

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

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

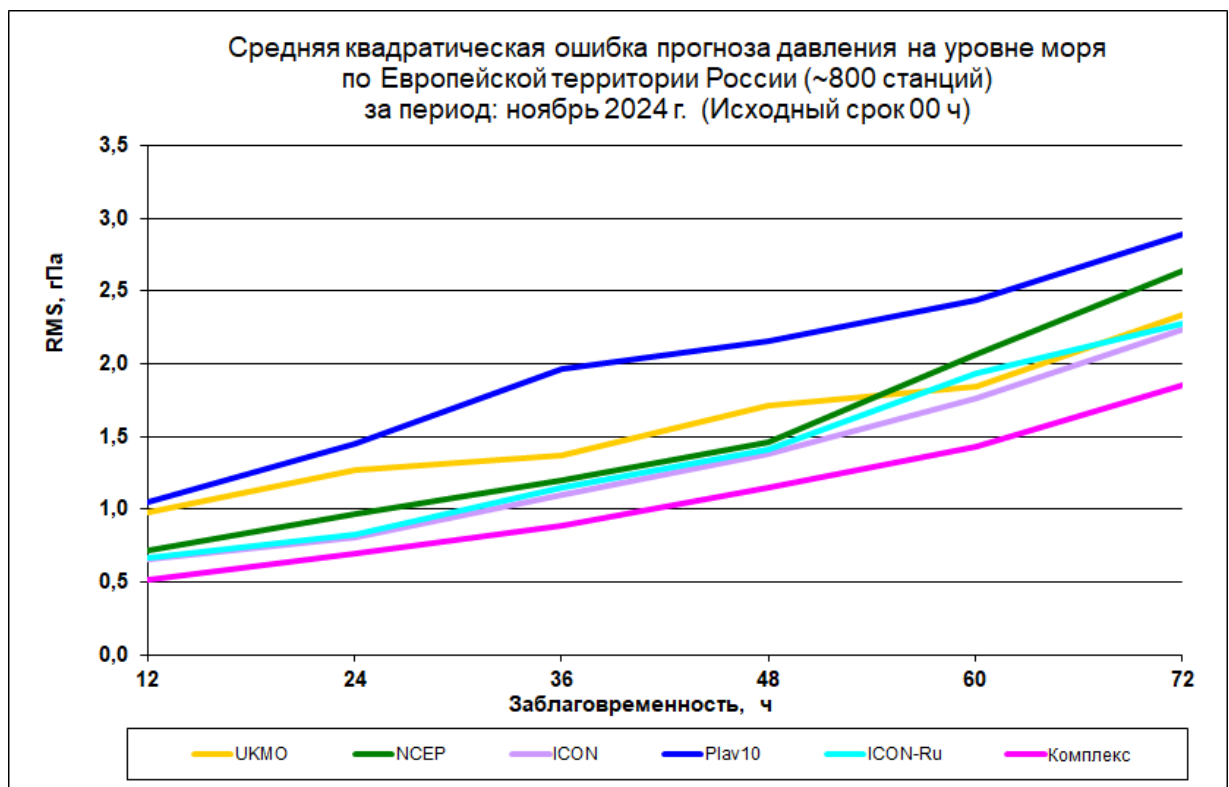
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки  $\sim 6,5$  км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

