

# Оценки прогнозов приземных метеорологических полей, рассчитанные для различных гидродинамических моделей по синоптическим станциям Европейской территории РФ за период: июнь 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  $\sim 10$  км (ФГБУ «Гидрометцентр России», автор М.А. Толстых);

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

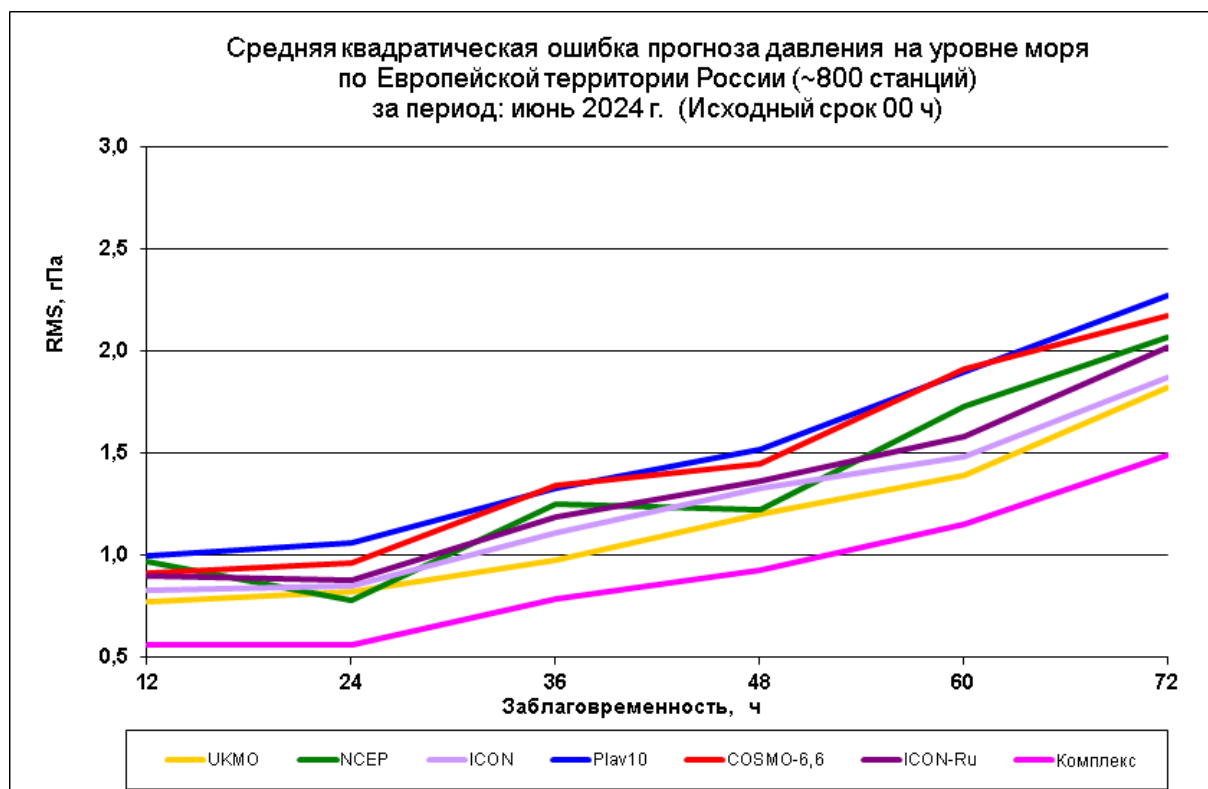
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки  $\sim 6,5$  км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

