

## Оценки прогнозов приземных метеорологических полей, рассчитанные для различных гидродинамических моделей по синоптическим станциям Европейской территории РФ за период: октябрь 2023 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  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ );
- PLAV20, PLAV10 – полулагранжева модель с разрешением ~20 км и 10 км (ФГБУ «Гидрометцентр России», автор М.А. Толстых).

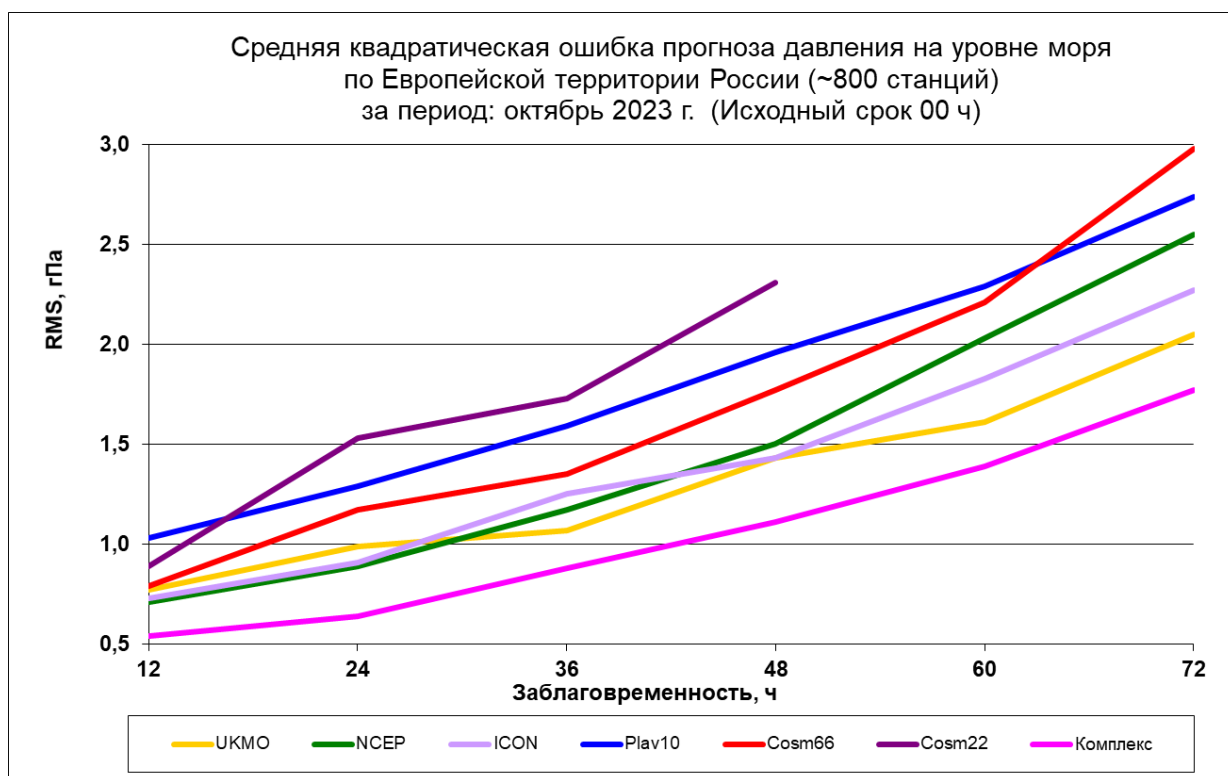
Заметим, что реальное разрешение в этих зарубежных моделях 13-20 км.