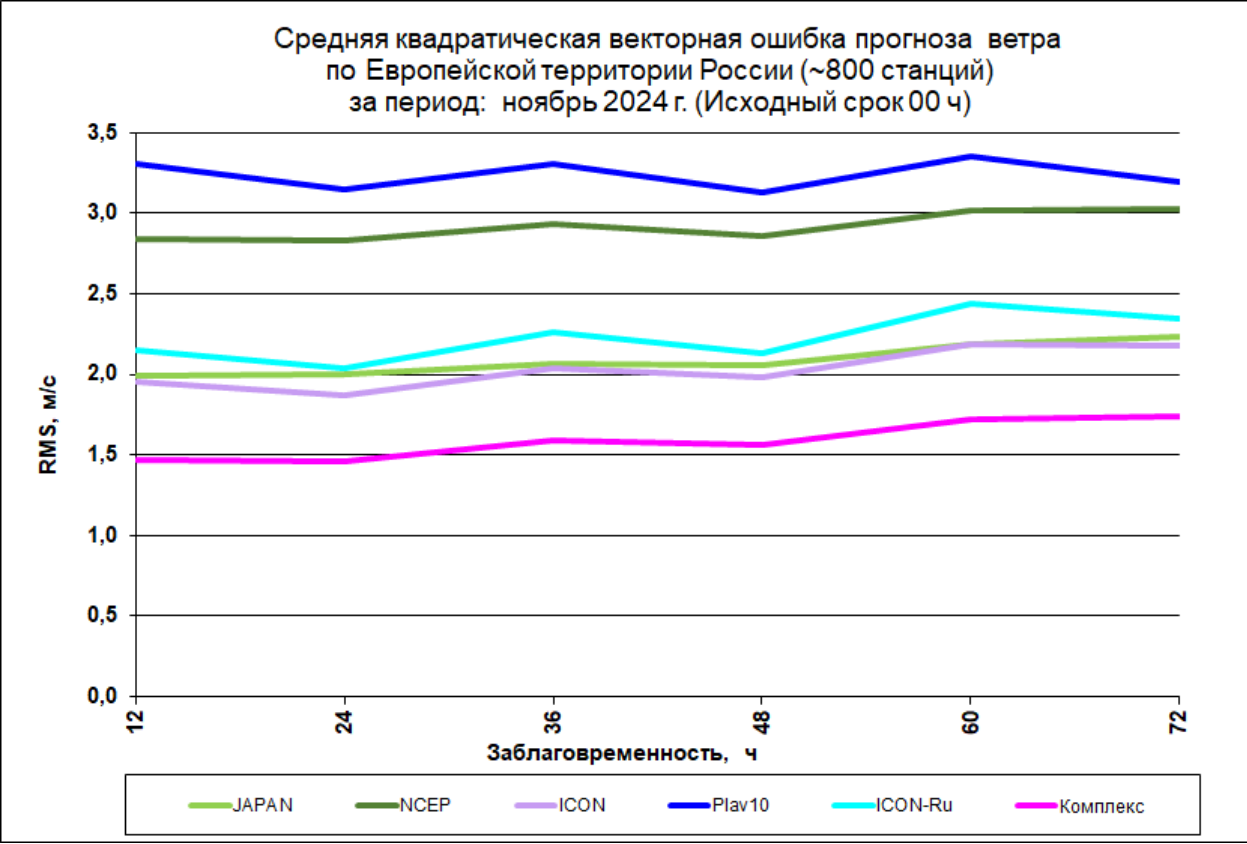
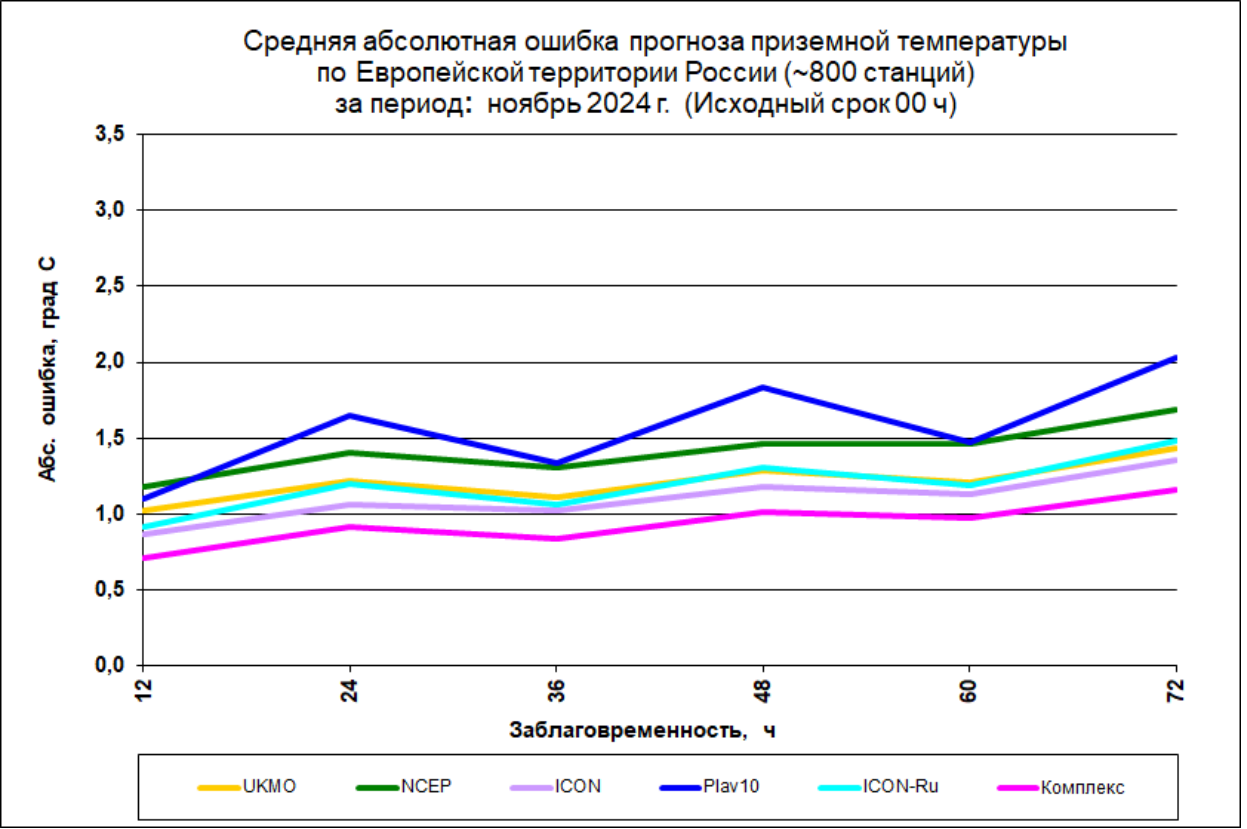
### **Мезометеорологические модели:**