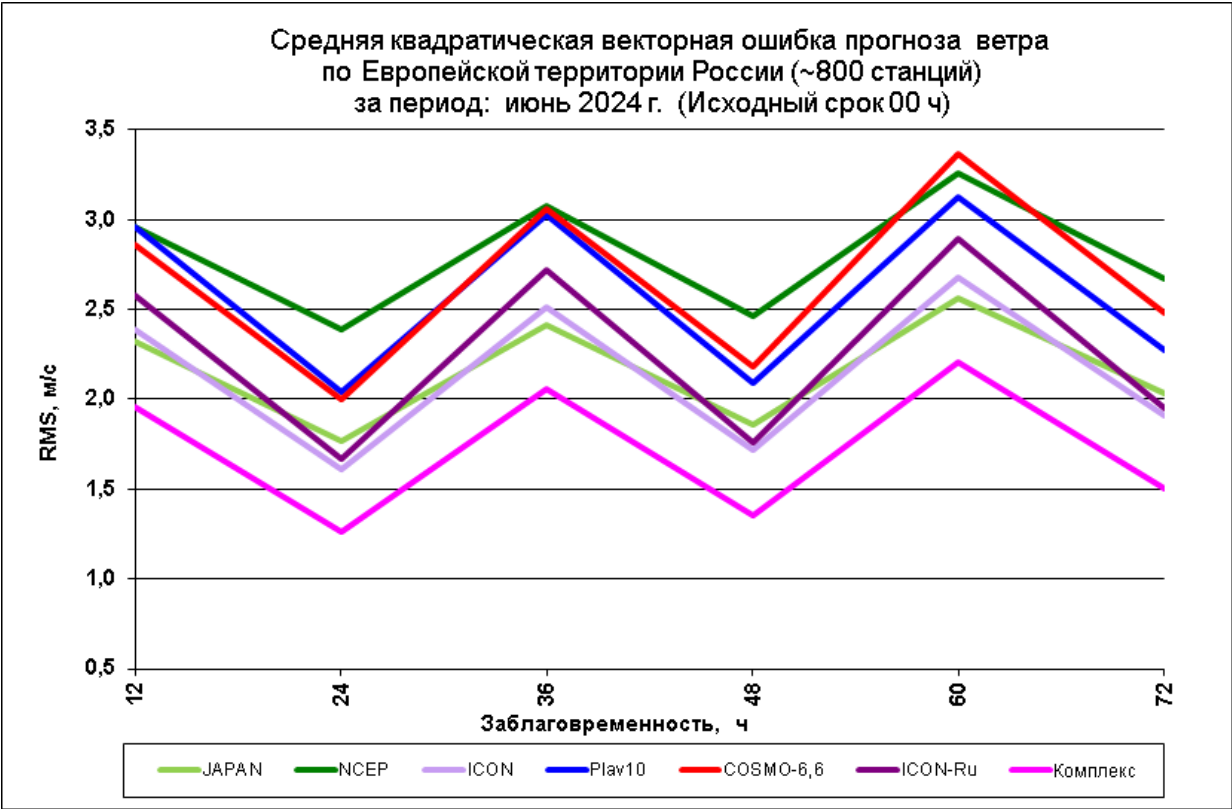
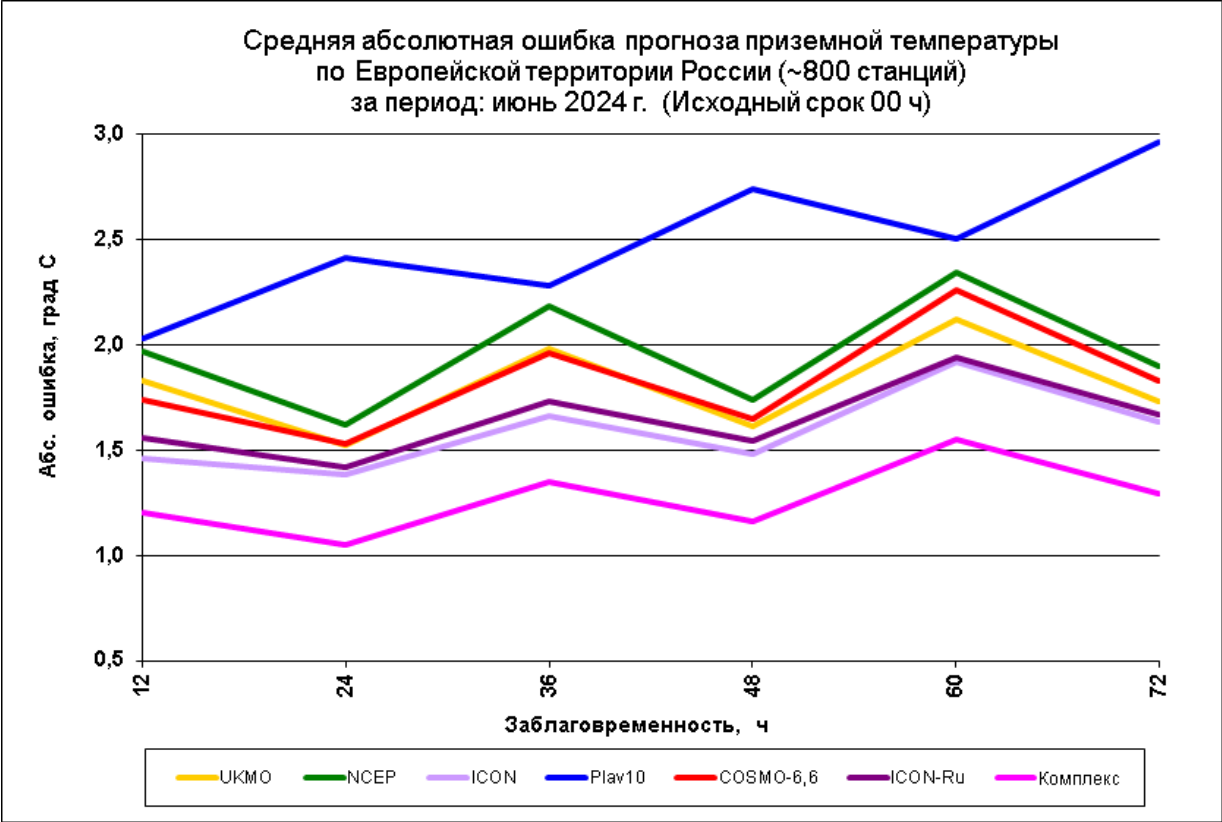
## **Мезометеорологические модели:**

