

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

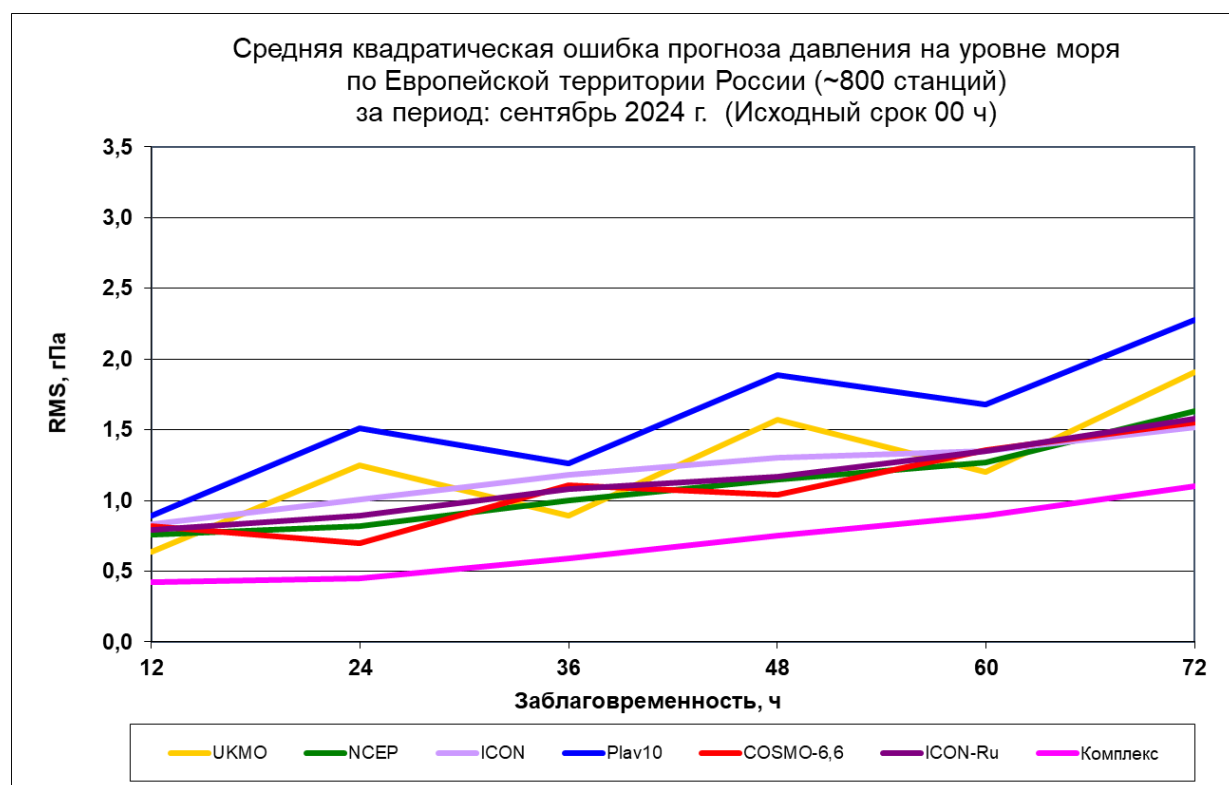
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки $\sim 6,5$ км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