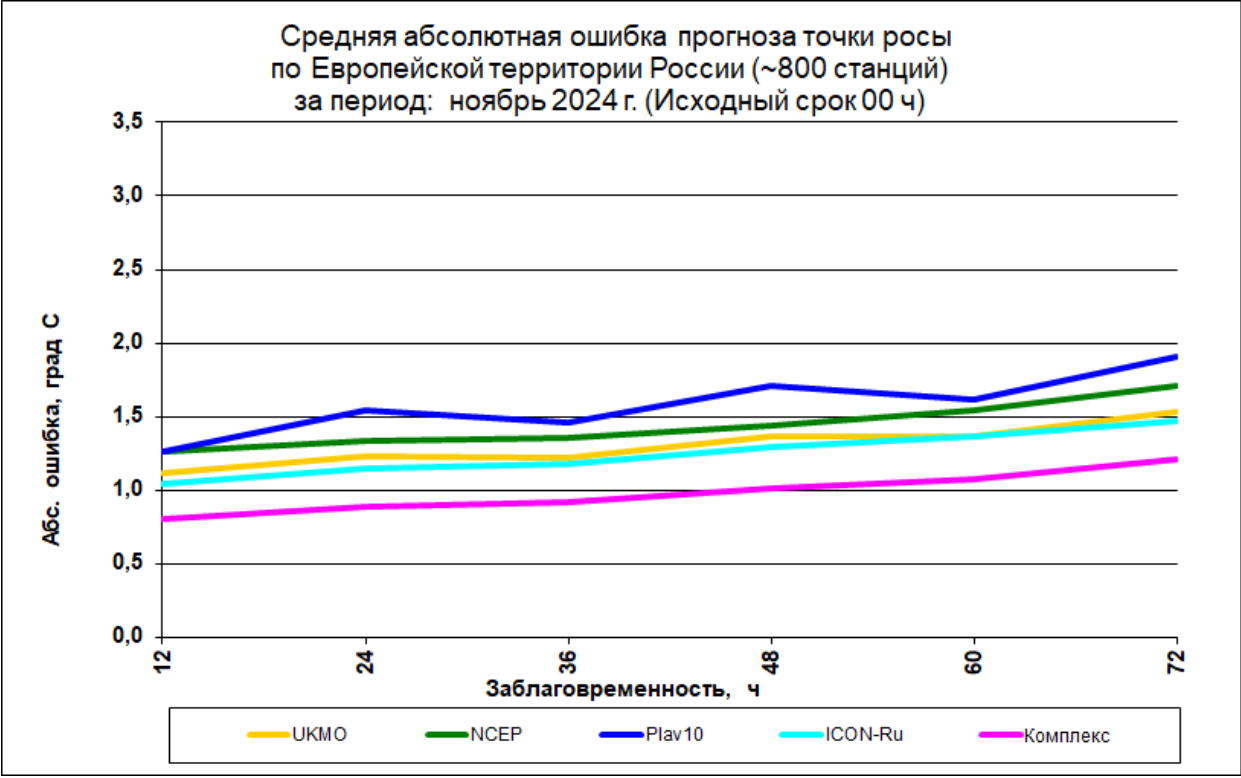
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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  $\sim 20$  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: ноябрь 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	90	85	88	89	76	0	0,3	0,8	6414
NCEP	86	91	81	78	90	82	82	0,7	1,1	6414
ICON	89	96	81	83	88	79	0	0,0	0,6	6414
JAPAN	88	93	83	85	88	68	55	0,1	0,7	6414
ECMWF	87	98	78	82	65	41	0	-0,6	0,7	2584
France	89	94	84	86	87	74	36	0,1	0,7	6414
Canada	87	83	91	91	88	69	36	0,2	0,8	6414
PLAV10	87	89	85	85	88	71	55	0,3	0,8	6414
COSMO-6,6	87	93	84	81	83	72	0	0,0	0,8	4484
COSMO-2,2	84	93	79	79	79	69	0	-0,3	0,9	4315
ICON-Ru	88	96	81	83	85	75	0	0,0	0,6	6414
Complex	88	95	81	80	90	86	82	0,4	0,8	6414
Кол-во случаев по градациям		2862	1038	1595	785	123	11			

