

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

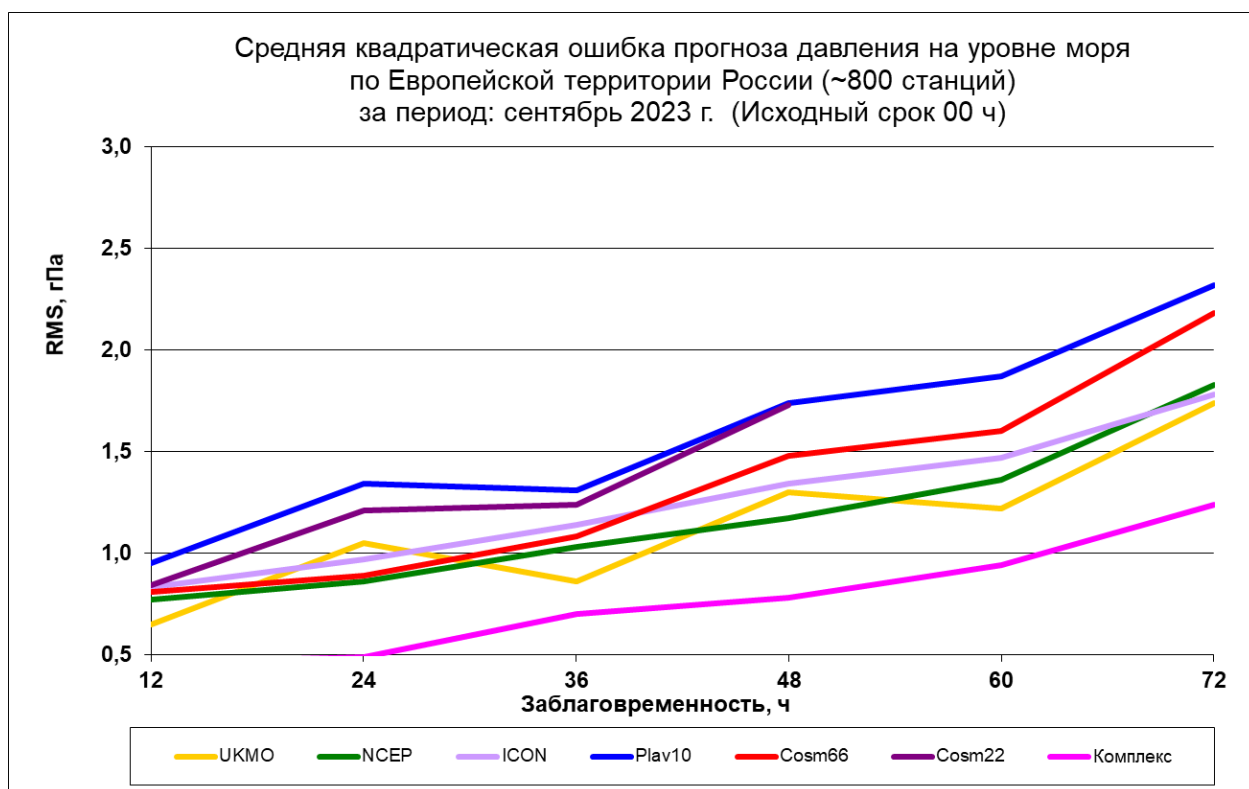
Заметим, что реальное разрешение в этих зарубежных моделях 13-20 км.