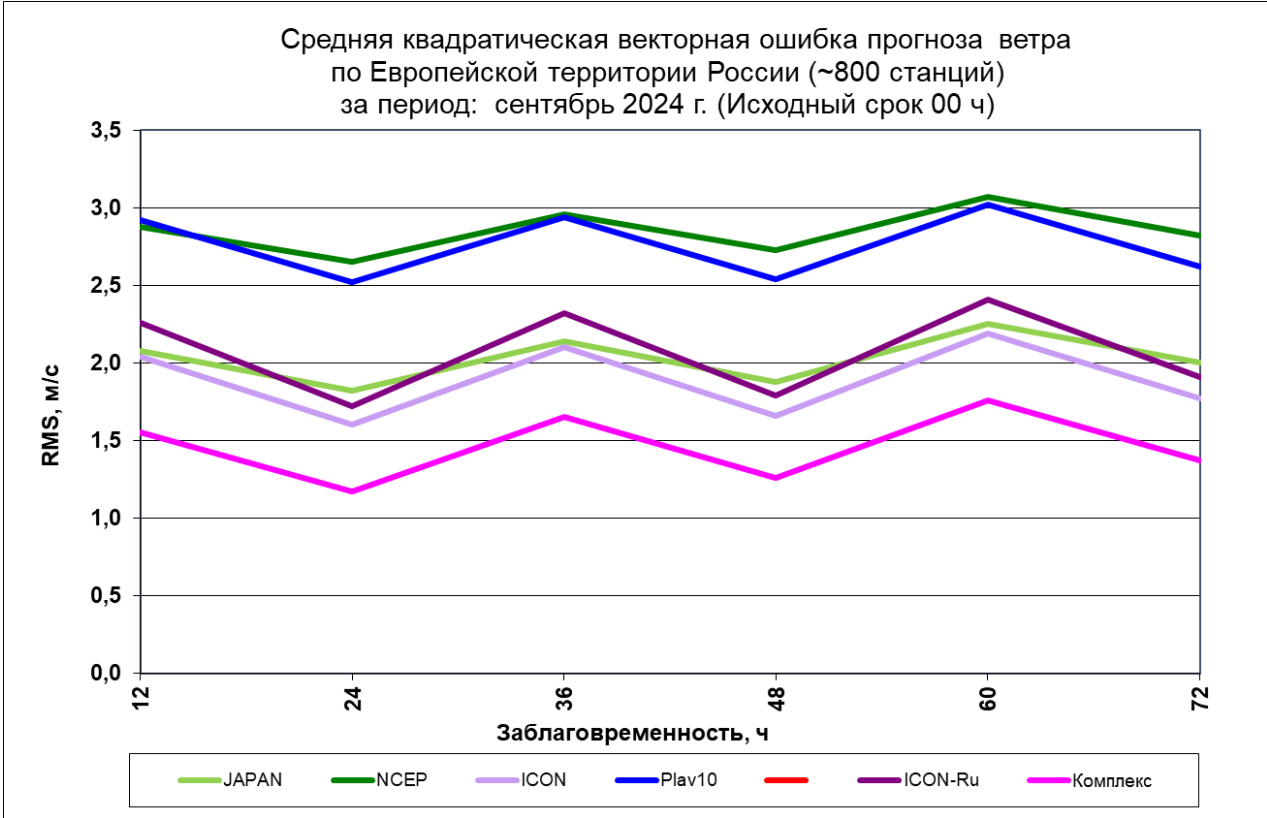
