

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

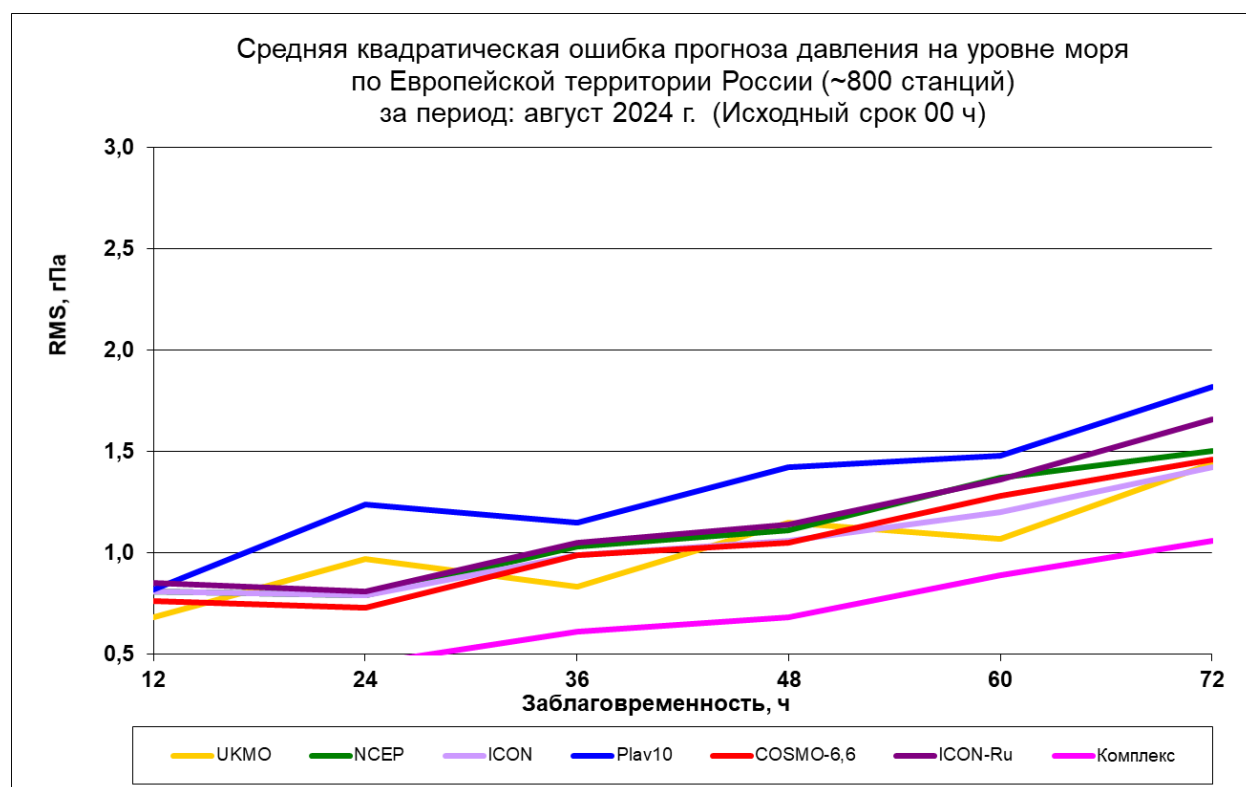
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки $\sim 6,5$ км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