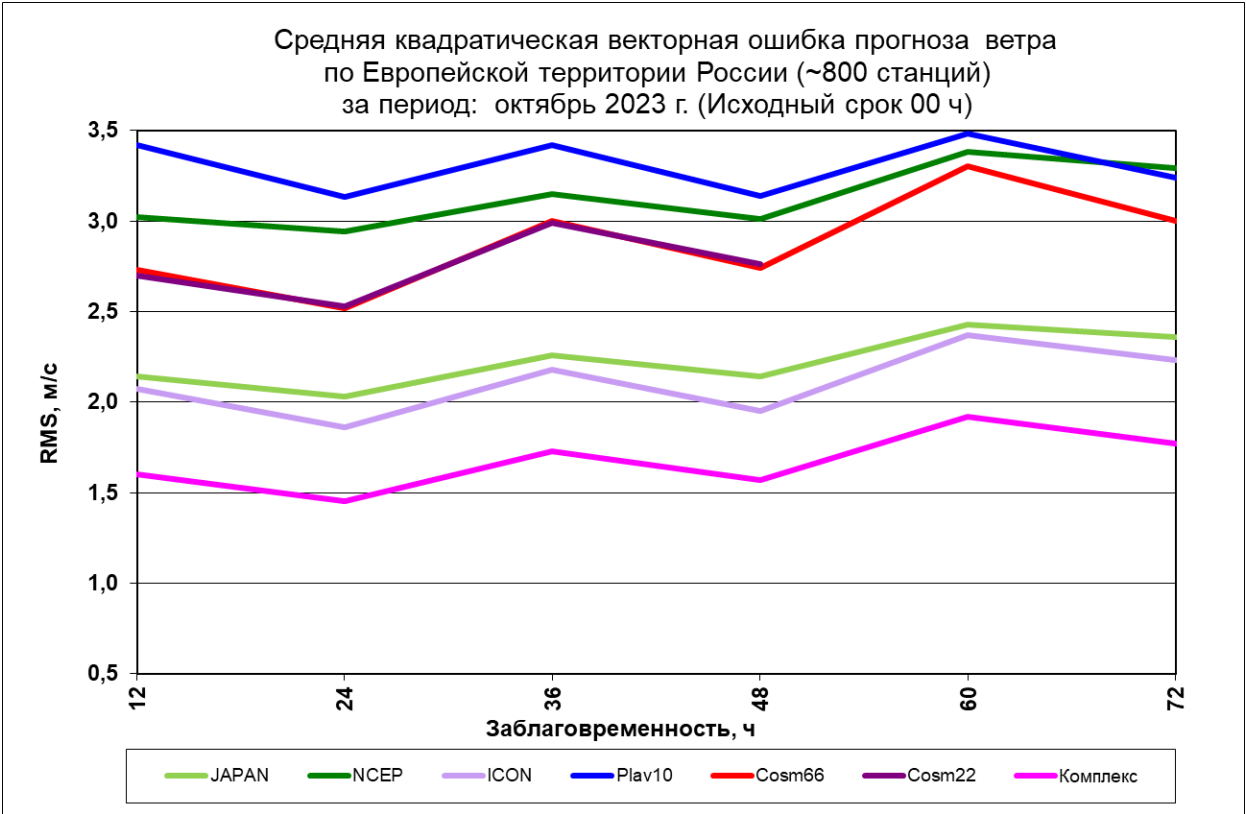
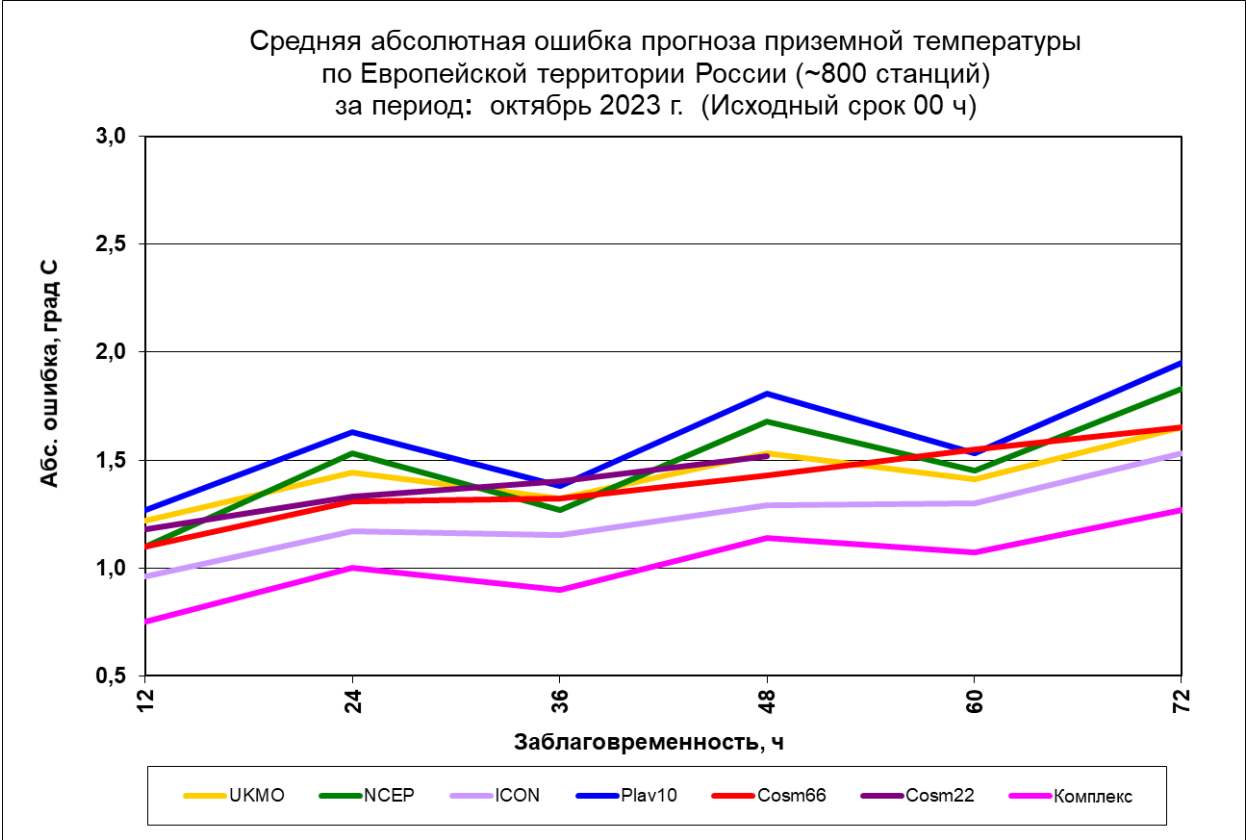
### Мезометеорологические модели:

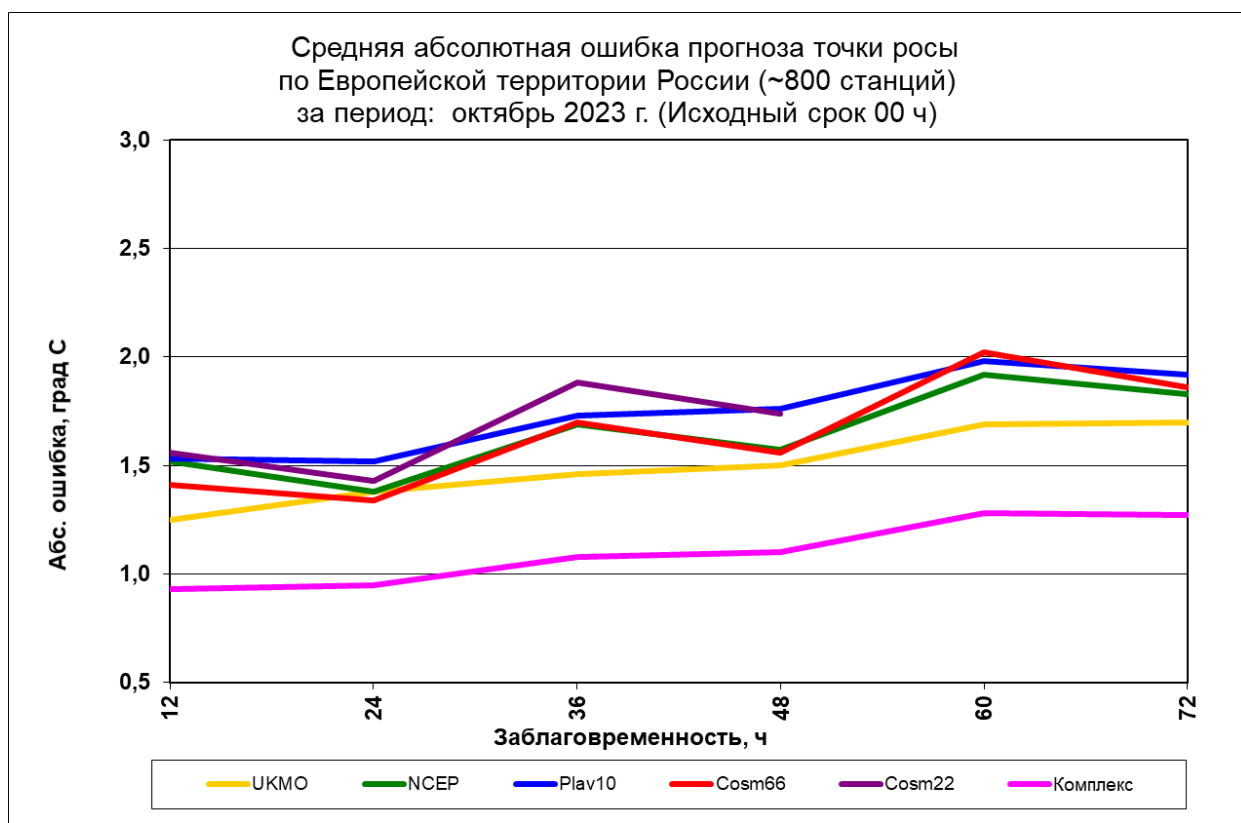
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «Комплекс» - комплексный прогноз приземных метеозадач по станциям на основе зарубежных и отечественных моделей с помощью статистических методов (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		≥16
				2-3	4-5	6-11	12-15	
Без осадков	100	75	50	0		0		0
0,0-0,1	100	100	75	0		0		0
0,2-1	50	100	100	50		0		0
2-5	0	0	50	100		50		25
6-15	0	0	0	50	100	100		75
≥16	0	0	0	25		75	100	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 по среднесрочным прогнозам погоды (ECMW) и Канадского метеорологического центра (Canada). Для этих моделей оценки представлены от предыдущего исходного срока 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: октябрь 2023 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	87	89	84	82	92	76	20	0,5	1,0	8186
NCEP	85	89	84	76	90	89	60	1,1	1,5	6078
ICON	89	95	81	83	87	73	0	0,0	0,8	8186
JAPAN	88	94	82	82	88	75	20	0,1	0,8	8186
France	89	93	83	83	88	82	20	0,1	0,8	8186
Canada	87	91	85	83	88	72	0	0,3	1,0	7923
PLAV10	87	91	81	81	88	73	20	0,3	0,9	8186
Cosmo-6,6	88	95	82	81	84	76	0	0,0	0,8	7654
Cosmo-2,2	87	96	80	78	83	74	20	0,0	0,9	7395
Complex	87	94	81	76	89	83	60	1,0	1,3	8186
Кол-во случаев по градам		3721	929	1988	1395	148	5			

