

Оценки прогнозов приземных метеорологических полей, рассчитанные для различных гидродинамических моделей по синоптическим станциям Европейской территории РФ за период: декабрь 2024 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.

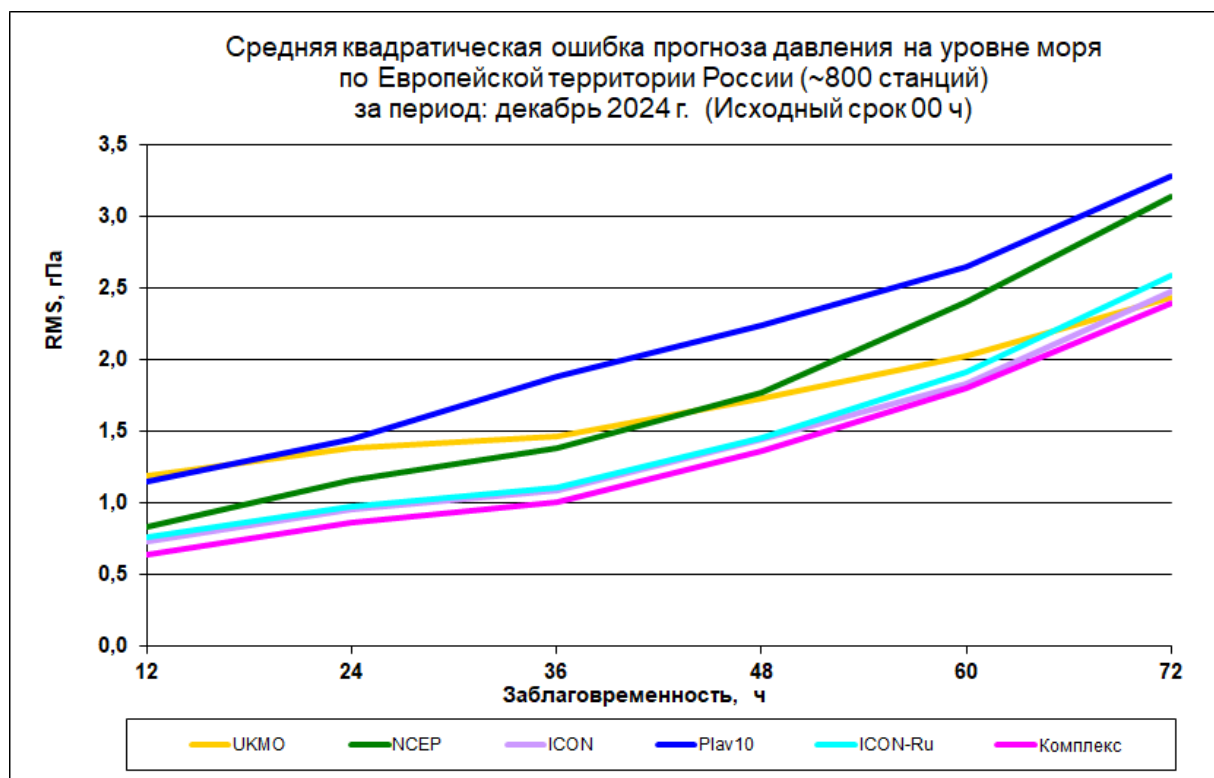
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки $\sim 6,5$ км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