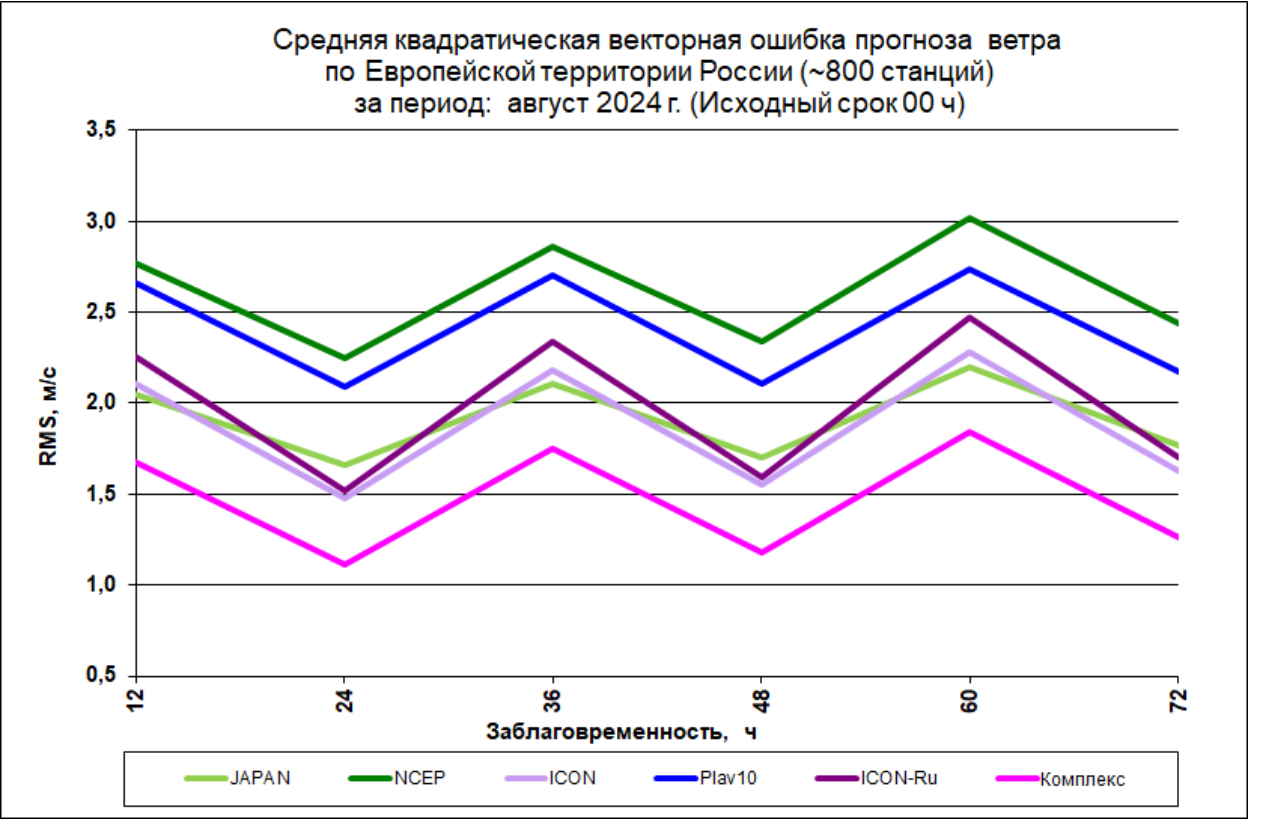
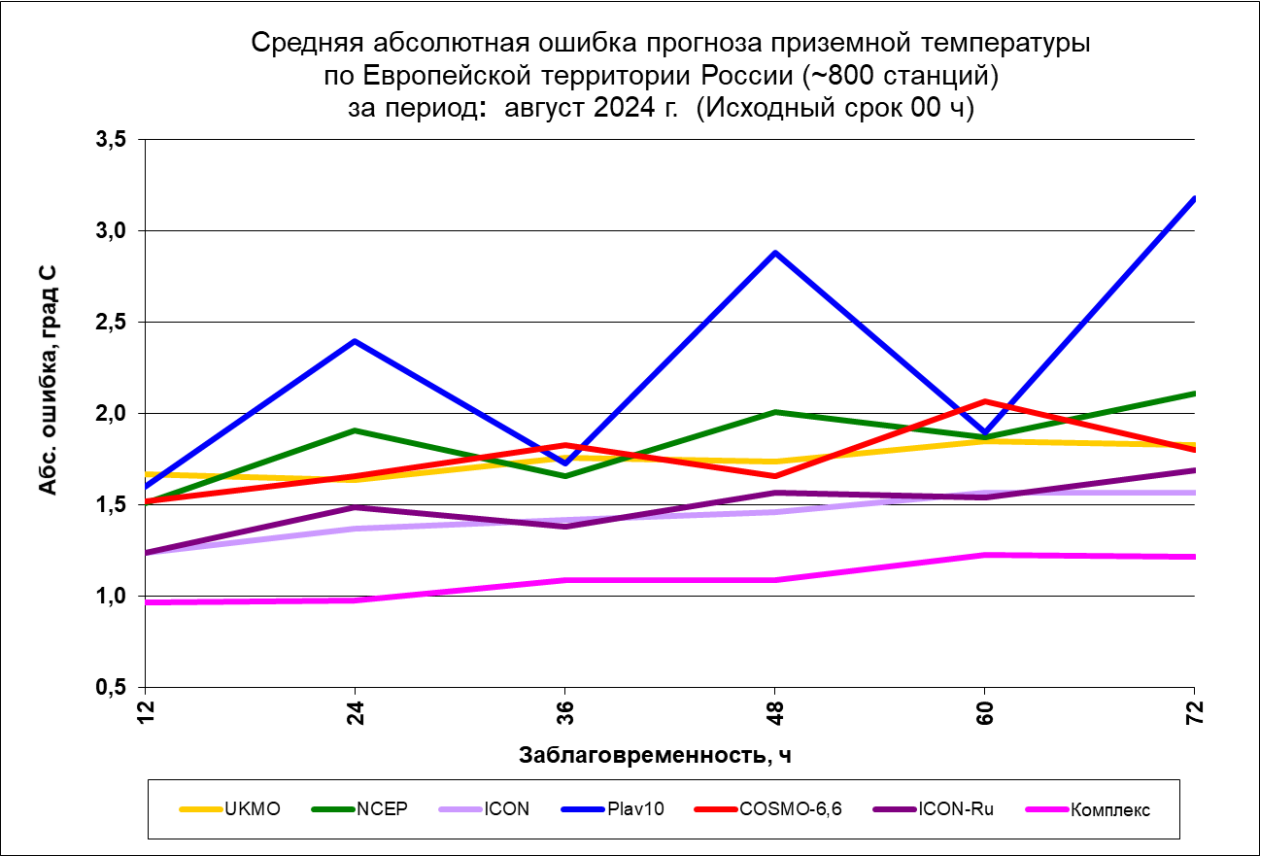
Мезометеорологические модели:

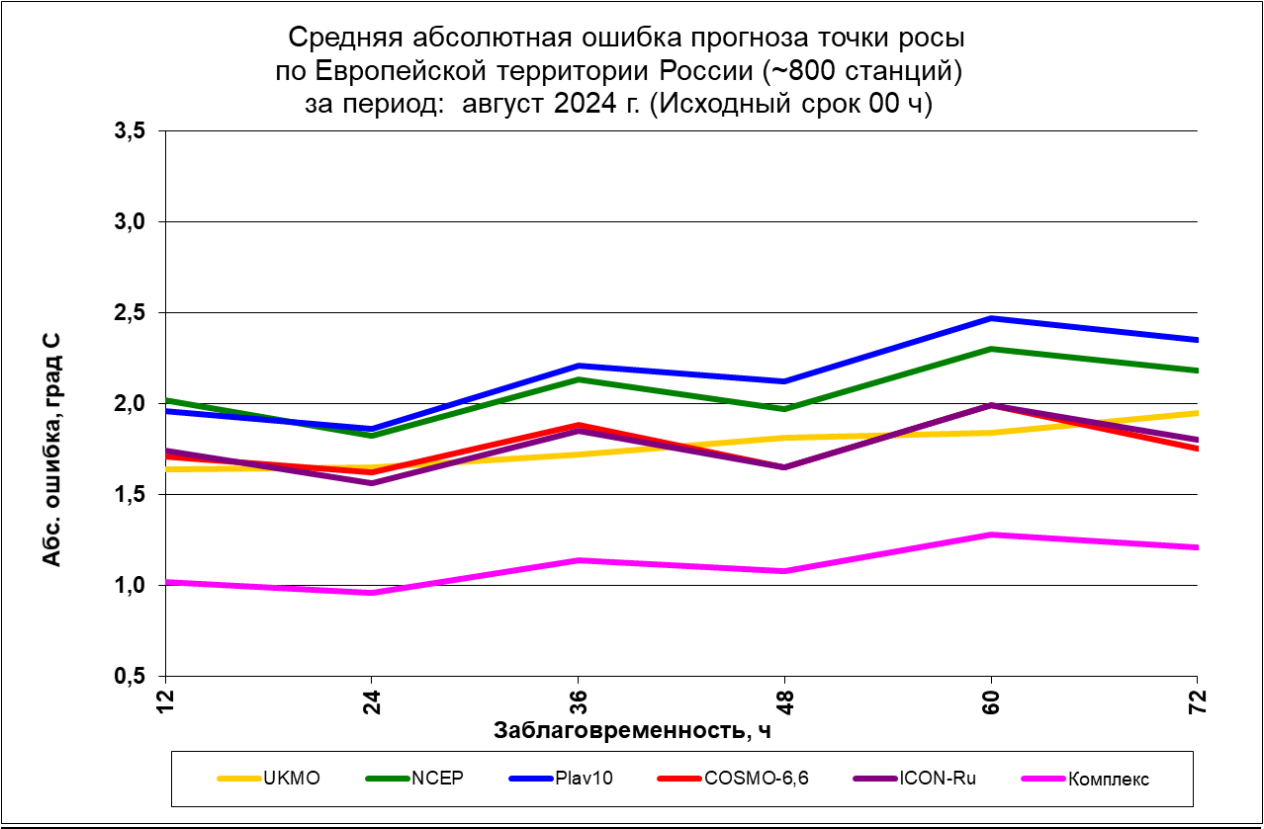
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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 (P, %) прогноза количества твердых осадков (мм/12 ч)

