

Оценки прогнозов приземных метеорологических полей, рассчитанные для различных гидродинамических моделей по синоптическим станциям Европейской территории РФ за период: июль 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 $1^\circ \times 1^\circ$);
- NCEP - Метеорологический центр США (сетка $0,5^\circ \times 0,5^\circ$);
- ICON - Метеорологический центр ФРГ (сетка $0,25^\circ \times 0,25^\circ$);
- JAPAN – Метеорологический центр Японии (сетка $0,25^\circ \times 0,25^\circ$);
- PLAV10 – полулагранжева модель с разрешением ~ 10 км (ФГБУ «Гидрометцентр России», автор М.А. Толстых);

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

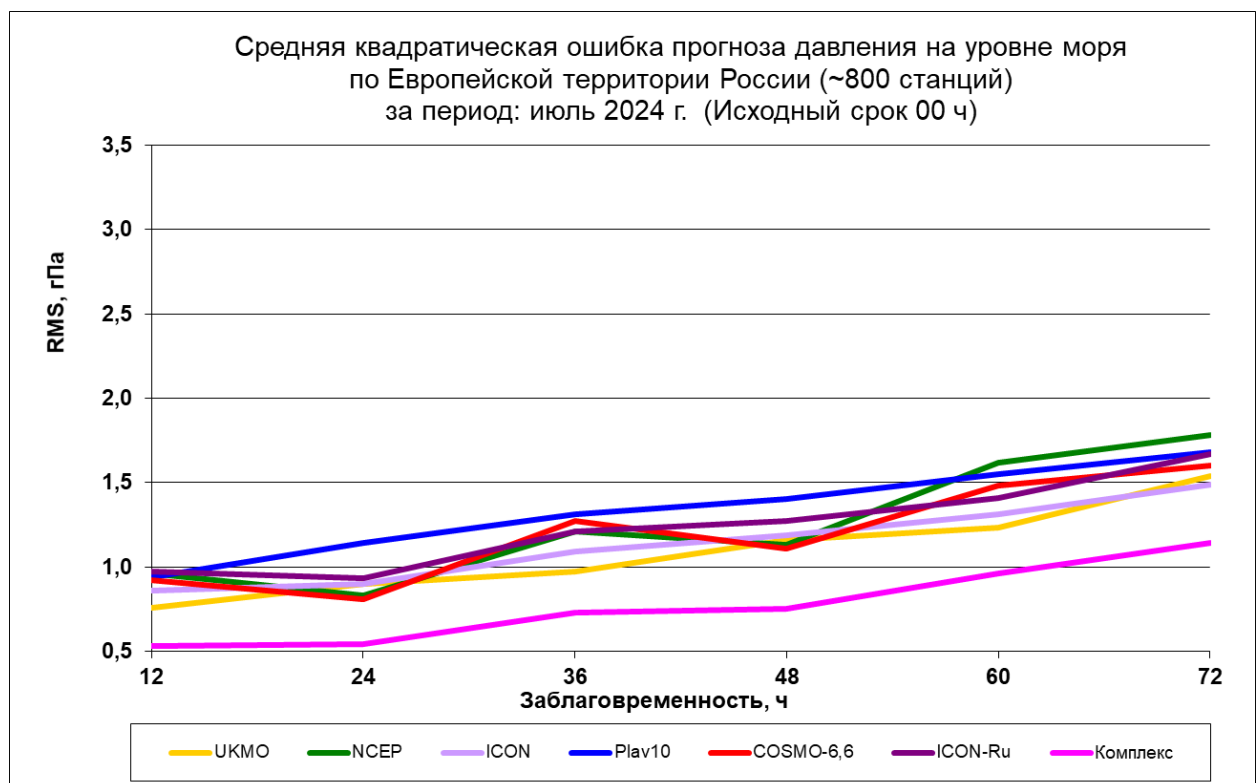
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки $\sim 6,5$ км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