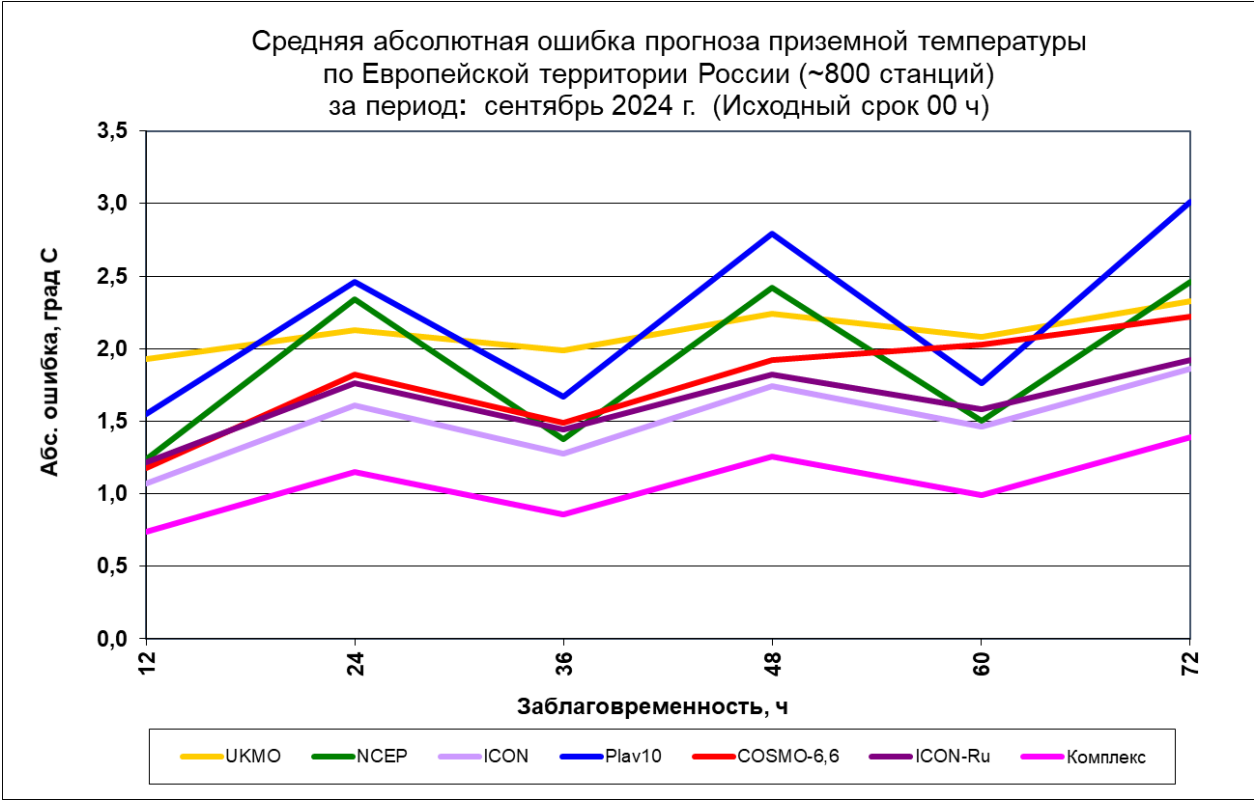
Мезометеорологические модели:

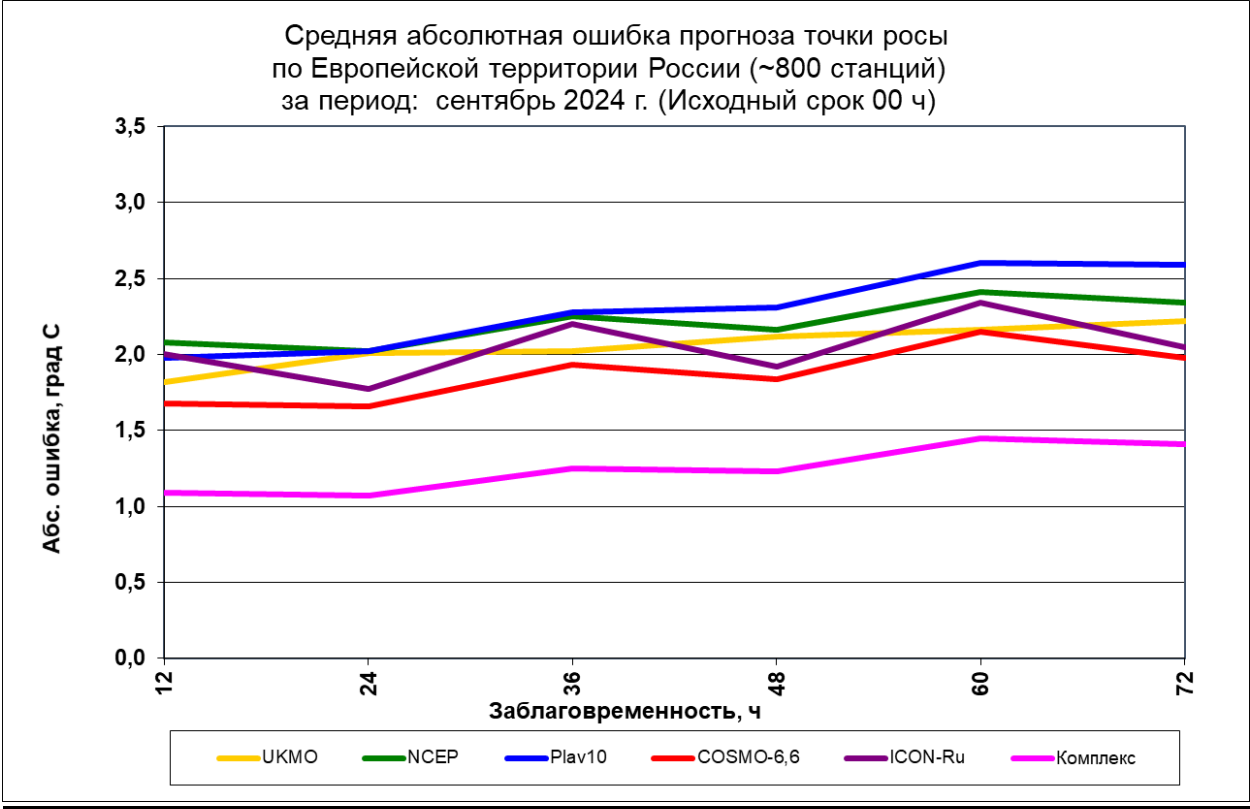
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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: сентябрь 2024 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость ь, %							Ошибки		Общее кол-во прогнозов
	Р	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	92	95	78	75	88	65	0	0,2	0,5	6180
NCEP	91	93	75	72	88	80	0	0,4	0,6	5972
ICON	94	97	76	76	84	54	0	0,0	0,4	6180
JAPAN	93	97	77	74	81	54	0	0,0	0,4	6180
ECMWF	94	98	77	81	68	23	0	-0,2	0,4	5768
France	94	97	79	75	87	50	0	0,0	0,4	6180
Canada	94	97	76	74	82	35	0	0,0	0,5	6180
PLAV10	92	95	80	76	85	50	0	0,1	0,5	6180
COSMO-6,6	94	98	77	70	73	52	0	-0,1	0,4	4943
ICON-Ru	94	98	78	75	82	54	0	0,0	0,4	5988
Complex	95	98	78	74	84	52	0	0,0	0,4	6180
Кол-во случаев по градациям		5130	309	379	332	24	6			