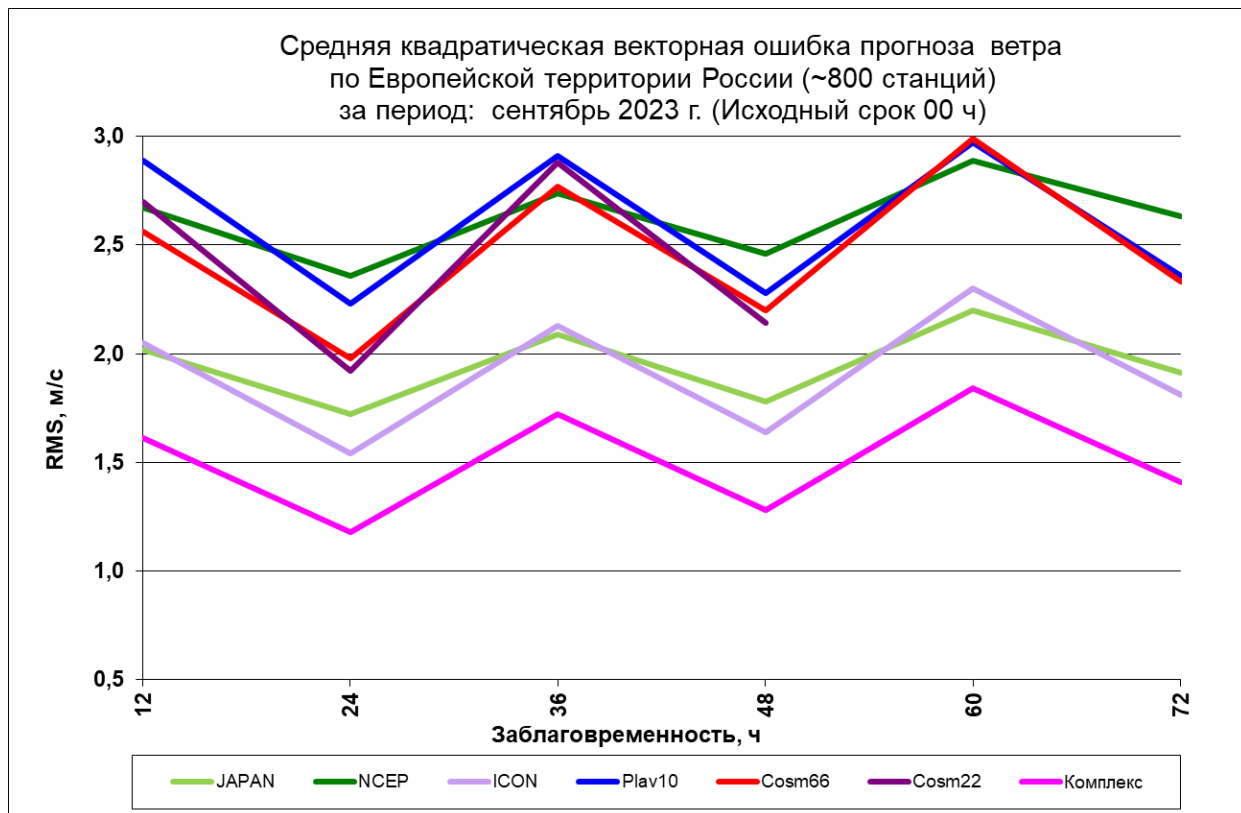
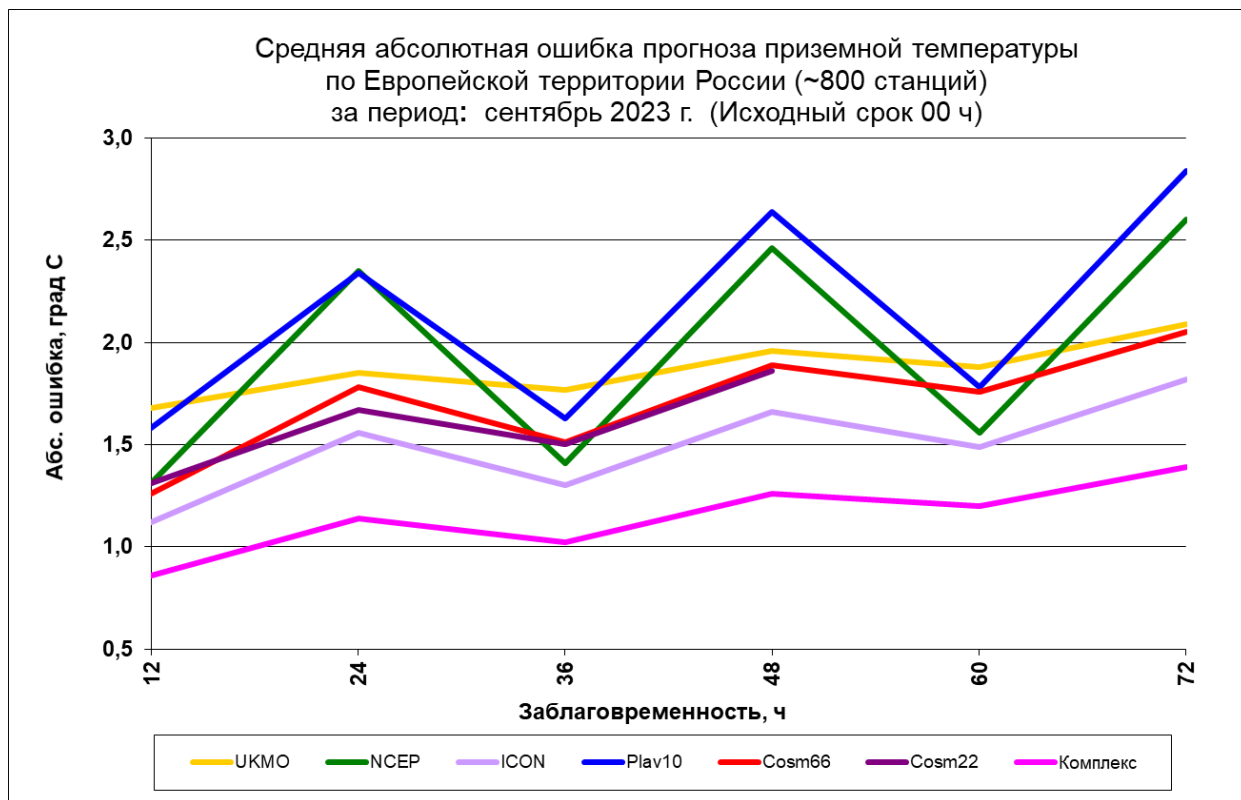
### Мезометеорологические модели:

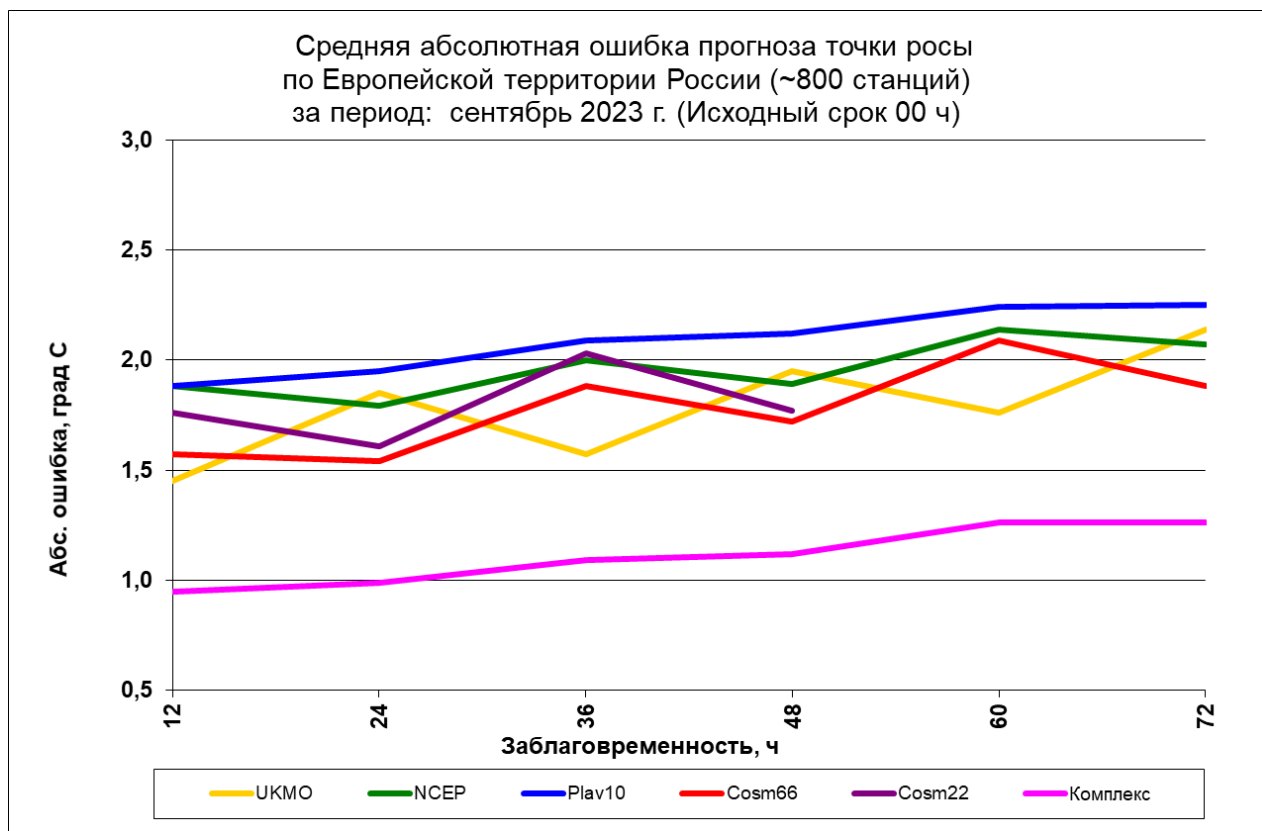
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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	
				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 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: сентябрь 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	92	94	80	80	85	67	0	0,3	0,6	8068
NCEP	91	94	76	75	81	74	0	0,4	0,7	6191
ICON	94	98	78	77	77	58	0	0,0	0,4	8068
JAPAN	94	98	81	80	78	54	0	0,0	0,4	8068
France	94	97	80	80	82	64	0	0,0	0,4	7798
Canada	94	97	82	77	80	60	0	0,0	0,4	7798
PLAV10	92	96	81	79	75	43	0	-0,1	0,4	8068
Cosmo-6,6	93	99	77	71	67	56	0	-0,1	0,4	7799
Cosmo-2,2	93	98	77	72	66	50	0	-0,1	0,5	8068
Complex	95	98	80	79	80	56	0	0,1	0,4	8067
Кол-во случаев по градациям		6549	408	640	414	57	0			