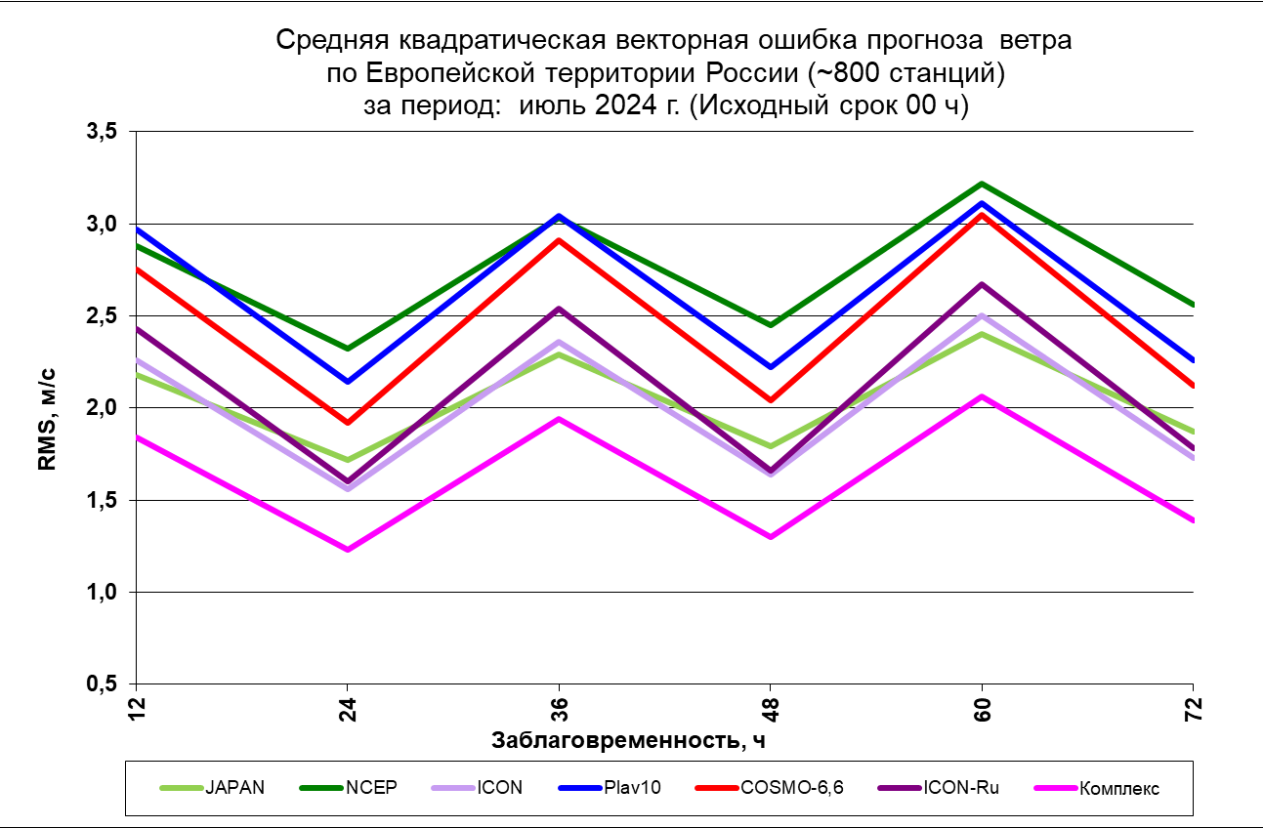
