

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

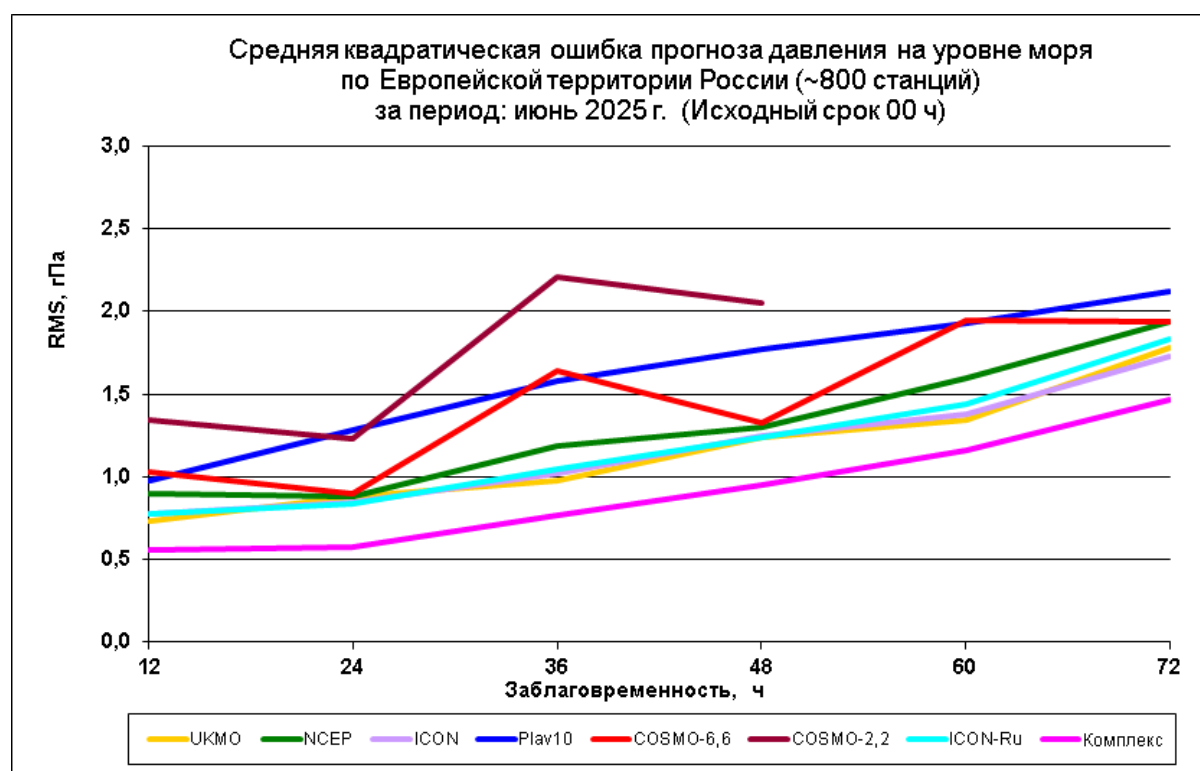
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки $\sim 6,5$ км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