Прогноз количества осадков (мм/12 ч)	P(%) 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 (P), 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: август 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	δ	
UKMO	80	85	62	68	82	59	0	0,8	1,5	6419
NCEP	77	83	53	59	79	58	29	1,7	2,3	6206
ICON	87	93	77	78	70	38	7	-0,1	0,9	6206
JAPAN	86	92	75	77	66	34	0	-0,2	1,0	6419
ECMWF	86	92	81	83	54	18	0	-0,4	1,0	6206
France	86	92	76	77	71	34	0	-0,1	1,0	6419
Canada	86	92	80	80	62	39	0	-0,2	1,0	6419
PLAV10	81	84	78	82	70	29	0	0,0	1,1	6419
COSMO-6,6	87	95	74	74	63	32	8	-0,2	0,9	5594
ICON-Ru	88	94	77	76	67	35	7	-0,2	0,9	5826
Complex	88	94	76	78	73	38	0	-0,2	0,9	6419
Кол-во случаев по градациям		4466	393	875	607	64	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: август 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	δ	
UKMO	88	92	74	71	69	54	0	0,4	1,0	6392
NCEP	85	89	70	68	72	57	0	0,6	1,1	6186
ICON	90	95	77	71	70	49	0	0,0	0,7	6186
JAPAN	89	93	80	76	66	44	0	0,0	0,7	6392
ECMWF	90	96	78	73	58	28	0	-0,3	0,6	6186
France	89	93	73	77	67	46	0	0,0	0,7	6392
Canada	86	90	75	73	61	51	17	0,2	0,9	6392
PLAV10	88	93	83	76	63	46	0	0,0	0,7	6392
COSMO-6,6	90	96	75	64	59	46	0	0,0	0,7	5565
ICON-Ru	90	95	79	70	69	43	0	0,0	0,7	5805
Complex	91	96	81	75	69	48	0	-0,2	0,6	6391
Кол-во случаев по градациям		5091	256	639	344	56	6			