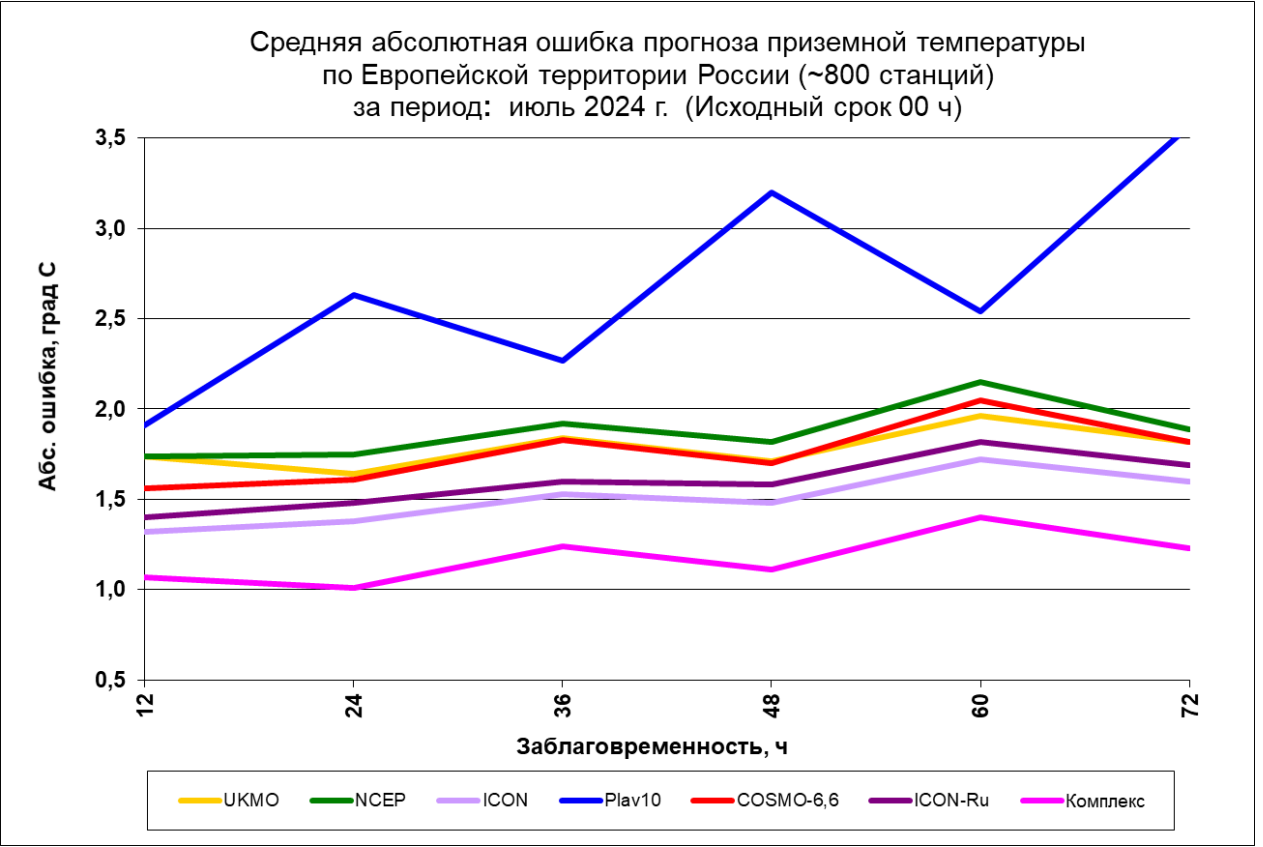
Мезометеорологические модели:

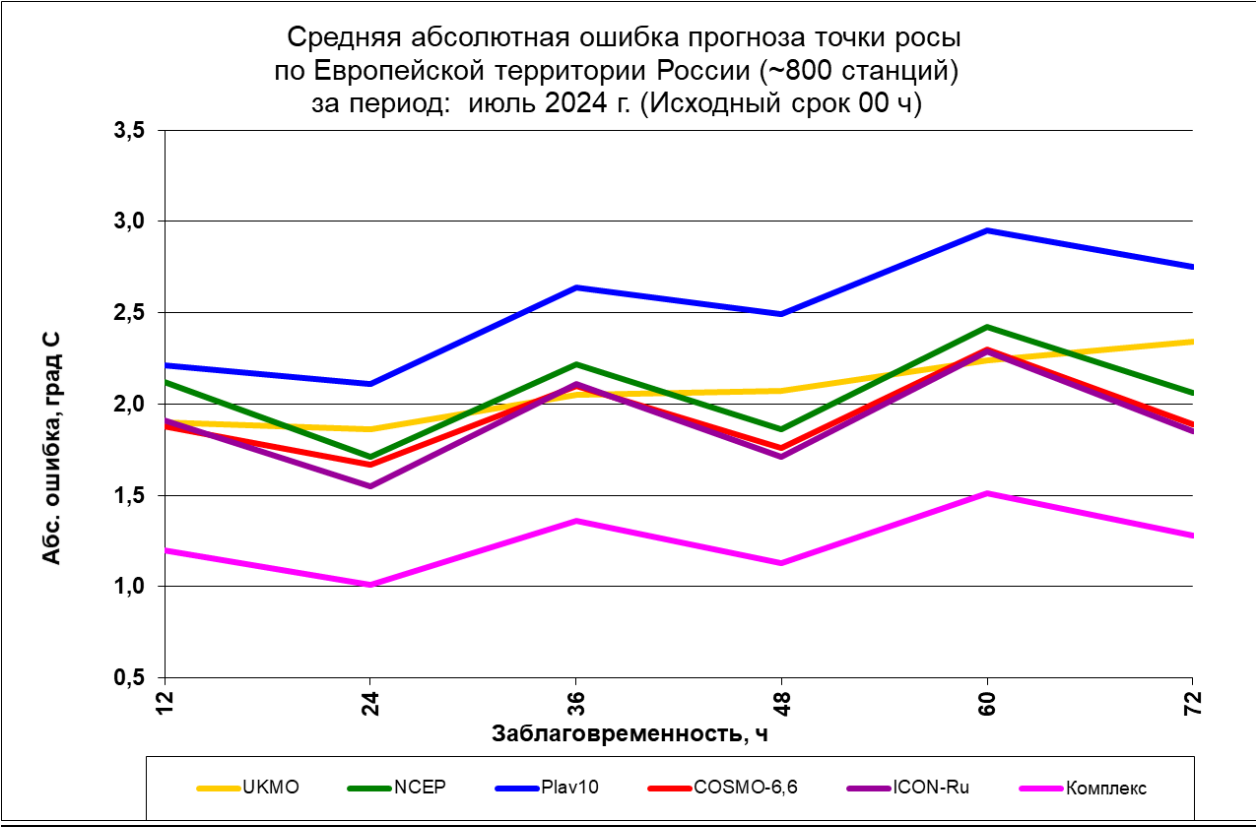
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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: июль 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: 3-9; снег: 2-5)	Сильные (дождь: 10-29; снег: 6-15)	Очень сильные (дождь: ≥ 30 ; снег: ≥ 16)	δ	$ \delta $	
UKMO	77	80	64	68	78	54	7	0,9	2,1	6436
NCEP	73	78	53	59	77	60	15	2,1	3,0	6436
ICON	84	90	74	74	75	38	0	-0,1	1,5	6436
JAPAN	82	88	72	73	72	46	0	0,0	1,6	6436
ECMWF	83	91	78	78	60	28	0	-0,7	1,4	6436
France	85	91	76	74	75	38	0	-0,3	1,4	6436
Canada	83	89	76	78	66	32	0	-0,4	1,4	6436
PLAV10	75	76	69	77	75	36	0	0,0	1,7	6436
COSMO-6,6	83	92	74	75	61	35	0	-0,4	1,4	5052
ICON-Ru	85	92	75	77	66	29	0	-0,4	1,3	6039
Complex	86	93	78	78	76	36	0	-0,4	1,3	6436
Кол-во случаев по градациям		4243	405	800	832	129	27			