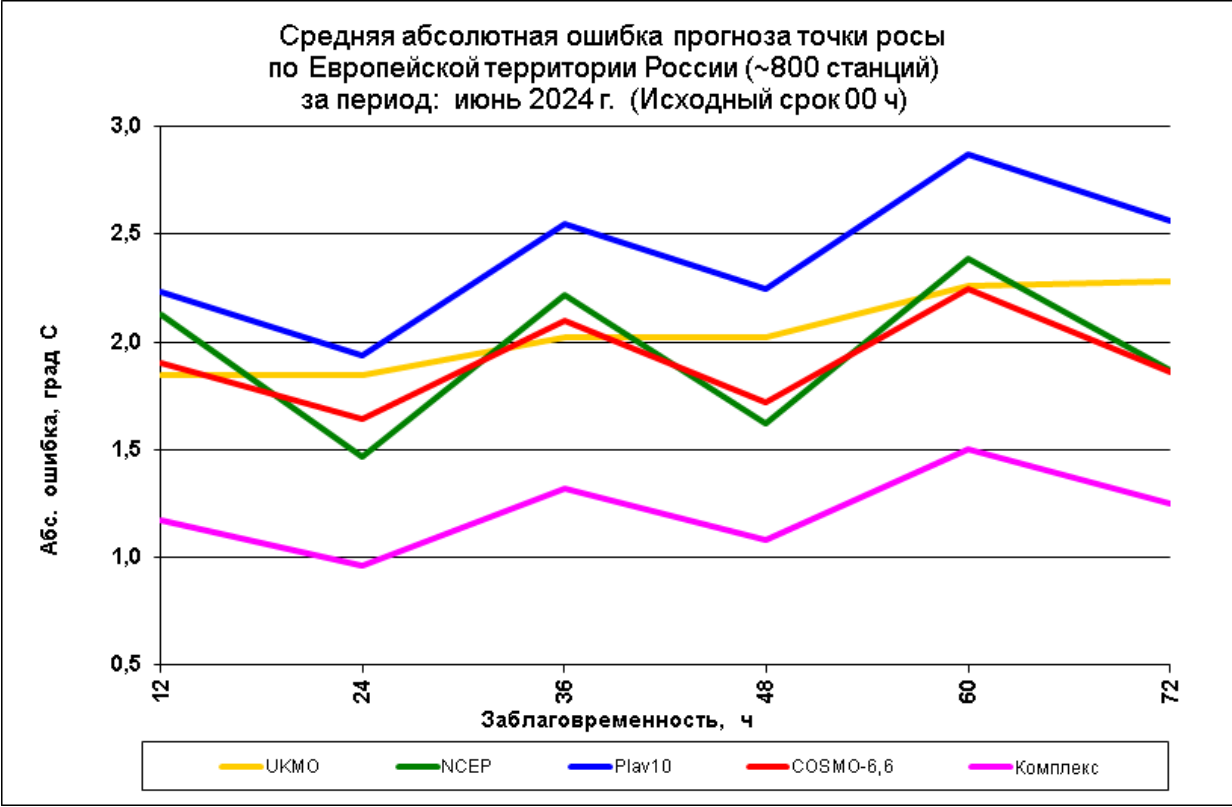
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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  $\geq 30$  мм/12 ч ( $\geq 16$  мм/12 ч для снега) вместо  $\geq 50$  мм/12 ч ( $\geq 20$  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: июнь 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	82	68	66	76	62	25	1,3	2,5	6501
NCEP	68	73	46	52	76	71	32	3,2	4,0	6501
ICON	82	90	74	73	74	50	2	-0,1	1,7	6501
JAPAN	81	91	72	68	71	50	2	0,0	1,9	6501
ECMWF	83	91	78	80	65	35	0	-0,8	1,6	6285
France	83	92	75	73	71	50	0	-0,2	1,7	6501
Canada	81	90	77	75	65	41	2	-0,3	1,8	6501
PLAV10	74	77	71	74	75	48	0	0,0	2,0	6280
COSMO-6,6	81	92	75	74	61	32	0	-0,7	1,7	4135
ICON-Ru	83	91	73	73	72	55	2	-0,2	1,7	6501
Complex	84	92	77	74	76	49	9	-0,3	1,5	6501
Кол-во случаев по градам		3812	543	961	981	160	44			