Р - 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: сентябрь 2024 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость ь, %							Ошибки		Общее кол-во прогнозов
	Р	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	92	94	80	77	79	40	0	0,2	0,5	5969
NCEP	93	95	80	75	83	60	0	0,2	0,4	5763
ICON	94	98	81	74	80	43	0	0,0	0,3	5969
JAPAN	94	97	79	73	75	33	0	0,0	0,3	5969
ECMWF	94	98	80	77	62	20	0	-0,2	0,3	5559
France	94	97	80	77	78	40	0	0,0	0,3	5969
Canada	94	97	77	72	75	58	0	0,1	0,4	5969
PLAV10	92	95	80	72	80	57	0	0,1	0,4	5969
COSMO-6,6	94	99	74	71	68	37	0	-0,1	0,4	4939
ICON-Ru	94	97	79	73	79	43	0	0,0	0,3	5775
Complex	95	98	80	77	80	47	0	0,0	0,3	5969
Кол-во случаев по градациям		5067	234	397	255	15	1			

Р - 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: сентябрь 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: 3-14; снег: 2-5)	Сильные (дождь: 15-29; снег: 6-15)	Очень сильные (дождь: >=30; снег: >=16)	δ	$ \delta $	
UKMO	91	94	80	78	82	40	0	0,2	0,6	5970
NCEP	91	94	73	73	83	57	0	0,3	0,6	5559
ICON	93	97	76	73	78	42	0	0,0	0,5	5970
JAPAN	93	97	77	72	75	31	0	0,0	0,5	5970
ECMWF	93	97	79	78	63	29	0	-0,3	0,5	5560
France	92	96	78	74	72	38	0	-0,1	0,5	5970
Canada	92	96	76	72	76	31	0	0,0	0,5	5970
PLAV10	90	93	77	74	81	33	0	0,1	0,6	5970
COSMO-6,6	93	98	79	71	69	39	0	-0,1	0,5	4734
ICON-Ru	93	97	77	73	79	43	0	0,0	0,5	5777
Complex	94	98	78	74	77	33	0	-0,1	0,4	5970
Кол-во случаев по градациям		4948	295	366	331	24	6			

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). Сентябрь 2024

			Pred	kLT	ETS	
2577	1241	3818	72	0.35	0.47	
984	18688	19672				France
3561	19929	23490				
2375	1877	4252	84	0.67	0.43	
438	14102	14540				Cosmo-6,6
2813	15979	18792				
2554	1350	3904	73	0.39	0.46	
924	17947	18871				ICON-Ru
3478	19297	22775				
2144	737	2881	60	0.21	0.44	
1417	19192	20609				ICON(DWD)
3561	19929	23490				
2965	1409	4374	83	0.40	0.53	
595	18297	18892				Компл4
3560	19706	23266				

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

			Pred	kLT	ETS	
139	62	201	48	0.21	0.39	
152	23137	23289				France
291	23199	23490				
99	139	238	52	0.74	0.30	
90	18464	18554				Cosmo-6,6
189	18603	18792				
156	105	261	54	0.36	0.39	
133	22381	22514				ICON-Ru
289	22486	22775				
124	56	180	43	0.19	0.35	
167	23143	23310				ICON(DWD)
291	23199	23490				
229	158	387	79	0.54	0.51	
61	22818	22879				Компл4
290	22976	23266				

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

			Pred	kLT	ETS	
6	6	12	25	0.25	0.20	
18	23460	23478				France
24	23466	23490				
4	2	6	40	0.20	0.33	
6	18780	18786				Cosmo-6,6
10	18782	18792				
12	11	23	50	0.46	0.34	
12	22740	22752				ICON-Ru
24	22751	22775				
6	5	11	25	0.21	0.21	
18	23461	23479				ICON(DWD)
24	23466	23490				
21	42	63	88	1.75	0.32	
3	23200	23203				Компл4
24	23242	23266				

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
Сентябрь 2024 г.**

СИНОП(КП-68)				ICON-Ru			Комплекс		
				порывы ≥ 12 м/с					
66	190	256		50	37	87	71	50	121
29	2188	2217	0.21	45	2341	2386	0.36	24	2328
95	2378	2473		95	2378	2473		95	2378
				порывы ≥ 18 м/с					
5	48	53		1	4	5	3	10	13
1	2419	2420	0.09	5	2463	2468	0.10	3	2457
6	2467	2473		6	2467	2473		6	2467
				порывы ≥ 24 м/с					
0	2	2		0	0	0	0	1	1
0	2471	2471	0,00	0	2473	2473	X	0	2472
0	2473	2473		0	2473	2473		0	2473

красным цветом – это критерий ETS

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

СИНОП(КП-68)				ICON-Ru			Комплекс		
				порывы ≥ 12 м/с					
228	295	523		230	144	374	293	136	429
121	1829	1950	0.27	119	1980	2099	0.40	56	1988
349	2124	2473		349	2124	2473		349	2124
				порывы ≥ 18 м/с					
23	78	101		15	9	24	23	18	41
7	2365	2372	0.21	15	2434	2449	0.38	7	2425
30	2443	2473		30	2443	2473		30	2443
				порывы ≥ 24 м/с					
0	6	6		0	3	3	0	7	7
0	2467	2467	0,00	0	2470	2470	0,00	0	2466
0	2473	2473		0	2473	2473		0	2473

красным цветом – это критерий ETS