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: ноябрь 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	86	87	84	86	87	80	0	0,5	1,0	6395
NCEP	83	90	79	74	85	77	0	0,6	1,0	6395
ICON	86	94	80	79	83	76	0	0,0	0,6	6395
JAPAN	87	92	82	83	83	76	0	0,1	0,7	6395
ECMWF	86	98	77	76	67	59	0	-0,4	0,6	2581
France	87	92	82	84	84	76	0	0,1	0,6	6395
Canada	85	82	90	89	83	76	0	0,3	0,8	6395
PLAV10	86	88	84	84	86	78	0	0,3	0,8	6395
COSMO-6,6	84	90	80	78	77	78	0	0,1	0,8	4453
COSMO-2,2	80	90	79	74	68	59	0	0,0	1,1	4285
ICON-Ru	86	94	79	78	82	69	0	0,0	0,6	6395
Complex	87	94	80	78	87	80	0	0,3	0,7	6395
Кол-во случаев по градациям		2866	908	1771	774	74	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: ноябрь 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	86	88	86	87	84	70	0	0,3	0,8	6387
NCEP	84	90	80	77	84	74	90	0,6	1,0	6387
ICON	87	94	81	81	80	62	0	0,0	0,7	6387
JAPAN	87	93	81	83	81	64	10	0,0	0,7	6387
ECMWF	87	98	77	80	58	25	0	-0,3	0,4	2566
France	88	93	82	85	82	67	0	0,0	0,7	6387
Canada	85	83	89	88	82	69	0	0,2	0,8	6387
PLAV10	85	87	85	85	79	71	20	0,2	0,8	6387
COSMO-6,6	81	87	82	79	68	47	0	-0,2	1,0	4454
COSMO-2,2	81	91	81	78	59	33	0	-0,5	1,0	4272
ICON-Ru	86	94	80	81	77	61	0	-0,1	0,7	6387
Complex	87	95	81	80	85	79	30	0,2	0,7	6387
Кол-во случаев по градам		2937	1050	1581	712	97	10			