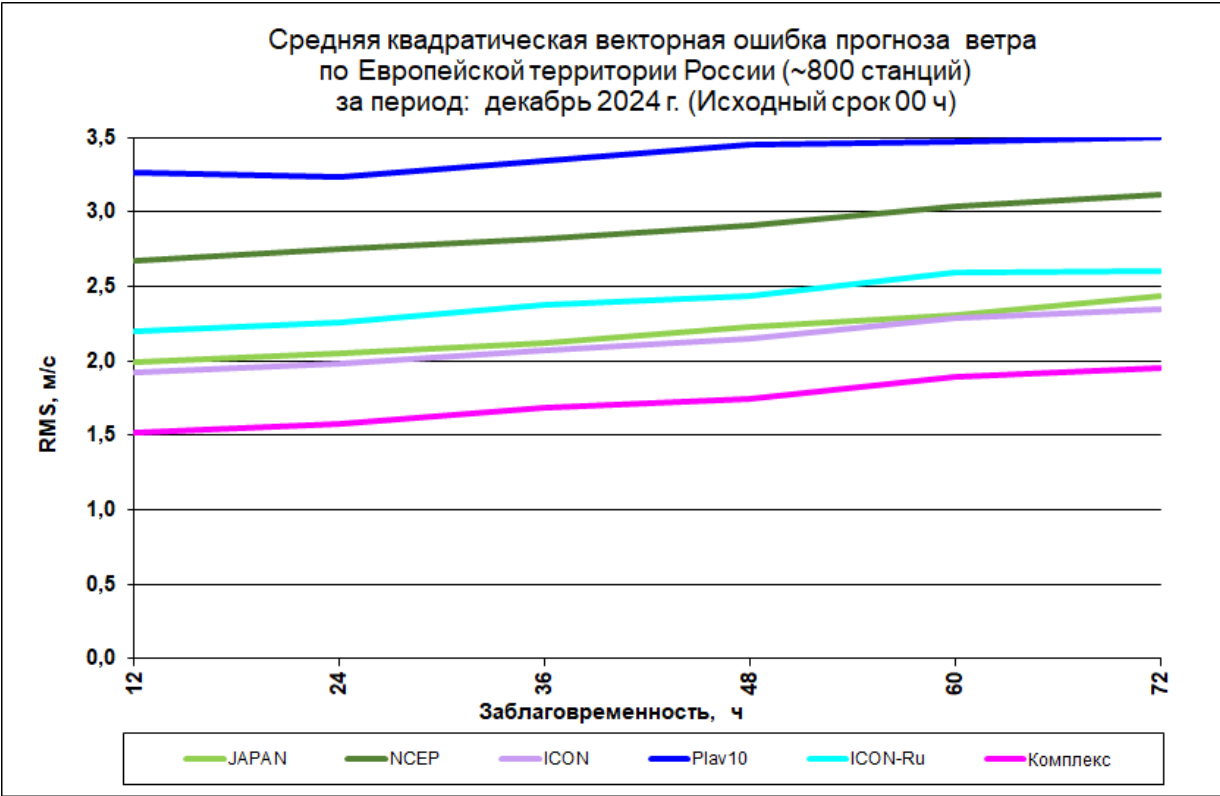
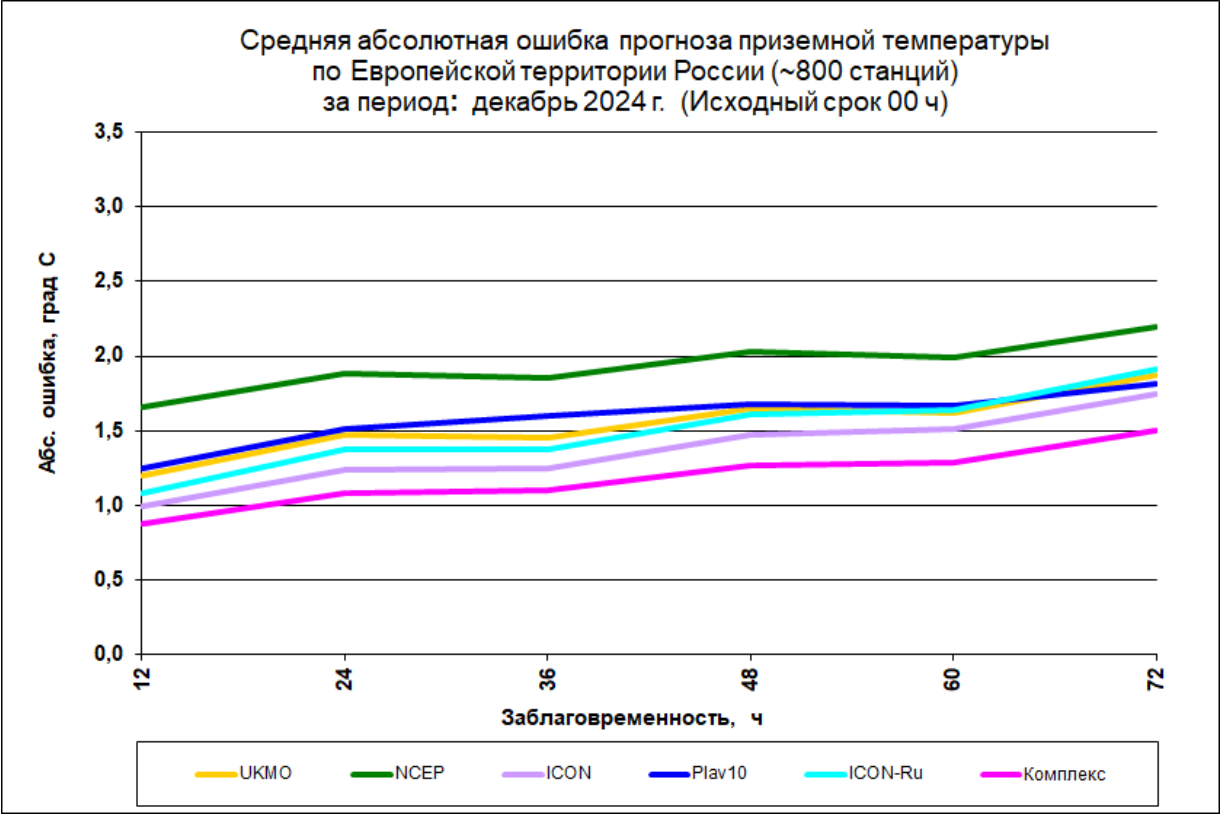
Мезометеорологические модели:

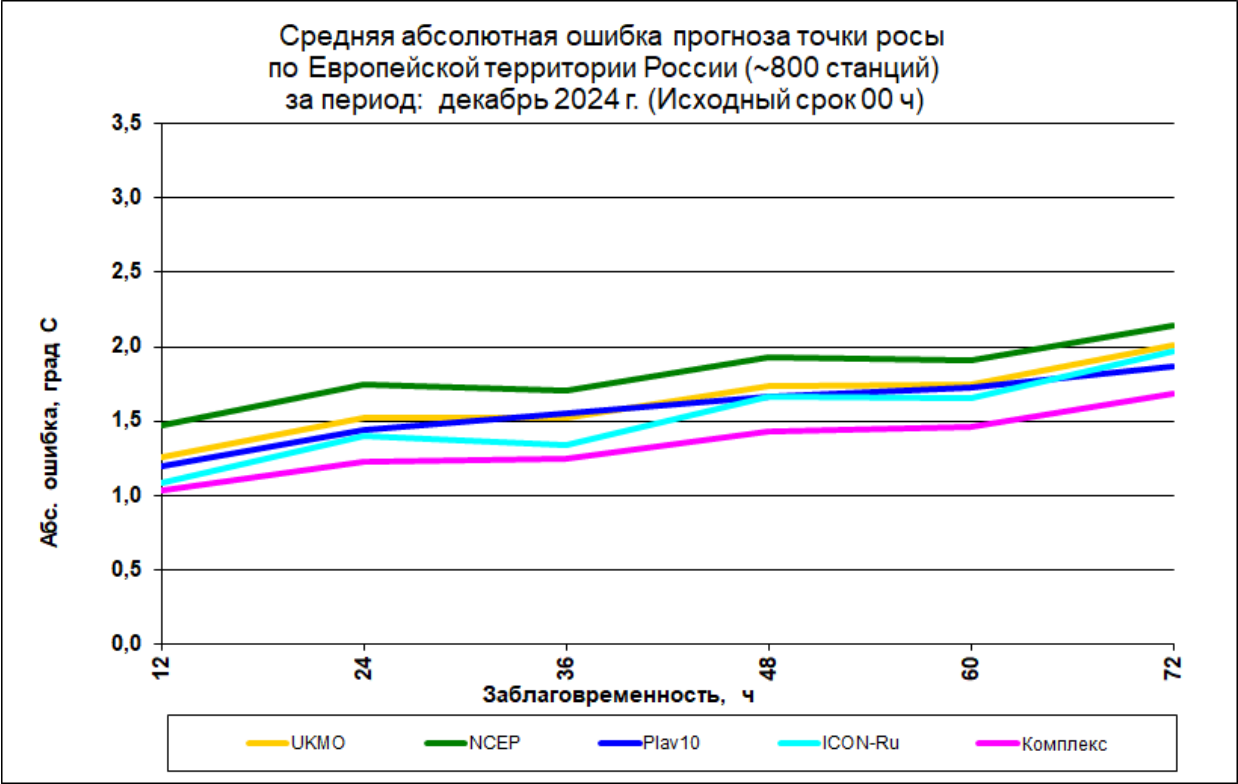
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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: декабрь 2024 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	88	91	84	86	87	72	0	0,1	0,5	6067
NCEP	85	91	80	77	90	81	0	0,6	0,8	5872
ICON	88	96	81	82	86	74	0	0,0	0,4	6067
JAPAN	88	93	82	86	85	65	0	0,0	0,5	6067
France	89	94	84	87	87	69	0	0,0	0,5	6067
Canada	87	83	91	90	86	72	0	0,2	0,6	6067
PLAV10	90	92	86	88	91	58	0	0,2	0,5	1750
COSMO-6,6	88	92	86	86	86	59	0	0,1	0,5	3775
COSMO-2,2	86	94	82	82	79	77	0	0,1	0,5	3758
ICON-Ru	88	96	81	83	84	72	0	0,0	0,4	5142
Complex	87	96	80	79	89	84	0	0,3	0,6	6067
Кол-во случаев по градам		2347	1066	1723	844	85	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: декабрь 2024 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	88	87	87	82	71	0	0,2	0,6	6051
NCEP	83	89	81	76	85	70	50	0,5	0,8	5854
ICON	87	94	81	83	81	74	0	0,0	0,5	6051
JAPAN	87	91	84	87	79	63	0	0,0	0,5	6051
France	87	90	85	87	80	67	0	0,0	0,5	6051
Canada	85	80	91	91	80	59	0	0,2	0,6	6051
PLAV10	88	90	88	85	86	25	0	0,2	0,5	1742
COSMO-6,6	85	89	83	85	77	61	0	0,1	0,6	3761
COSMO-2,2	85	91	80	81	83	63	0	0,1	0,5	3740
ICON-Ru	87	94	82	84	76	70	0	0,0	0,4	5131
Complex	86	94	81	80	85	77	50	0,2	0,5	6051
Кол-во случаев по градам		2429	1036	1860	635	89	2			