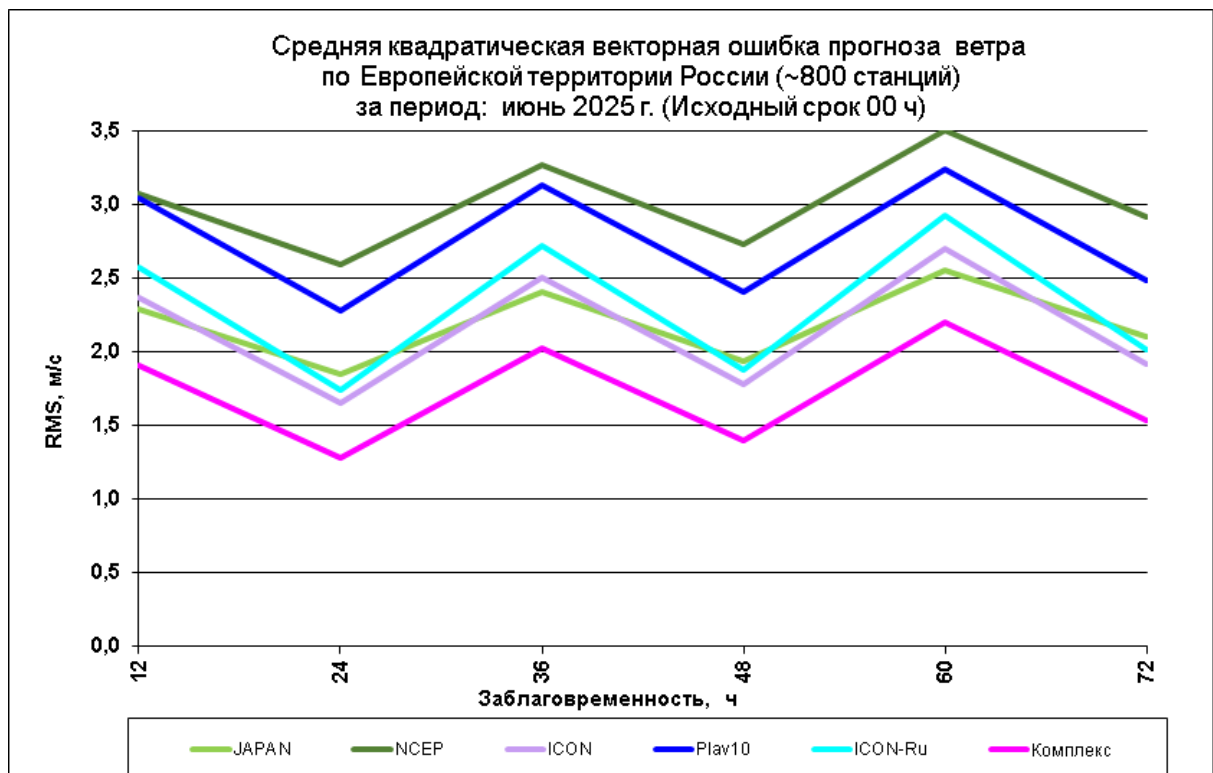
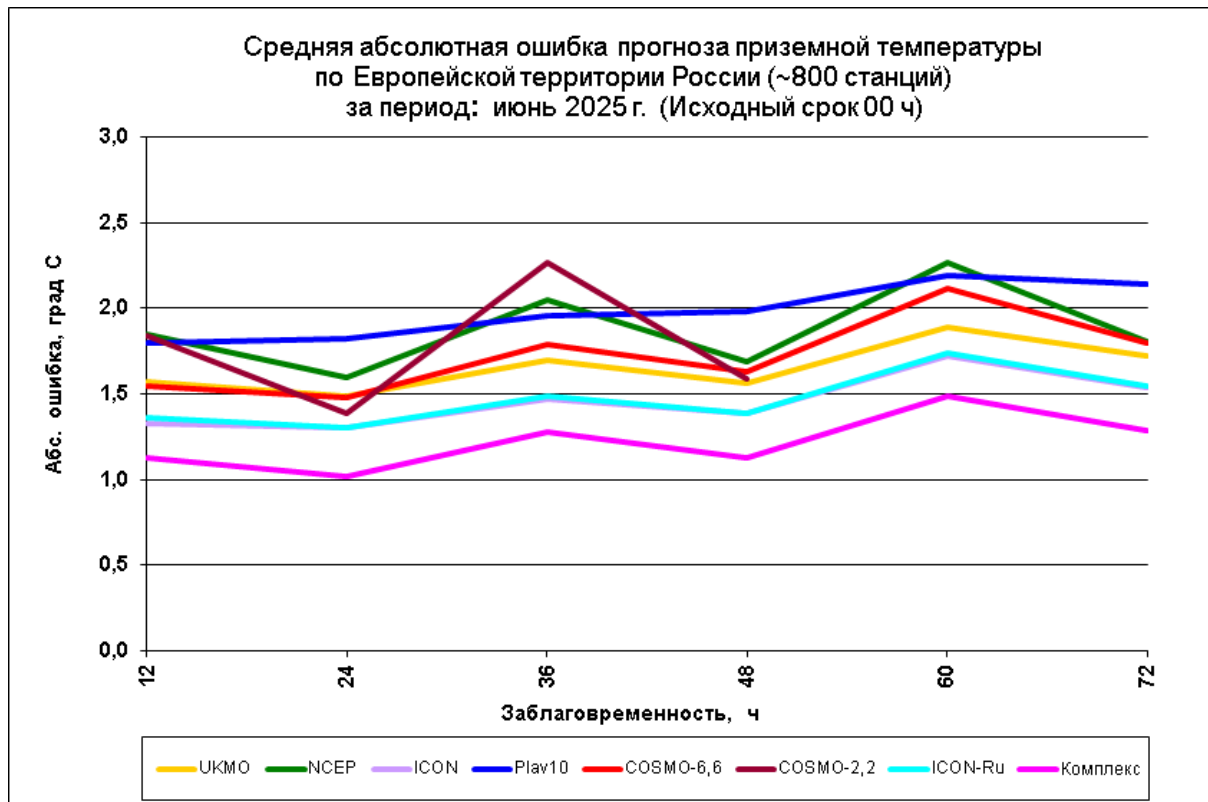
Мезометеорологические модели:

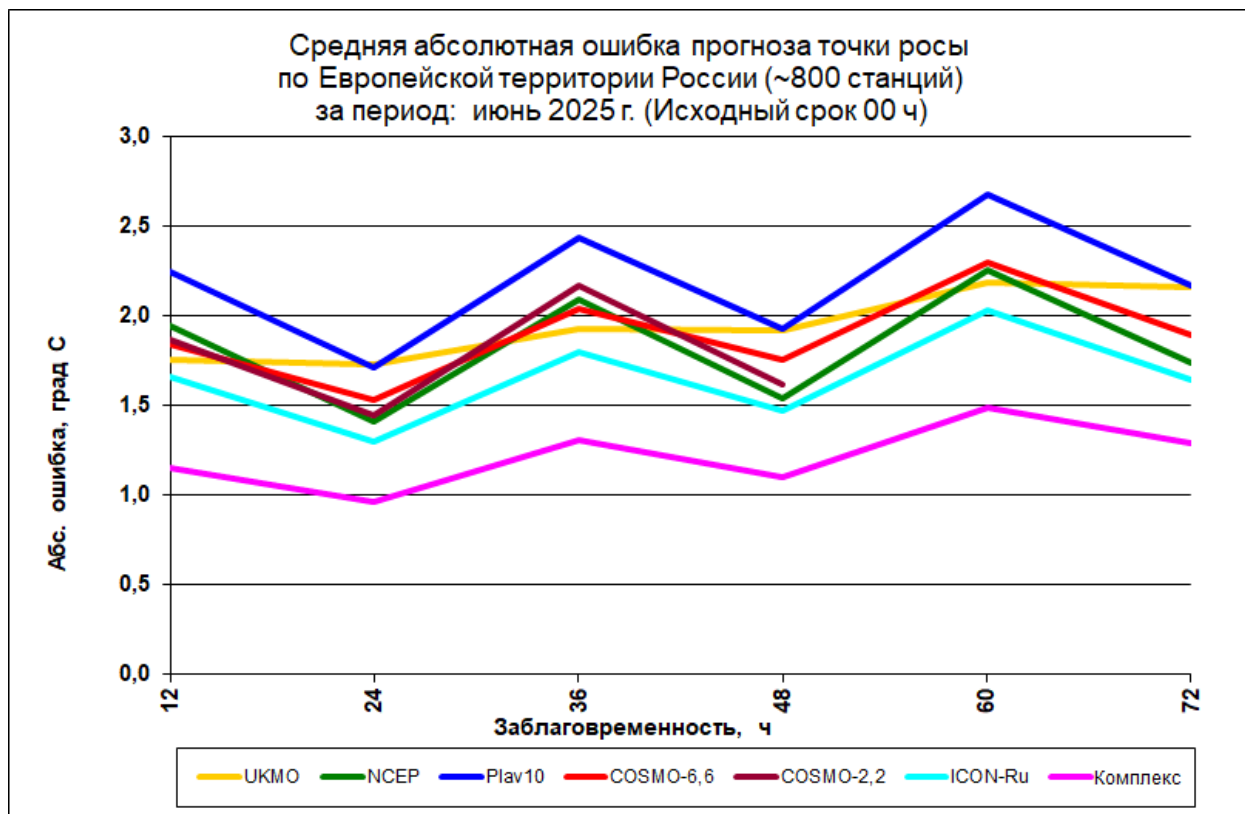
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «Комплекс» - комплексный прогноз приземных 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: июнь 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	79	82	68	69	88	69	14	1,3	2,1	6025
NCEP	68	67	52	59	85	73	36	3,2	3,7	5824
ICON	83	89	76	75	84	57	7	0,2	1,5	5824
JAPAN	83	89	74	76	82	48	0	0,1	1,6	5824
Canada	83	91	79	77	76	51	25	0,1	1,6	5624
PLAV10	72	68	65	69	92	54	0	0,9	2,0	6025
COSMO-6,6	84	92	80	79	76	46	15	-0,2	1,5	4620
COSMO-2,2	82	93	77	73	72	48	27	-0,1	1,7	4017
ICON-Ru	84	90	76	77	84	54	21	0,1	1,4	6025
Complex	85	90	75	76	88	54	0	0,2	1,4	6025
Кол-во случаев по градациям		3018	508	1224	1165	96	14			

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: июнь 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	82	87	74	72	80	62	12	0,8	1,5	5820
NCEP	78	82	71	69	79	68	40	1,6	2,0	5418
ICON	85	91	78	77	80	56	0	0,2	1,0	5619
JAPAN	85	91	83	78	74	59	0	0,2	1,1	5619
Canada	83	90	75	74	75	57	0	0,5	1,3	5418
PLAV10	81	86	74	72	80	60	12	0,7	1,3	5820
COSMO-6,6	83	91	76	71	70	43	0	0,2	1,2	4614
COSMO-2,2	84	92	78	71	69	44	25	0,2	1,1	4013
ICON-Ru	86	91	79	77	80	52	0	0,2	1,0	5619
Complex	87	92	82	78	78	59	12	0,1	1,0	5820
Кол-во случаев по градациям		3460	473	1163	659	57	8			