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  $\geq 12$  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  $ar=((N11+N12)*(N11+N21))/N00$ ;

$BX=(v-v0)/(1-v0)$  – 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  $\geq 12$  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). Ноябрь 2024

			Pred	kLT	ETS	
2729	1596	4325	79	0.46	0.47	France
734	18431	19165				
3463	20027	23490				
2181	1661	3842	84	0.64	0.43	Cosmo-6,6
430	12171	12601				
2611	13832	16443				
1856	841	2697	73	0.33	0.48	Cosmo-2,2
690	12073	12763				
2546	12914	15460				
2437	1065	3502	70	0.31	0.48	ICON-Ru
1026	18962	19988				
3463	20027	23490				
2053	573	2626	59	0.17	0.46	ICON (DWD)
1410	19454	20864				
3463	20027	23490				
2865	1057	3922	83	0.31	0.58	Complex
594	18558	19152				
3459	19615	23074				



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

			Pred	kLT	ETS	
342	316	658	58	0.54	0.37	France
246	22586	22832				
588	22902	23490				
279	243	522	65	0.57	0.41	Cosmo-6,6
147	15774	15921				
426	16017	16443				
175	131	306	41	0.31	0.30	Cosmo-2,2
251	14903	15154				
426	15034	15460				
272	162	434	46	0.28	0.35	ICON-Ru
316	22740	23056				
588	22902	23490				
231	127	358	39	0.22	0.31	ICON (DWD)
357	22775	23132				
588	22902	23490				
465	291	756	79	0.50	0.52	Complex
122	22196	22318				
587	22487	23074				

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

			Pred	kLT	ETS	
23	32	55	33	0.46	0.23	France
46	23389	23435				
69	23421	23490				
13	16	29	27	0.33	0.20	Cosmo-6,6
36	16378	16414				
49	16394	16443				
6	6	12	14	0.14	0.12	Cosmo-2,2
38	15410	15448				
44	15416	15460				
23	27	50	33	0.39	0.24	ICON-Ru
46	23394	23440				
69	23421	23490				
20	18	38	29	0.26	0.23	ICON(DWD)
49	23403	23452				
69	23421	23490				
51	73	124	74	1.06	0.36	Complex
18	22932	22950				
69	23005	23074				



Синоптики в административных центрах России наряду с прогнозами различных метеозаэментов 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  
Ноябрь 2024 г.**

СИНОП(КП-68)	ICON-Ru	Комплекс
порывы >=12 м/с		
199 259 458	170 78 248	227 110 337
85 1930 2015 0.30	114 2111 2225 0.43	57 2079 2136 0.53
284 2189 2473	284 2189 2473	284 2189 2473
порывы >=18 м/с		
23 100 123	12 8 20	30 25 55
15 2335 2350 0.16	26 2427 2453 0.26	8 2410 2418 0.48
38 2435 2473	38 2435 2473	38 2435 2473
порывы >=24 м/с		
1 7 8	0 1 1	1 6 7
2 2463 2465 0.10	3 2469 2472 0.00	2 2464 2466 0.11
3 2470 2473	3 2470 2473	3 2470 2473

Красным цветом выделен критерий ETS

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

СИНОП(КП-68)	ICON-Ru	Комплекс
порывы >=12 м/с		
264 324 588	246 164 410	304 109 413
88 1797 1885 0.26	106 1957 2063 0.41	48 2012 2060 0.61
352 2121 2473	352 2121 2473	352 2121 2473
порывы >=18 м/с		
43 103 146	15 15 16	40 27 67
12 2315 2327 0.24	40 2403 2443 0.21	15 2391 2406 0.48
55 2418 2473	55 2418 2473	55 2418 2473
порывы >=24 м/с		
1 8 9	0 1 1	2 5 7
1 2463 2464 0.10	2 2470 2472 0.00	0 2466 2466 0.29
2 2471 2473	2 2471 2473	2 2471 2473

Красным цветом выделен критерий ETS