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: октябрь 2023 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	89	81	81	89	72	20	0,3	1,0	7928
NCEP	85	90	78	79	87	80	50	0,7	1,1	5812
ICON	87	94	80	80	83	69	0	0,1	0,8	7928
JAPAN	87	93	82	82	84	68	0	0,1	0,9	7928
France	87	92	82	83	83	74	0	0,1	0,8	7928
Canada	86	89	84	82	82	74	0	0,3	1,0	7667
PLAV10	86	92	82	79	83	70	0	0,1	0,9	7928
Cosmo-6,6	86	94	79	78	81	74	20	0,2	0,9	7400
Cosmo-2,2	85	94	77	76	80	70	20	0,2	1,0	7137
Complex	88	94	80	77	88	80	60	0,5	1,0	7928
Кол-во случаев по градам		3938	762	1955	1181	87	5			

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: октябрь 2023 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	85	88	84	79	88	70	0	0,4	1,1	7919
NCEP	85	88	81	81	86	78	0	0,4	0,9	3160
ICON	87	93	81	81	84	75	0	0,0	0,9	7656
JAPAN	87	93	80	81	84	75	20	0,1	0,9	7919
France	87	93	82	83	84	73	0	0,0	0,9	7919
Canada	85	89	82	80	84	65	40	0,4	1,2	7657
PLAV10	84	89	80	79	85	72	0	0,2	1,0	7919
Cosmo-6,6	85	93	80	76	81	75	20	0,1	1,1	7390
Cosmo-2,2	82	92	75	73	75	65	20	0,1	1,3	7127
Complex	86	93	80	76	88	81	20	0,9	1,3	7917
Кол-во случаев по градам		3584	904	1911	1369	146	5			

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. 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.

