

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

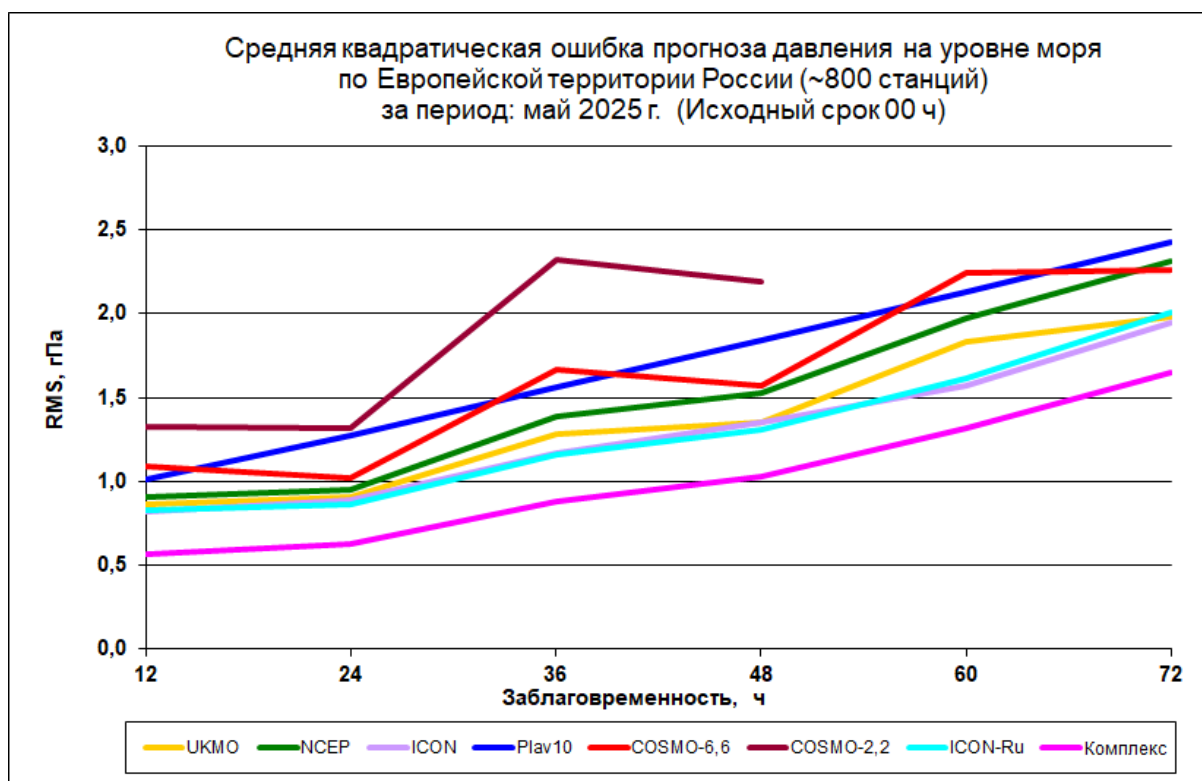
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки $\sim 6,5$ км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

