,5	6357
Canada	91	94	88	86	83	84	0	0,1	0,5	6357
PLAV10	87	88	86	83	90	78	0	0,4	0,7	6163
COSMO-6,6	92	97	85	84	86	80	0	0,1	0,4	4466
COSMO-2,2	90	97	83	84	81	78	0	0,0	0,5	3930
ICON-Ru	92	97	83	85	84	82	0	0,1	0,4	6357
Complex	92	98	84	83	88	75	50	0,2	0,5	6357
Кол-во случаев по градам		3612	740	1407	550	46	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: март 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	90	94	85	85	84	80	0	0,2	0,5	6111
NCEP	88	93	81	78	87	80	0	0,6	0,7	6111
ICON	90	97	81	83	79	65	0	0,1	0,4	6111
JAPAN	91	96	84	85	82	62	0	0,1	0,5	6111
Canada	89	93	84	85	82	78	0	0,2	0,5	6111
PLAV10	87	91	83	80	84	66	0	0,4	0,7	5917
COSMO-6,6	89	95	82	80	81	61	0	0,2	0,5	4446
COSMO-2,2	88	96	79	77	82	68	0	0,1	0,6	3903
ICON-Ru	90	96	82	83	81	65	0	0,1	0,4	6111
Complex	91	97	81	82	86	72	0	0,2	0,5	6111
Кол-во случаев по градам		3568	617	1309	579	37	1			

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: март 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	88	92	82	84	85	74	0	0,2	0,6	6136
NCEP	85	89	81	78	84	68	50	0,6	0,8	6136
ICON	90	97	82	83	78	67	0	0,0	0,5	6136
JAPAN	89	96	81	82	76	64	0	0,0	0,6	6136
Canada	89	94	86	84	73	65	0	0,1	0,6	6136
PLAV10	83	84	83	81	82	81	0	0,4	0,8	5943
COSMO-6,6	88	94	81	81	81	63	0	0,2	0,6	4467
COSMO-2,2	88	96	79	79	75	73	0	0,0	0,6	3913
ICON-Ru	90	96	83	83	75	68	0	0,0	0,5	6136
Complex	91	97	82	82	82	70	50	0,1	0,5	6136
Кол-во случаев по грациям		3494	707	1347	540	46	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). Март 2025

			Pred	klt	ETS	
1140	560	1700	57	0.28	0.39	COSMO-2,2
873	12133	13006				
2013	12693	14706				
1820	1182	3002	70	0.45	0.41	COSMO-6,6
785	13461	14246				
2605	14643	17248				
1674	604	2278	51	0.18	0.38	ICON-DWD
1606	20420	22026				
3280	21024	24304				
2486	1100	3586	76	0.34	0.51	Complex
786	19534	20320				
3272	20634	23906				
1943	963	2906	59	0.29	0.40	ICON-Ru
1337	20061	21398				
3280	21024	24304				

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

			Pred	klt	ETS	
63	89	152	35	0.50	0.23	COSMO-2,2
116	14438	14554				
179	14527	14706				
97	183	280	47	0.89	0.24	COSMO-6,6
109	16859	16968				
206	17042	17248				
82	85	167	30	0.31	0.22	ICON-DWD
192	23945	24137				
274	24030	24304				
153	158	311	56	0.58	0.35	Complex
119	23476	23595				
272	23634	23906				
109	111	220	40	0.41	0.28	ICON-Ru
165	23919	24084				
274	24030	24304				

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

			Pred	klt	ETS	
5	4	9	31	0.25	0.25	COSMO-2,2
11	14686	14697				
16	14690	14706				
5	14	19	38	1.08	0.18	COSMO-6,6
8	17221	17229				
13	17235	17248				
1	0	1	6	0.00	0.06	ICON-DWD
17	24286	24303				
18	24286	24304				
14	14	28	78	0.78	0.44	Complex
4	23874	23878				
18	23888	23906				
4	4	8	22	0.22	0.18	ICON-Ru
14	24282	24296				
18	24286	24304				

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
Март 2025 г.**

СИНОП(КП-68)	ICON-Ru	Комплекс
порывы ≥ 12 м/с		
111 207 318	74 54 128	115 67 182
52 2179 2231 0.26	89 2332 2421 0.32	48 2319 2367 0.47
163 2386 2549	163 2386 2549	163 2386 2549
порывы ≥ 18 м/с		
12 61 73	3 6 9	8 7 15
3 2473 2476 0.16	12 2528 2540 0.14	7 2527 2534 0.36
15 2534 2549	15 2534 2549	15 2534 2549
порывы ≥ 24 м/с		
0 6 6	0 0 0	0 3 3
0 2543 2543 0.00	0 2549 2549 NaN	0 2546 2546 0.00
0 2549 2549	0 2549 2549	0 2549 2549

Красным цветом выделен критерий ETS

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

СИНОП(КП-68)	ICON-Ru	Комплекс
порывы ≥ 12 м/с		
230 273 503	214 140 354	265 127 392
113 1933 2046 0.30	129 2066 2195 0.38	78 2079 2157 0.51
343 2206 2549	343 2206 2549	343 2206 2549
порывы ≥ 18 м/с		
24 95 119	9 13 22	19 21 40
7 2423 2430 0.18	22 2505 2527 0.20	12 2497 2509 0.37
31 2518 2549	31 2518 2549	31 2518 2549
порывы ≥ 24 м/с		
2 8 10	0 2 2	1 3 4
1 2538 2539 0.18	3 2544 2547 0.00	2 2543 2545 0.17
3 2546 2549	3 2546 2549	3 2546 2549

Красным цветом выделен критерий ETS