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

Оценка прогноза осадков на 30 часов (мм/12ч).
Европейская территория России, 1-ая метеозона (~245 стан).
за период: июль 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: 3-9; снег: 2-5)	Сильные (дождь: 10-29; снег: 6-15)	Очень сильные (дождь: ≥ 30 ; снег: ≥ 16)	δ	$ \delta $	
UKMO	83	88	68	67	66	57	0	0,9	1,7	6197
NCEP	79	83	66	67	72	50	8	1,0	1,8	6197
ICON	88	94	74	74	69	49	0	0,0	0,9	6197
JAPAN	87	92	76	77	70	40	0	-0,2	0,9	6197
ECMWF	88	96	75	71	56	27	0	-0,5	0,9	6197
France	86	92	71	74	68	41	0	0,0	1,1	6197
Canada	85	91	71	74	65	34	0	0,0	1,2	6197
PLAV10	85	91	75	72	62	34	0	-0,1	1,1	6197
COSMO-6,6	85	94	71	66	55	39	0	0,1	1,3	4808
ICON-Ru	88	95	74	70	68	45	11	-0,1	0,9	5815
Complex	90	96	79	77	68	46	0	-0,3	0,8	6197
Кол-во случаев по градациям		4618	298	660	518	91	12			

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

Оценка прогноза осадков на 42 часов (мм/12ч).
Европейская территория России, 1-ая метеозона (~245 стан).
за период: июль 2024 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость δ , %							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: 3-9; снег: 2-5)	Сильные (дождь: 10-29; снег: 6-15)	Очень сильные (дождь: ≥ 30 ; снег: ≥ 16)	δ	$ \delta $	
UKMO	74	77	64	66	76	47	4	1,4	2,7	5818
NCEP	73	78	56	58	76	50	12	2,0	3,1	6219
ICON	82	89	74	73	72	37	0	-0,1	1,6	6219
JAPAN	81	88	72	74	68	36	0	-0,1	1,6	6219
ECMWF	82	90	76	80	57	22	0	-0,8	1,4	6219
France	83	91	71	72	69	36	0	-0,3	1,5	6219
Canada	81	87	72	79	65	30	4	-0,4	1,5	6219
PLAV10	75	78	63	72	75	32	4	0,1	1,9	6219
COSMO-6,6	81	89	73	72	63	36	0	-0,2	1,8	4844
ICON-Ru	83	90	77	75	67	35	0	-0,3	1,5	5837
Complex	85	93	78	78	70	29	0	-0,6	1,3	6219
Кол-во случаев по градам		3753	371	755	793	121	25			

P - общая оправдываемость прогноза; δ - средняя арифметическая ошибка; $|\delta|$ - 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)

			Pred	kLT	ETS	
747	693	1440	31	0.29	0.21	
1645	21219	22864				France
2392	21912	24304				
1316	3337	4653	68	1.73	0.18	
615	13867	14482				Cosmo-6,6
1931	17204	19135				
1009	1224	2233	45	0.55	0.24	
1218	19421	20639				ICON-Ru
2227	20645	22872				
743	636	1379	31	0.27	0.21	
1649	21276	22925				ICON(DWD)
2392	21912	24304				
1176	916	2092	49	0.38	0.31	
1215	20613	21828				Компл4
2391	21529	23920				

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

			Pred	kLT	ETS	
8	15	23	5	0.10	0.05	
148	24133	24281				France
156	24148	24304				
24	126	150	17	0.91	0.09	
114	18871	18985				Cosmo-6,6
138	18997	19135				
11	34	45	8	0.24	0.06	
128	22699	22827				ICON-Ru
139	22733	22872				
5	10	15	3	0.06	0.03	
151	24138	24289				ICON(DWD)
156	24148	24304				
32	54	86	21	0.35	0.15	
124	23710	23834				Компл4
156	23764	23920				

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

			Pred	kLT	ETS	
0	0	0	0	0	0	
12	24292	24304				France
12	24292	24304				
0	0	0	0	0	0	
12	19123	19135				Cosmo-6,6
12	19123	19135				
0	0	0	0	0	0	
12	22860	22872				ICON-Ru
12	22860	22872				
0	0	0	0	0	0	
12	24292	24304				ICON(DWD)
12	24292	24304				
0	1	1	0	0.08	0	
12	23907	23919				Компл4
12	23908	23920				

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 (82 адм. центр). Оценка прогнозов порывов ветра на ~24 ч
Июль 2024 г.**

СИНОП(КП-68)			ICON-Ru			Комплекс		
			порывы ≥ 12 м/с					
33	183	216	14	109	123	21	13	34
12	2283	2295	31	2357	2388	24	2453	2477
45	2466	2511	45	2466	2511	45	2466	2511
			порывы ≥ 18 м/с					
4	40	44	1	0	1	4	0	4
2	2465	2467	5	2505	2510	2	2505	2507
6	2505	2511	6	2505	2511	6	2505	2511
			порывы ≥ 24 м/с					
0	2	2	0	0	0	0	0	0
0	2509	2509	0	2511	2511	0	2511	2511
0	2511	2511	0	2511	2511	0	2511	2511

красным цветом – это критерий ETS

**Россия (82 адм. центр). Оценка прогнозов порывов ветра на ~36 ч
Июль 2024 г.**

СИНОП(КП-68)			ICON-Ru			Комплекс		
			порывы ≥ 12 м/с					
138	420	558	123	440	563	125	81	206
101	1852	1953	116	1832	1948	114	2191	2305
239	2272	2511	239	2272	2511	239	2272	2511
			порывы ≥ 18 м/с					
3	73	76	2	14	16	2	4	6
12	2423	2435	13	2482	2495	13	2492	2505
15	2496	2511	15	2496	2511	15	2496	2511
			порывы ≥ 24 м/с					
0	2	2	0	0	0	0	0	0
1	2508	2509	1	2510	2511	1	2510	2511
1	2510	2511	1	2510	2511	1	2510	2511

красным цветом – это критерий ETS