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: декабрь 2024 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	85	89	85	84	83	64	0	0,1	0,6	6051
NCEP	82	88	80	75	86	68	0	0,6	1,0	5855
ICON	85	93	80	81	82	66	0	0,0	0,6	6051
JAPAN	85	91	82	83	82	61	0	0,1	0,6	6051
France	86	90	85	84	85	71	0	0,1	0,6	6051
Canada	85	81	91	89	81	59	0	0,1	0,7	6051
PLAV10	88	91	88	85	88	46	0	0,0	0,6	1735
COSMO-6,6	83	85	84	83	82	70	0	0,2	0,8	3577
COSMO-2,2	82	88	82	79	77	63	0	0,1	0,7	3757
ICON-Ru	85	94	80	79	81	61	0	0,0	0,6	5129
Complex	85	93	79	78	86	72	0	0,3	0,7	6051
Кол-во случаев по градациям		2276	1037	1737	912	87	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 $ar=((N11+N12)*(N11+N21))/N00$;

$BX=(v-v_0)/(1-v_0)$ – критерий Н.А.Багрова-Хайдке (для редких явлений), где

$v=(N11+N22)/N00$, $v_0=(m1+m2)/N00$, $m1=(N10 \times N01)/N00$, $m2=(N20 \times N02)/N00$;