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: август 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	δ	
UKMO	77	81	64	67	78	59	0	0,9	1,6	6413
NCEP	79	84	60	61	73	58	8	1,6	2,2	6205
ICON	86	92	74	77	68	37	0	0,0	1,0	6205
JAPAN	85	91	72	76	62	29	0	-0,1	1,1	6413
ECMWF	86	92	81	82	57	22	0	-0,4	0,9	6205
France	86	92	75	78	66	38	0	-0,1	1,0	6413
Canada	85	90	76	79	60	29	0	-0,2	1,0	6413
PLAV10	79	83	70	75	70	34	0	0,2	1,2	6413
COSMO-6,6	86	94	76	76	55	22	0	-0,3	1,1	5590
ICON-Ru	87	93	74	77	64	33	0	-0,1	1,0	5824
Complex	87	93	78	79	66	35	0	-0,3	0,9	6412
Кол-во случаев по градациям		4575	383	832	545	64	14			

P - общая оправдываемость прогноза; δ - средняя арифметическая ошибка; |δ| - 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
862	491	1353	39	0.22	0.29
1337	21593	22930			
2199	22084	24283			France
1320	2425	3745	63	1.16	0.24
764	16641	17405			Cosmo-6,6
2084	19066	21150			
875	829	1704	47	0.44	0.29
996	19436	20432			ICON-Ru
1871	20265	22136			
853	526	1379	41	0.25	0.29
1236	20884	22120			ICON(DWD)
2089	21410	23499			
1292	845	2137	59	0.38	0.39
904	21000	21904			Компл4
2196	21845	24041			

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

			Pred	kLT	ETS	
8	4	12	7	0.04	0.07	
101	24170	24271				France
109	24174	24283				
9	34	43	8	0.32	0.06	
98	21009	21107				Cosmo-6,6
107	21043	21150				
16	9	25	17	0.10	0.15	
78	22033	22111				ICON-Ru
94	22042	22136				
10	15	25	10	0.14	0.08	
94	23380	23474				ICON(DWD)
104	23395	23499				
34	35	69	31	0.32	0.24	
74	23898	23972				Компл4
108	23933	24041				

**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	
3	24280	24283				France
3	24280	24283				
0	0	0	0	0	0	
3	21147	21150				Cosmo-6,6
3	21147	21150				
0	1	1	0	0.33	0	
3	22132	22135				ICON-Ru
3	22133	22136				
0	0	0	0	0	0	
3	23496	23499				ICON(DWD)
3	23496	23499				
1	1	2	33	0.33	0.25	
2	24037	24039				Компл4
3	24038	24041				

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
Август 2024 г.**

СИНОП(КП-68)			ICON-Ru			Комплекс		
			порывы ≥ 12 м/с					
29	162	191	8	13	21	22	15	37
11	2354	2365	32	2503	2535	18	2501	2519
40	2516	2556	40	2516	2556	40	2516	2556
			порывы ≥ 18 м/с					
5	33	38	0	0	0	3	2	5
1	2517	2518	6	2550	2556	3	2548	2551
6	2550	2556	6	2550	2556	6	2550	2556
			порывы ≥ 24 м/с					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2556	2556	0	2556	2556	0	2556	2556
0	2556	2556	0	2556	2556	0	2556	2556

красным цветом – это критерий ETS

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

СИНОП(КП-68)			ICON-Ru			Комплекс		
			порывы ≥ 12 м/с					
124	331	455	80	106	186	122	69	191
112	1989	2101	156	2214	2370	114	2251	2365
236	2320	2556	236	2320	2556	236	2320	2556
			порывы ≥ 18 м/с					
5	51	56	2	1	3	4	5	9
4	2496	2500	7	2546	2553	5	2542	2547
9	2547	2556	9	2547	2556	9	2547	2556
			порывы ≥ 24 м/с					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2556	2556	0	2556	2556	0	2556	2556
0	2556	2556	0	2556	2556	0	2556	2556

красным цветом – это критерий ETS