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: июнь 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	82	89	65	66	68	60	12	1,3	2,1	6366
NCEP	78	82	66	65	74	68	6	1,4	2,1	6366
ICON	85	92	75	72	65	49	0	-0,1	1,2	6366
JAPAN	84	90	72	74	70	42	0	-0,1	1,2	6366
ECMWF	86	96	77	74	51	31	0	-0,6	1,1	6141
France	84	91	72	74	67	44	0	-0,1	1,2	6366
Canada	82	90	70	71	62	44	6	0,1	1,4	6366
PLAV10	84	90	74	74	60	35	0	-0,1	1,2	5919
COSMO-6,6	84	94	71	65	53	58	20	0,0	1,4	4034
ICON-Ru	84	92	71	70	65	49	0	0,0	1,2	6366
Complex	87	94	76	76	71	48	6	-0,2	1,0	6366
Кол-во случаев по градам		4399	357	844	658	92	16			

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: июнь 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)	$\delta$	$ \delta $	
UKMO	75	81	63	63	73	59	17	1,4	2,7	6480
NCEP	69	75	50	55	74	62	17	2,7	3,8	6480
ICON	80	89	72	70	71	55	2	0,1	1,9	6480
JAPAN	80	91	68	67	63	47	0	0,0	2,0	6480
ECMWF	81	91	77	77	59	32	0	-1,0	1,7	6251
France	81	90	71	71	70	49	2	-0,1	1,9	6480
Canada	79	87	72	73	66	40	2	-0,3	1,9	6480
PLAV10	72	74	62	70	76	49	5	0,2	2,0	6038
COSMO-6,6	80	90	74	70	65	41	6	-0,5	1,8	4124
ICON-Ru	81	90	74	71	68	49	0	-0,2	1,8	6480
Complex	83	92	76	73	69	47	4	-0,5	1,6	6480
Кол-во случаев по градациям		3829	524	947	973	161	46			

P - общая оправдываемость прогноза;  $\delta$  - 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  $\geq 12$  м/с (вероятно, из-за отсутствия оборудования). Факт порыва ветра фиксировался, если на станции наблюдались порывы  $\geq 12$  м/с в интервале  $\pm 3$  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  $\geq 12$  м/с,  $\geq 18$  м/с или  $\geq 24$  м/с в интервале  $\pm 3$  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	
1001	717	1718	35	0/25	0.23	
1864	19938	21802				France
2865	20655	23520				
1359	3605	4964	76	2.01	0.16	
439	9493	9932				Cosmo-6,6
1798	13098	14896				
1378	1593	2971	48	0.56	0.25	
1487	19062	20549				ICON-Ru
2865	20655	23520				
1002	769	1771	35	0.27	0.23	
1863	19886	21749				ICON(DWD)
2865	20655	23520				
1427	934	2361	50	0.33	0.32	
1437	19372	20809				Компл4
2864	20306	23170				



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

			Pred	kLT	ETS	
20	36	56	9	0.17	0.08	
197	23267	23464				France
217	23303	23520				
14	77	91	11	0.63	0.07	
109	14696	14805				Cosmo-6,6
123	14773	14896				
12	33	45	6	0.15	0.05	
205	23270	23475				ICON-Ru
217	23303	23520				
7	16	23	3	0.07	0.03	
210	23287	23497				ICON(DWD)
217	23303	23520				
35	37	72	16	0.17	0.14	
182	22916	23098				Компл4
217	22953	23170				

**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	
14	23506	23520				France
14	23506	23520				
0	0	0	0	0	0	
8	14888	14896				Cosmo-6,6
8	14888	14896				
0	0	0	0	0	0	
14	23506	23520				ICON-Ru
14	23506	23520				
0	0	0	0	0	0	
14	23506	23520				ICON(DWD)
14	23506	23520				
0	1	1	0	0.07	0	
14	23155	23169				Компл4
14	23156	23170				



Синоптики в административных центрах России наряду с прогнозами различных метеозлементов 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 ~36 ч**  
**Июнь 2024 г.**

СИНОП(КП-68)				ICON-Ru			Комплекс		
				порывы >=12 м/с					
164	451	615		117	401	518	135	88	223
122	1708	1830	0.14	169	1758	1927	0.09	151	2071
286	2159	2445		286	2159	2445		286	2159
				порывы >=18 м/с					
5	102	107		2	14	16		1	2
12	2326	2338	0.04	15	2414	2429	0.06	16	2426
17	2428	2445		17	2428	2445		17	2428
				порывы >=24 м/с					
0	1	1		0	0	0		0	0
3	2441	2444	0.00	3	2442	2445	0.00	3	2442
3	2442	2445		3	2442	2445		3	2442

**красным цветом – это критерий ETS**