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). Декабрь 2024

			Pred	kLT	ETS	
2126	1685	3811	77	0.61	0.42	France
652	19836	20488				
2778	21521	24299				
1176	1116	2292	74	0.70	0.38	Cosmo-6,6
412	12753	13165				
1588	13869	15457				
980	563	1543	62	0.36	0.41	Cosmo-2,2
604	13123	13727				
1584	13686	15270				
1552	923	2475	61	0.37	0.40	ICON-Ru
972	17272	18244				
2524	18195	20719				
1175	443	1618	42	0.16	0.33	ICON (DWD)
1603	21078	22681				
2778	21521	24299				
2109	1043	3152	76	0.38	0.51	Complex
648	19716	20364				
2757	20759	23516				

**Евр.терр.России (~800 стан). Оценка прогнозов порывов ветра
на 12 час ($W \geq 18$ м/с) . Декабрь 2024**

			Pred	kLT	ETS	
95	172	267	37	0.68	0.22	France
159	23873	24032				
254	24045	24299				
60	107	167	44	0.78	0.24	Cosmo-6,6
77	15213	15290				
137	15320	15457				
42	63	105	32	0.47	0.21	Cosmo-2,2
91	15074	15165				
133	15137	15270				
68	97	165	28	0.40	0.20	ICON-Ru
174	20380	20554				
242	20477	20719				
64	71	135	25	0.28	0.19	ICON (DWD)
190	23974	24164				
254	24045	24299				
167	245	412	67	0.98	0.33	Complex
83	23021	23104				
250	23266	23516				

**Евр.терр.России (~800 стан). Оценка прогнозов порывов ветра
на 12 час ($W \geq 24$ м/с) . Декабрь 2024**

			Pred	kLT	ETS	
1	2	3	3	0.06	0.03	France
31	24265	24296				
32	24267	24299				
1	7	8	6	0.39	0.04	Cosmo-6,6
17	15432	15449				
18	15439	15457				
1	5	6	6	0.28	0.04	Cosmo-2,2
17	15247	15264				
18	15252	15270				
1	6	7	4	0.21	0.03	ICON-Ru
27	20685	20712				
28	20691	20719				
2	2	4	6	0.06	0.06	ICON(DWD)
30	24265	24295				
32	24267	24299				
10	47	57	33	1.57	0.13	Complex
20	23439	23459				
30	23486	23516				

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 Cosmo-Ru и Комплексного прогноза.

**Россия (83 адм. центр). Оценка прогнозов порывов ветра на ~24 ч
Декабрь 2024 г.**

СИНОП(КП-68)	ICON-Ru	Комплекс
порывы ≥ 12 м/с		
154 225 379	112 89 201	178 115 293
78 2082 2160 0.28	120 2218 2338 0.31	54 2192 2246 0.47
232 2307 2539	232 2307 2539	232 2307 2539
порывы ≥ 18 м/с		
23 68 91	7 13 20	20 14 34
8 2440 2448 0.22	24 2495 2519 0.16	11 2494 2505 0.44
31 2508 2539	31 2508 2539	31 2508 2539
порывы ≥ 24 м/с		
3 4 7	1 0 1	4 1 5
2 2530 2532 0.33	4 2534 2538 0.20	1 2533 2534 0.67
5 2534 2539	5 2534 2539	5 2534 2539

Красным цветом выделен критерий ETS

**Россия (83 адм. центр). Оценка прогнозов порывов ветра на ~36 ч
Декабрь 2024 г.**

СИНОП(КП-68)	ICON-Ru	Комплекс
порывы ≥ 12 м/с		
185 257 442	157 130 287	222 148 370
100 1997 2097 0.28	128 2124 2252 0.33	63 2106 2169 0.46
285 2254 2539	285 2254 2539	285 2254 2539
порывы ≥ 18 м/с		
17 62 79	6 12 18	19 23 42
9 2451 2460 0.19	20 2501 2521 0.16	7 2490 2497 0.39
26 2513 2539	26 2513 2539	26 2513 2539
порывы ≥ 24 м/с		
3 1 4	1 0 1	2 4 6
1 2534 2535 0.60	3 2535 2538 0.25	2 2531 2533 0.25
4 2535 2539	4 2535 2539	4 2535 2539

Красным цветом выделен критерий ETS