

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

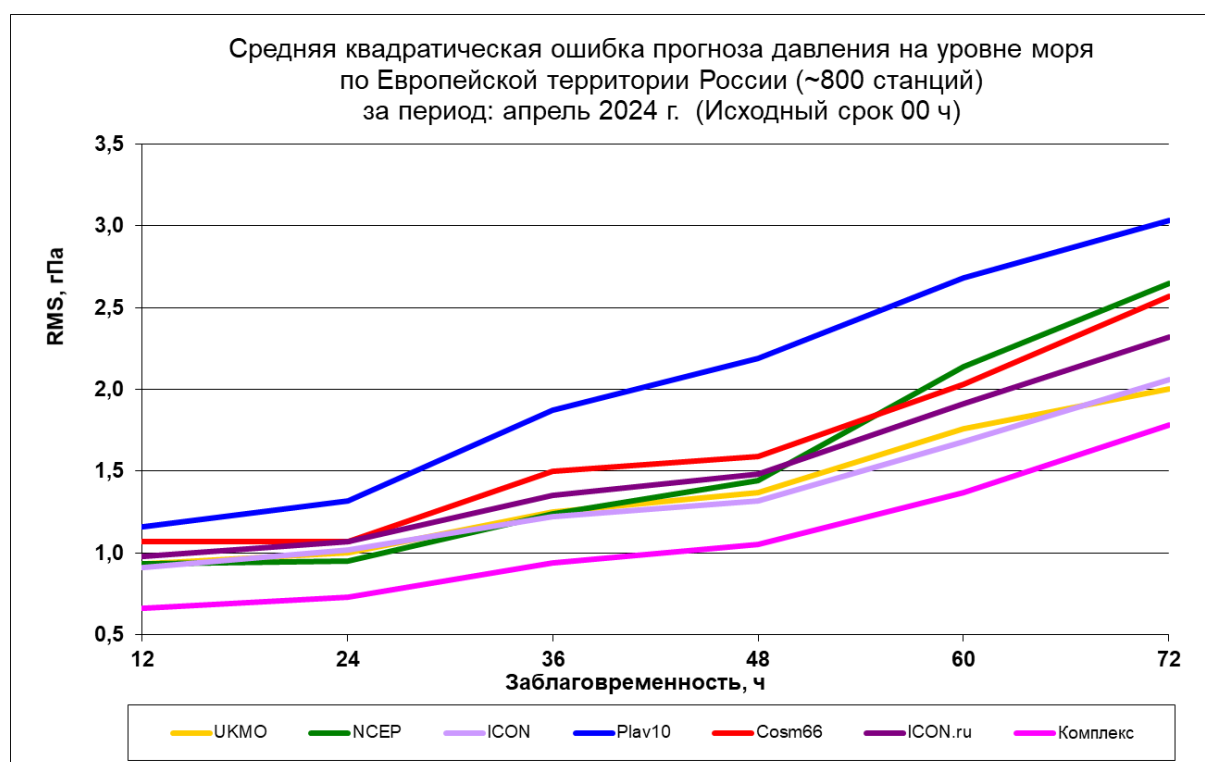
- ICON.ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки $\sim 6,5$ км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