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;

$N_{12}$  - явление прогнозировалось, но не наблюдалось («ложные тревоги»);  
 $N_{10}=N_{11}+N_{12}$  - число случаев, когда прогнозировалось явление;  
 $N_{21}$ - прогнозировалось отсутствие явления, но оно наблюдалось («пропуск цели»);  
 $N_{22}$  - прогнозировалось отсутствие явления и его не наблюдалось;  
 $N_{20}=N_{21}+N_{22}$  - число случаев с прогнозом отсутствия явления;  
 $N_{01}=N_{11}+N_{21}$  - число случаев с явлением;  
 $N_{02}=N_{12}+N_{22}$  - число случаев с отсутствием явления;  
 $N_{00}$  - общее число случаев.  
 $P=N_{11}/(N_{21}+N_{10})$  – оправдываемость редкого явления;  
 $Pred=N_{11}/N_{01}$  – предупрежденность явления;  
 $kLT=N_{12}/N_{01}$  – коэффициент «ложных тревог»;  
 $ETS=(N_{11}-ar)/(N_{11}-ar+N_{12}+N_{21})$  – критерий ETS, где  $ar=((N_{11}+N_{12})*(N_{11}+N_{21}))/N_{00}$ ;  
 $BX=(v-v_0)/(1-v_0)$  – критерий Н.А.Багрова-Хайдке (для редких явлений), где  
 $v=(N_{11}+N_{22})/N_{00}$ ,  $v_0=(m_1+m_2)/N_{00}$ ,  $m_1=(N_{10} \times N_{01})/N_{00}$ ,  $m_2=(N_{20} \times N_{02})/N_{00}$ ;  
 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)								
			P	Pred	kLT	BX	ETS	
3556	1852	5408	53	74	0.38	0.62	0.45	
1273	18584	19857						France
4829	20436	25265						
3285	1752	5037	53	75	0.40	0.62	0.44	
1121	16382	17503						Cosmo-2,2
4406	18134	22540						
3844	2411	6255	55	85	0.48	0.63	0.46	
696	16684	17380						Cosmo-6,6
4540	19095	23635						
2827	868	3695	50	59	0.18	0.60	0.42	
2002	19568	21570						DWD(ICON)
4829	20436	25265						
3949	1416	5365	63	82	0.29	0.72	0.56	
878	18845	19723						Компл4
4827	20261	25088						



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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
260	232	492	34	49	0.44	0.50	0.33	
269	24504	24773						France
529	24736	25265						
239	261	500	33	51	0.56	0.48	0.32	
226	21814	22040						Cosmo-2,2
465	22075	22540						
309	427	736	34	63	0.87	0.49	0.32	
183	22716	22899						Cosmo-6,6
492	23143	23635						
160	115	275	25	30	0.22	0.39	0.24	
369	24621	24990						DWD(ICON)
529	24736	25265						
393	224	617	52	74	0.42	0.68	0.51	
136	24335	24471						Компл4
529	24559	25088						

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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
5	6	11	13	16	0.19	0.23	0.13	
27	25227	25254						France
32	25233	25265						
1	22	23	2	4	0.79	0.04	0.02	
27	22490	22517						Cosmo-2,2
28	22512	22540						
8	23	31	15	26	0.74	0.26	0.15	
23	23581	23604						Cosmo-6,6
31	23604	23635						
5	15	20	11	16	0.47	0.19	0.11	
27	25218	25245						DWD(ICON)
32	25233	25265						
19	47	66	24	59	1.47	0.39	0.24	
13	25009	25022						Компл4
32	25056	25088						