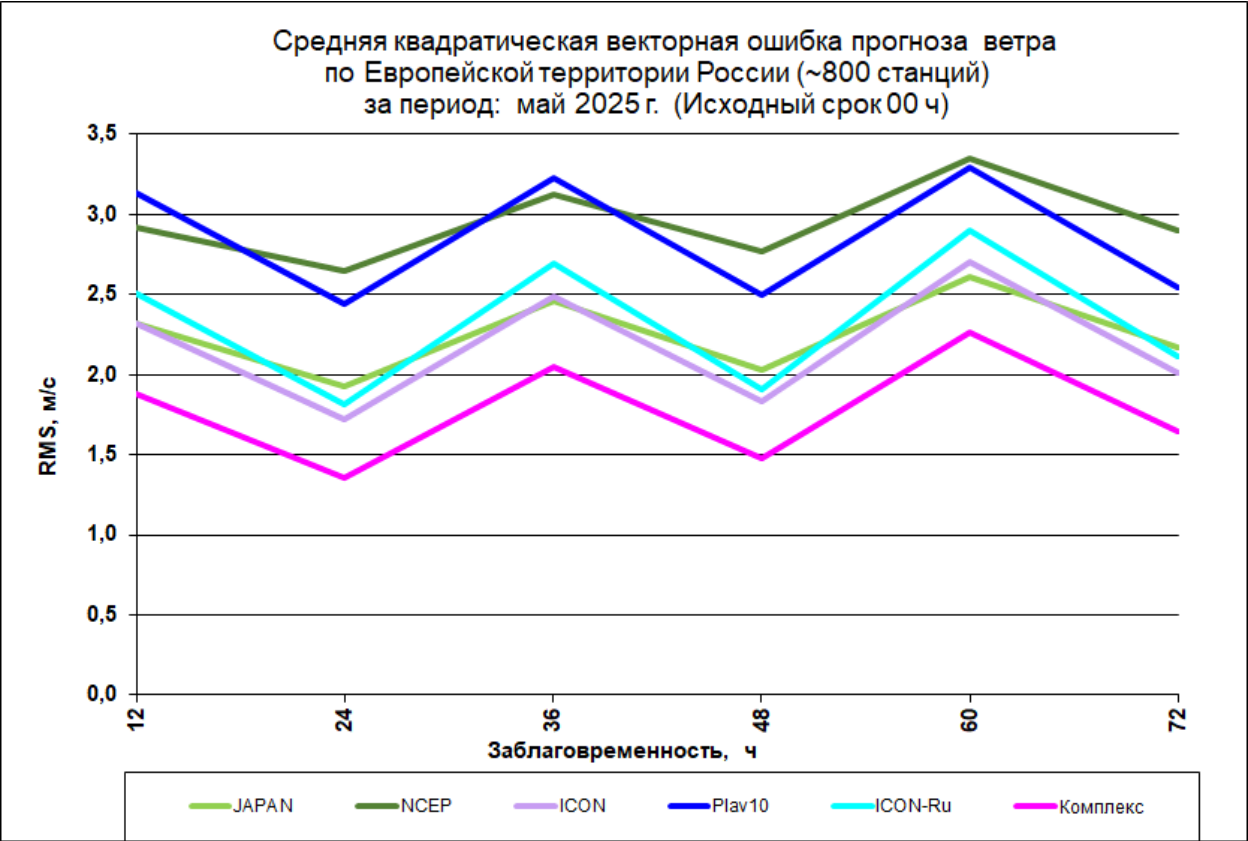
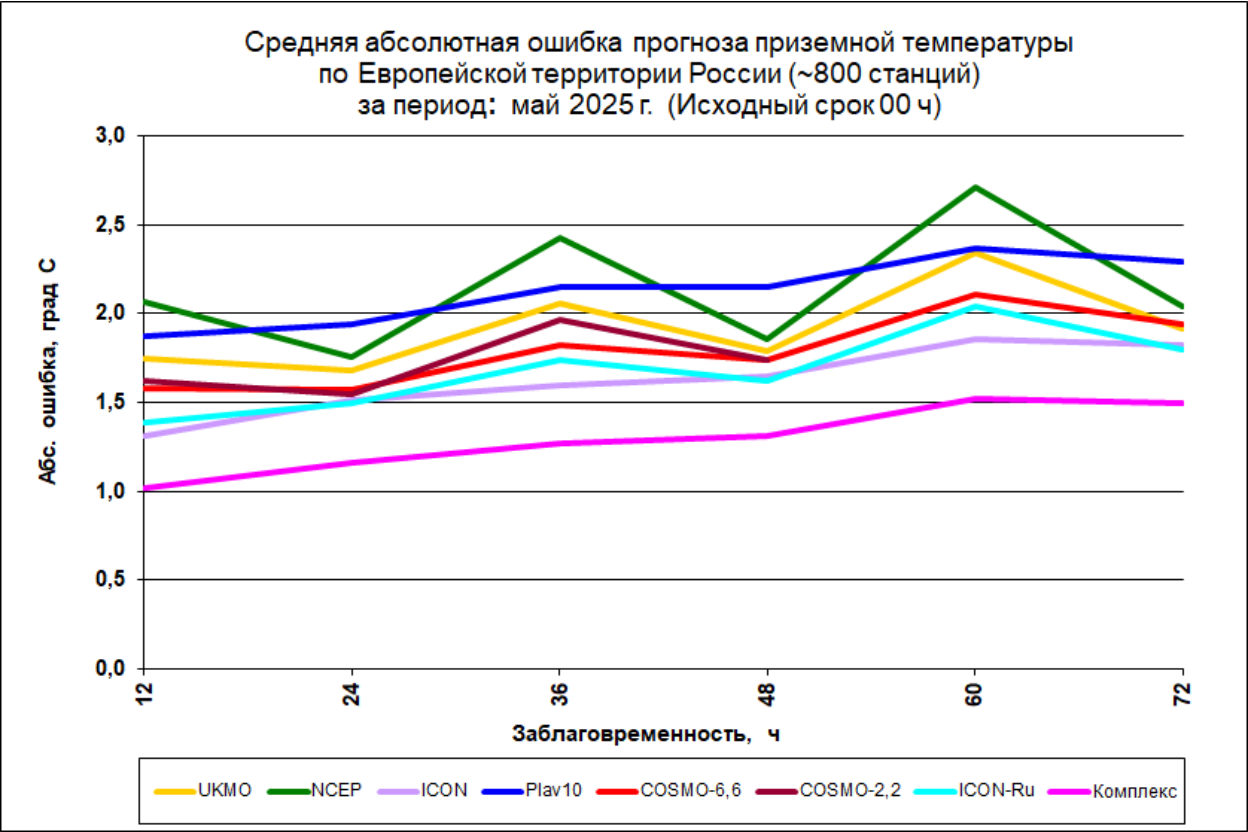
Мезометеорологические модели:

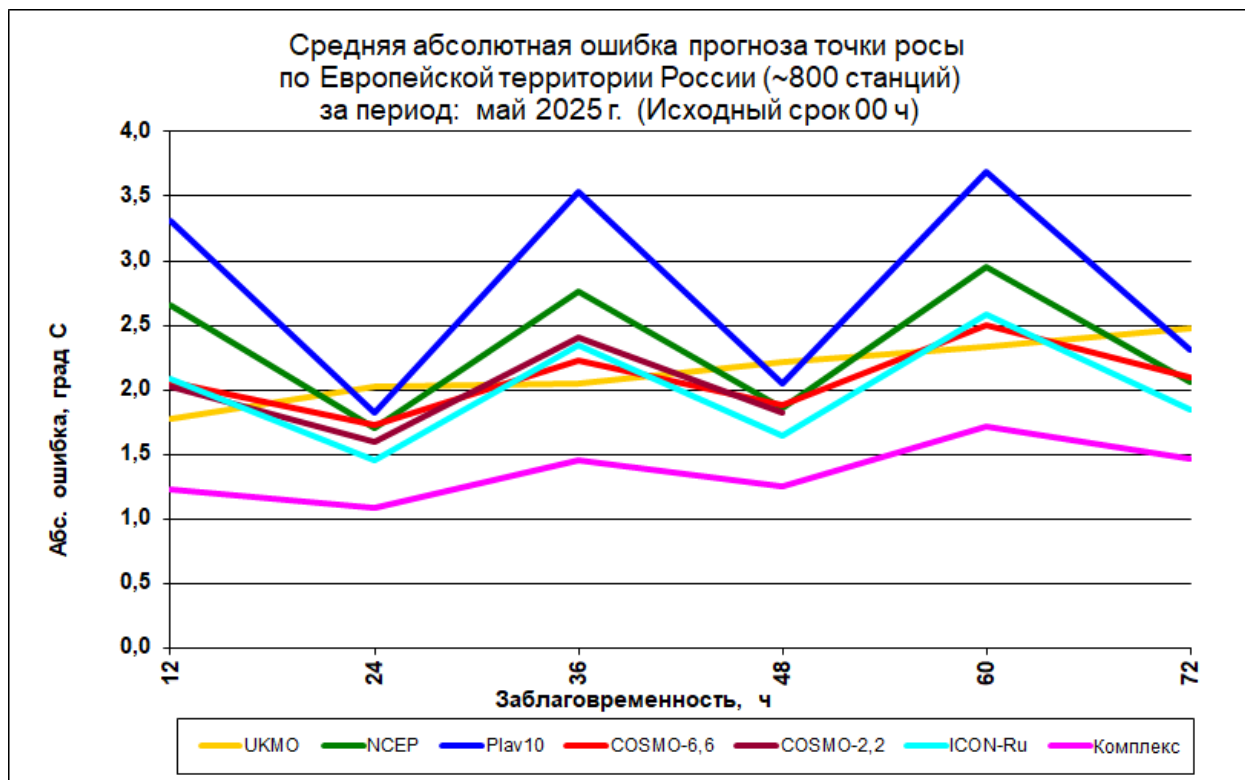
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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: май 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	85	89	78	79	83	65	0	0,5	1,1	6400
NCEP	68	69	55	64	87	74	0	2,4	2,6	6400
ICON	87	92	83	82	80	55	0	0,1	0,9	6400
JAPAN	86	92	79	80	79	52	0	0,2	0,9	6400
Canada	87	95	80	79	72	57	0	0,0	0,8	5986
PLAV10	73	72	70	71	88	62	0	1,0	1,5	6400
COSMO-6,6	87	95	81	80	75	64	0	0,0	0,8	3508
COSMO-2,2	84	93	77	74	69	45	0	0,1	1,1	4113
ICON-Ru	87	92	82	81	80	57	0	0,1	0,9	6400
Complex	88	93	82	83	82	62	0	0,2	0,9	6400
Кол-во случаев по градациям		3550	732	1309	742	65	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: май 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	87	92	79	75	85	59	0	0,4	0,8	6332
NCEP	81	85	70	72	82	67	0	1,0	1,4	6332
ICON	89	95	81	76	77	61	0	0,1	0,7	6332
JAPAN	88	94	80	77	78	67	0	0,2	0,7	6332
Canada	88	94	78	74	73	43	0	0,1	0,8	5926
PLAV10	85	91	78	71	83	58	0	0,5	1,0	6332
COSMO-6,6	89	96	77	74	79	53	0	0,1	0,7	3477
COSMO-2,2	86	93	76	72	69	50	0	0,1	0,8	4069
ICON-Ru	88	94	81	75	78	60	0	0,1	0,7	6122
Complex	90	96	81	78	81	66	0	0,1	0,6	6332
Кол-во случаев по градациям		4138	518	1046	595	32	3			