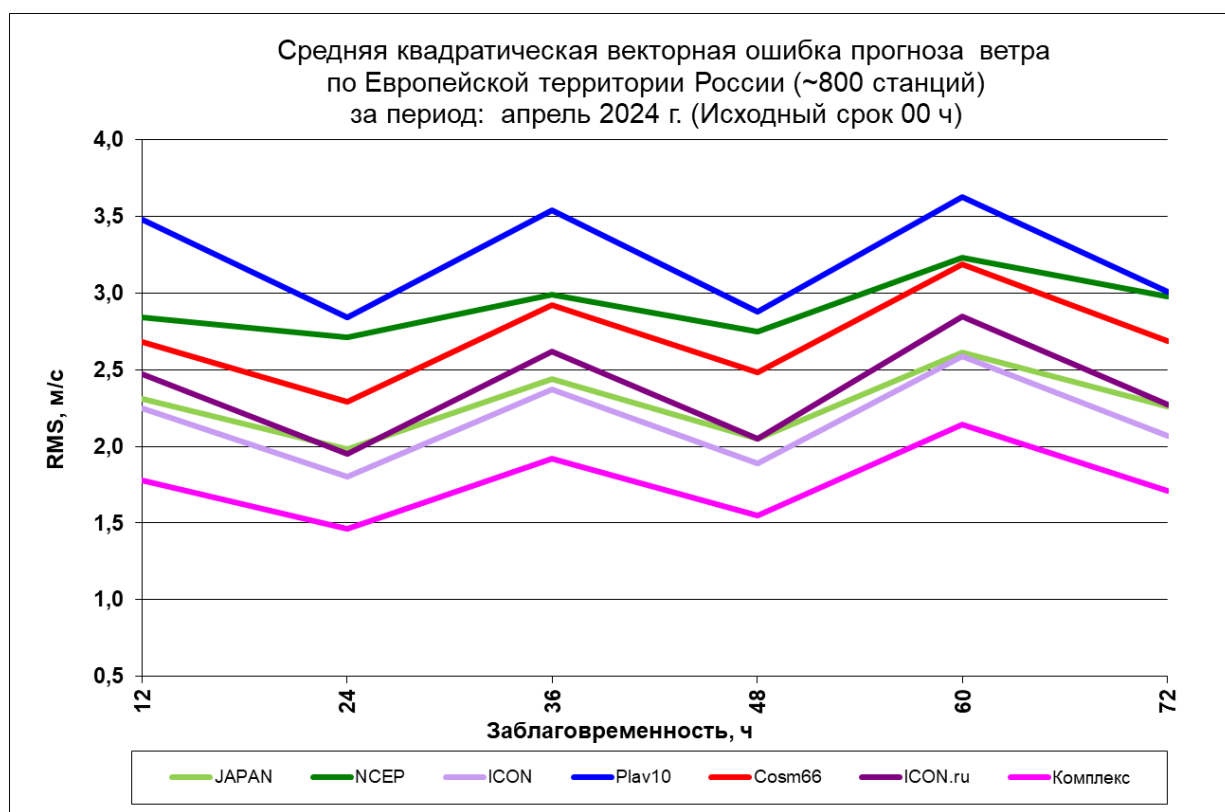
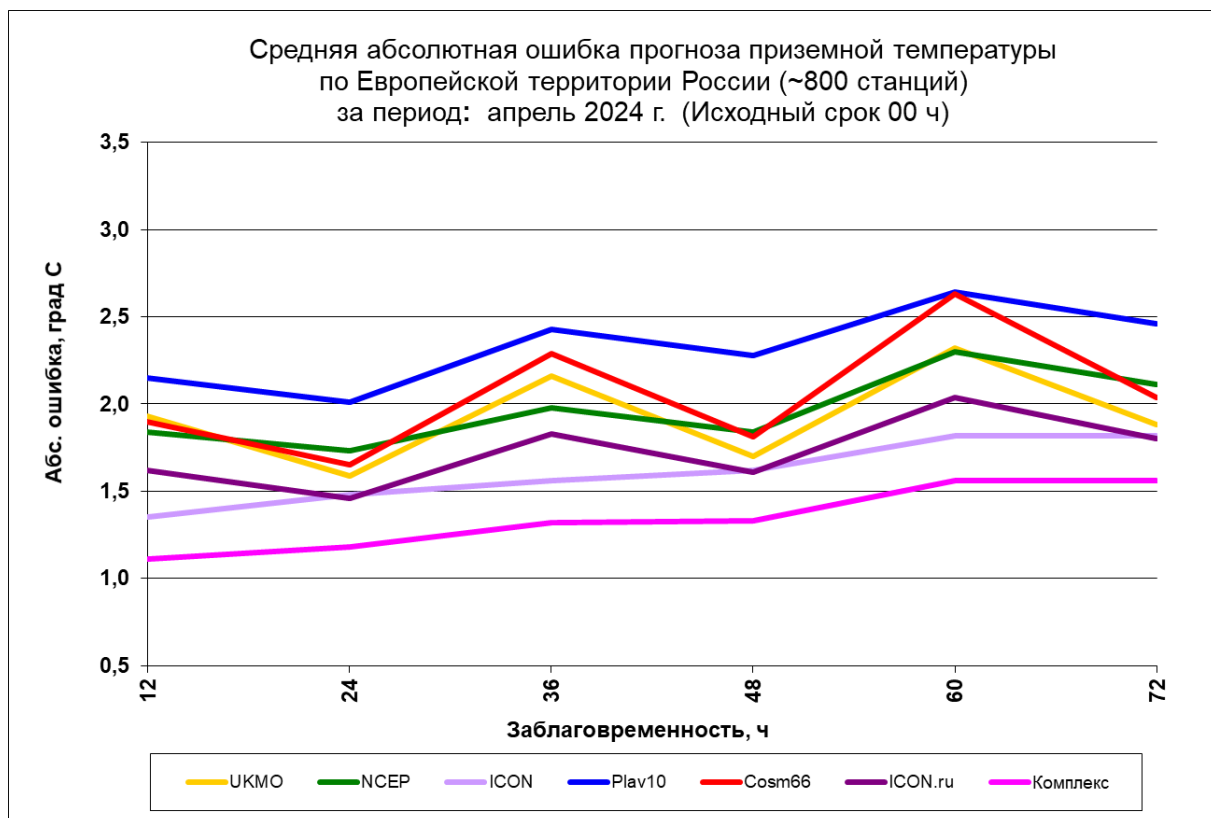
Мезометеорологические модели:

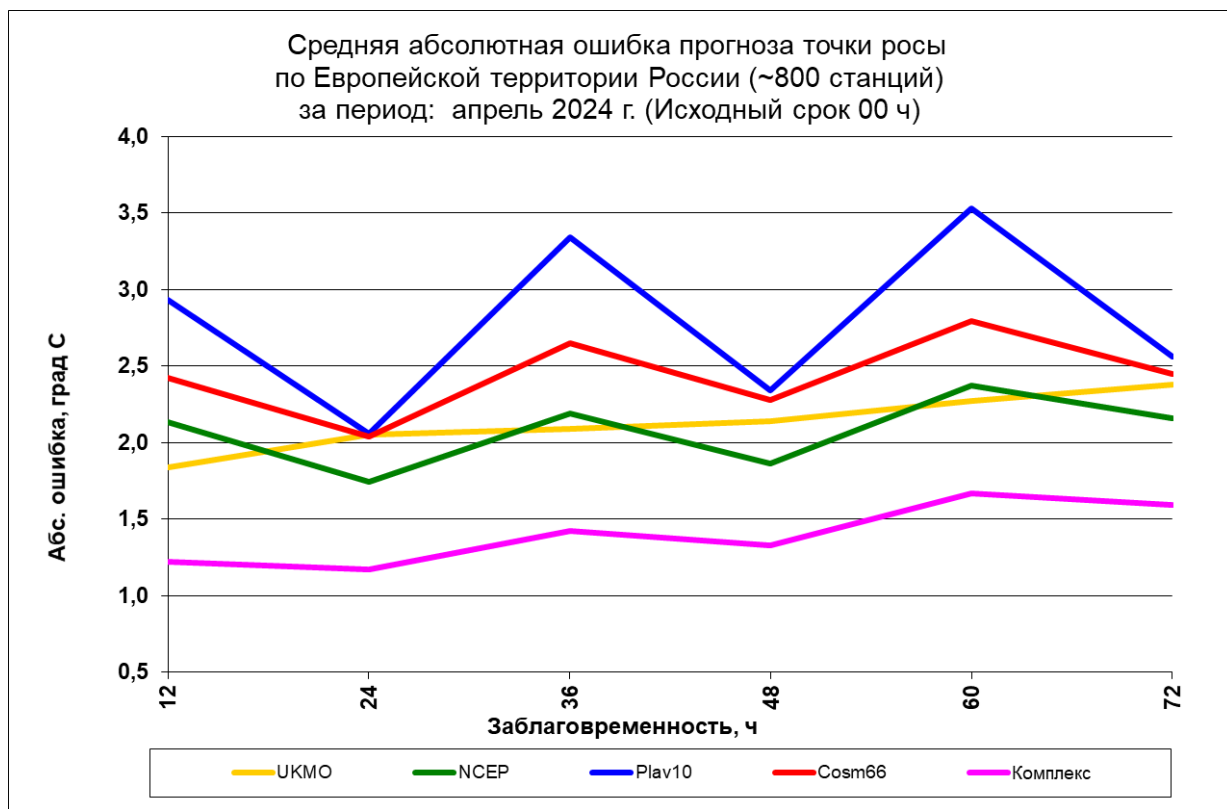
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «Комплекс» - комплексный прогноз приземных метеозадаваемых 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: апрель 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	81	82	88	81	0	0,4	0,8	6418
NCEP	81	83	77	71	90	71	57	1,3	1,5	6192
ICON	89	95	81	85	84	76	0	0,1	0,7	6418
JAPAN	89	95	81	85	80	70	11	0,0	0,7	6418
ECMWF	87	95	80	85	68	56	0	-0,4	0,8	6418
France	90	94	83	86	87	75	0	0,1	0,6	6418
Canada	88	94	83	82	83	67	11	0,2	0,8	6418
PLAV10	86	88	83	80	89	77	12	0,4	0,9	6418
Cosmo-6,6	89	94	82	84	80	76	0	0,1	0,7	5319
ICON.ru	85	91	77	75	85	71	29	1,0	1,3	6234
Complex	90	95	83	84	86	70	0	0,2	0,7	6418
Кол-во случаев по градациям		3518	723	1272	801	95	9			