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: июнь 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: 2-6)	Сильные (дождь: 15-29; снег: 6-16)	Очень сильные (дождь: >=30; снег: >=16)	$\bar{\delta}$	$ \bar{\delta} $	
UKMO	77	80	67	68	86	60	7	1,3	2,3	5824
NCEP	70	72	54	60	84	70	36	2,7	3,3	5422
ICON	82	89	70	74	82	52	14	0,2	1,7	5623
JAPAN	82	90	74	75	76	43	14	0,0	1,7	5623
Canada	80	89	73	74	71	41	7	0,0	1,8	5422
PLAV10	73	73	60	67	88	53	14	0,8	2,1	5824
COSMO-6,6	80	89	75	77	68	37	38	-0,3	1,8	4618
COSMO-2,2	79	93	70	69	66	29	0	-0,1	2,0	3815
ICON-Ru	82	90	72	77	77	38	0	0,0	1,5	4820
Complex	83	89	75	76	83	47	0	0,0	1,5	5822
Кол-во случаев по градам		2889	494	1185	1146	96	14			

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). Июнь 2025

			Pred	klt	ETS	
1679	3044	4723	75	1.35	0.22	COSMO-2,2
572	10185	10757				
2251	13229	15480				
2136	3523	5659	78	1.29	0.24	COSMO-6,6
593	11780	12373				
2729	15303	18032				
1749	995	2744	50	0.28	0.32	ICON-DWD
1767	18225	19992				
3516	19220	22736				
2170	1082	3252	59	0.29	0.39	Complex
1504	18342	19846				
3674	19424	23098				
2080	1477	3557	57	0.40	0.33	ICON-Ru
1596	18367	19963				
3676	19844	23520				

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

			Pred	klt	ETS	
48	386	434	31	2.47	0.08	COSMO-2,2
108	14938	15046				
156	15324	15480				
43	121	164	22	0.61	0.13	COSMO-6,6
155	17713	17868				
198	17834	18032				
15	25	40	6	0.11	0.06	ICON-DWD
216	22480	22696				
231	22505	22736				
76	94	170	30	0.37	0.21	Complex
178	22750	22928				
254	22844	23098				
43	49	92	17	0.19	0.14	ICON-Ru
211	23217	23428				
254	23266	23520				

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

			Pred	klt	ETS	
0	29	29	0	9.67	0.00	COSMO-2,2
3	15448	15451				
3	15477	15480				
0	0	0	0	0.00	0.00	COSMO-6,6
7	18025	18032				
7	18025	18032				
0	0	0	0	0.00	0.00	ICON-DWD
7	22729	22736				
7	22729	22736				
0	3	3	0	0.43	0.00	Complex
7	23088	23095				
7	23091	23098				
0	0	0	0	0.00	0.00	ICON-Ru
7	23513	23520				
7	23513	23520				

Синоптики в административных центрах России наряду с прогнозами различных метеоэлементов 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
Июнь 2025 г.**

СИНОП(КП-68)				ICON-Ru				Комплекс			
				порывы >=12 м/с							
41	235	276		15	27	42		36	37	73	
29	2168	2197	0.11	55	2376	2431	0.15	34	2366	2400	0.32
70	2403	2473		70	2403	2473		70	2403	2473	
				порывы >=18 м/с							
2	44	46		0	1	1		1	3	4	
3	2424	2427	0.04	5	2467	2472	0.00	4	2465	2469	0.12
5	2468	2473		5	2468	2473		5	2468	2473	
				порывы >=24 м/с							
0	1	1		0	0	0		0	0	0	
0	2472	2472	0.00	0	2473	2473	NaN	0	2473	2473	NaN
0	2473	2473		0	2473	2473		0	2473	2473	

Красным цветом выделен критерий ETS

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

СИНОП(КП-68)				ICON-Ru				Комплекс			
				порывы >=12 м/с							
215	457	672		209	213	422		204	120	324	
138	1663	1801	0.17	144	1907	2051	0.29	149	2000	2149	0.37
353	2120	2473		353	2120	2473		353	2120	2473	
				порывы >=18 м/с							
11	111	122		2	18	20		7	18	25	
12	2339	2351	0.08	21	2432	2453	0.05	16	2432	2448	0.17
23	2450	2473		23	2450	2473		23	2450	2473	
				порывы >=24 м/с							
1	1	2		0	1	1		0	1	1	
0	2471	2471	0.50	1	2471	2472	0.00	1	2471	2472	0.00
1	2472	2473		1	2472	2473		1	2472	2473	

Красным цветом выделен критерий ETS