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: май 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	82	87	75	77	78	51	0	0,6	1,3	6386
NCEP	68	69	55	65	83	60	0	2,2	2,6	6386
ICON	83	88	78	78	74	47	0	0,2	1,1	6386
JAPAN	84	91	77	75	71	52	0	0,2	1,1	6386
Canada	83	92	76	73	62	40	0	0,0	1,1	5978
PLAV10	72	73	65	69	80	51	0	1,0	1,7	6386
COSMO-6,6	84	91	77	75	72	46	0	0,2	0,9	3504
COSMO-2,2	80	89	75	70	56	39	0	0,2	1,3	3685
ICON-Ru	83	87	80	79	73	45	0	0,3	1,1	5762
Complex	86	92	80	81	75	45	0	0,1	0,9	6386
Кол-во случаев по градам		3582	719	1316	719	48	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). Май 2025

			Pred	klt	ETS	
1909	2518	4427	71	0.94	0.26	COSMO-2,2
771	10282	11053				
2680	12800	15480				
2046	1617	3663	77	0.61	0.37	COSMO-6,6
605	9060	9665				
2651	10677	13328				
2074	979	3053	50	0.24	0.34	ICON-DWD
2077	19174	21251				
4151	20153	24304				
2656	1099	3755	64	0.26	0.44	Complex
1492	18605	20097				
4148	19704	23852				
2296	1352	3648	55	0.33	0.34	ICON-Ru
1855	18801	20656				
4151	20153	24304				

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

			Pred	klt	ETS	
69	286	355	34	1.41	0.13	COSMO-2,2
134	14991	15125				
203	15277	15480				
87	128	215	43	0.63	0.26	COSMO-6,6
115	12998	13113				
202	13126	13328				
40	57	97	15	0.22	0.12	ICON-DWD
224	23983	24207				
264	24040	24304				
115	116	231	44	0.44	0.30	Complex
149	23472	23621				
264	23588	23852				
53	89	142	20	0.34	0.15	ICON-Ru
211	23951	24162				
264	24040	24304				

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

			Pred	klt	ETS	
0	7	7	0	1.00	0.00	COSMO-2,2
7	15466	15473				
7	15473	15480				
0	1	1	0	0.17	0.00	COSMO-6,6
6	13321	13327				
6	13322	13328				
0	5	5	0	0.62	0.00	ICON-DWD
8	24291	24299				
8	24296	24304				
0	5	5	0	0.62	0.00	Complex
8	23839	23847				
8	23844	23852				
0	0	0	0	0.00	0.00	ICON-Ru
8	24296	24304				
8	24296	24304				

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
Май 2025 г.**

СИНОП(КП-68)				ICON-Ru			Комплекс				
				порывы >=12 м/с							
43	210	253		30	42	72	50	49	99		
42	2263	2305	0.12	55	2431	2486	0.22	35	2424	2459	0.36
85	2473	2558		85	2473	2558		85	2473	2558	
				порывы >=18 м/с							
6	46	52		0	2	2	4	4	8		
1	2505	2506	0.11	7	2549	2556	0.00	3	2547	2550	0.36
7	2551	2558		7	2551	2558		7	2551	2558	
				порывы >=24 м/с							
0	3	3		0	0	0	0	2	2		
0	2555	2555	0.00	0	2558	2558	NaN	0	2556	2556	0.00
0	2558	2558		0	2558	2558		0	2558	2558	

Красным цветом выделен критерий ETS

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

СИНОП(КП-68)				ICON-Ru				Комплекс			
				порывы >=12 м/с							
237	371	608		262	204	466		293	153	446	
228	1722	1950	0.17	203	1889	2092	0.30	172	1940	2112	0.39
465	2093	2558		465	2093	2558		465	2093	2558	
				порывы >=18 м/с							
20	89	109		7	13	20		14	19	33	
16	2433	2449	0.15	29	2509	2538	0.14	22	2503	2525	0.25
36	2522	2558		36	2522	2558		36	2522	2558	
				порывы >=24 м/с							
0	3	3		0	1	1		1	3	4	
4	2551	2555	0.00	4	2553	2557	0.00	3	2551	2554	0.14
4	2554	2558		4	2554	2558		4	2554	2558	

Красным цветом выделен критерий ETS