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: апрель 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	86	91	80	78	85	78	25	0,7	1,1	6301
NCEP	84	88	80	74	82	76	100	1,1	1,4	6083
ICON	88	94	80	81	83	71	25	0,1	0,8	6301
JAPAN	87	92	80	82	79	74	25	0,2	0,9	6301
ECMWF	86	95	80	80	60	45	0	-0,4	0,8	6301
France	88	92	81	82	83	76	50	0,3	0,8	6301
Canada	86	90	82	80	77	73	25	0,4	1,0	6301
PLAV10	86	91	79	77	81	76	50	0,5	1,0	6301
Cosmo-6,6	87	94	81	77	80	69	25	0,3	0,9	5192
ICON.ru	83	89	74	71	83	71	100	1,3	1,6	6117
Complex	89	95	82	80	84	73	0	0,2	0,8	6301
Кол-во случаев по градациям		3499	693	1286	750	69	4			

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: апрель 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	86	90	80	78	86	72	50	0,5	1,0	6366
NCEP	80	82	77	72	86	71	12	1,1	1,5	5547
ICON	87	93	78	81	82	71	22	0,1	0,8	6366
JAPAN	87	93	78	81	77	73	0	0,1	0,8	6366
ECMWF	86	95	80	83	65	46	0	-0,4	0,8	6366
France	87	91	82	82	85	68	11	0,2	0,8	6366
Canada	86	91	80	79	80	61	22	0,4	1,0	6366
PLAV10	81	83	77	74	85	68	29	0,7	1,2	6366
Cosmo-6,6	85	92	78	78	78	69	38	0,2	1,0	5265
ICON.ru	82	87	71	70	84	65	71	1,3	1,6	6182
Complex	89	94	81	82	83	67	12	0,1	0,7	6366
Кол-во случаев по градациям		3503	719	1264	784	87	8			

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)

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
2883	1280	4163	46	58	0.26	0.55	0.38	
2108	18179	20287						France
4991	19459	24450						
2352	1616	3968	47	69	0.48	0.54	0.37	
1045	11717	12762						Cosmo-2,2
3397	13333	16730						
2880	1942	4822	50	75	0.51	0.58	0.41	
942	14427	15369						Cosmo-6,6
3822	16369	20191						
3344	1849	5193	50	68	0.38	0.57	0.40	
1541	16971	18512						ICON.ru
4885	18820	23705						
4023	1847	5870	59	81	0.37	0.67	0.50	
962	17318	18280						Компл4
4985	19165	24150						

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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
96	187	283	17	27	0.52	0.29	0.17	
266	23901	24167						France
362	24088	24450						
57	155	212	15	26	0.70	0.25	0.14	
165	16353	16518						Cosmo-2,2
222	16508	16730						
79	142	221	19	28	0.51	0.31	0.18	
201	19769	19970						Cosmo-6,6
280	19911	20191						
85	148	233	17	24	0.41	0.28	0.16	
276	23196	23472						ICON.ru
361	23344	23705						
199	266	465	32	55	0.74	0.47	0.31	
162	23523	23685						Компл4
361	23789	24150						

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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
2	0	2	14	14	0	0.25	0.14	
12	24436	24448						France
14	24436	24450						
1	6	7	9	20	1.20	0.17	0.09	
4	16719	16723						Cosmo-2,2
5	16725	16730						
1	1	2	8	9	0.09	0.15	0.08	
10	20179	20189						Cosmo-6,6
11	20180	20191						
3	2	5	19	21	0.14	0.32	0.19	
11	23689	23700						ICON.ru
14	23691	23705						
8	24	32	21	57	1.71	0.35	0.21	
6	24112	24118						Компл4
14	24136	24150						

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-6.6 и Комплексного прогноза.

Россия (83 адм. центр). Оценка прогнозов порывов ветра на 36 ч

СИНОП(КП-68)				Cosmo-6,6				Комплекс			
				порывы ≥ 12 м/с							
315	396	711		314	282	596		369	188	557	
156	1613	1769	0.25	157	1727	1884	0.31	102	1821	1923	0.48
471	2009	2480		471	2009	2480		471	2009	2480	
				порывы ≥ 18 м/с							
20	99	119		6	33	39		16	23	39	
12	2349	2361	0.15	26	2415	2441	0.09	16	2425	2441	0.29
32	2448	2480		32	2448	2480		32	2448	2480	
				порывы ≥ 24 м/с							
0	3	3		0	0	0		0	1	1	
1	2476	2477	0.00	1	2479	2480	0.00	1	2478	2479	0.00
1	2479	2480		1	2479	2480		1	2479	2480	

красным цветом – это критерий ETS