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: сентябрь 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	92	96	76	72	84	68	50	0,3	0,6	8073
NCEP	92	96	74	71	76	66	0	0,3	0,6	5120
ICON	93	98	78	73	77	63	0	0,0	0,4	7804
JAPAN	94	98	79	74	76	63	0	0,0	0,4	8073
France	93	97	77	76	81	70	0	0,0	0,4	7804
Canada	93	97	80	73	77	60	0	0,1	0,5	7804
PLAV10	93	97	77	71	78	60	0	0,0	0,4	8073
Cosmo-6,6	93	98	76	66	72	63	0	0,0	0,4	7805
Cosmo-2,2	93	98	74	70	70	56	0	0,0	0,5	7806
Complex	94	99	77	73	81	63	0	0,1	0,4	8073
Кол-во случаев по градациям		6532	366	749	384	40	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: сентябрь 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	90	93	82	80	81	66	0	0,3	0,6	8063
NCEP	90	93	74	74	78	59	0	0,4	0,8	4847
ICON	93	97	78	73	74	60	0	0,1	0,5	7794
JAPAN	93	97	81	76	69	47	0	0,0	0,5	8063
France	93	97	80	80	76	54	0	-0,1	0,4	7794
Canada	92	96	78	76	70	42	0	0,0	0,6	7794
PLAV10	90	94	80	74	70	41	0	0,0	0,5	8063
Cosmo-6,6	93	98	75	69	66	44	0	0,0	0,5	7795
Cosmo-2,2	92	98	73	68	64	40	0	0,0	0,6	7796
Complex	94	98	79	73	74	56	0	0,1	0,5	8062
Кол-во случаев по градациям		6511	402	685	415	50	0			

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	
1097	841	1938	39	56	0.43	0.52	0.36	
857	20840	21697						France
1954	21681	23635						
1214	1786	3000	33	63	0.92	0.44	0.28	
720	20430	21150						Cosmo-2,2
1934	22216	24150						
1403	1714	3117	38	71	0.86	0.50	0.33	
585	19933	20518						Cosmo-6,6
1988	21647	23635						
853	469	1322	34	43	0.23	0.48	0.31	
1154	21974	23128						DWD(ICON)
2007	22443	24450						
1482	931	2413	50	74	0.46	0.64	0.47	
525	21417	21942						Компл4
2007	22348	24355						



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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
19	22	41	18	22	0.26	0.30	0.18	
66	23528	23594						France
85	23550	23635						
23	51	74	17	28	0.62	0.29	0.17	
59	24017	24076						Cosmo-2,2
82	24068	24150						
31	75	106	19	36	0.87	0.32	0.19	
55	23474	23529						Cosmo-6,6
86	23549	23635						
14	9	23	15	16	0.10	0.16	0.15	
72	24355	24427						DWD(ICON)
86	24364	24450						
48	45	93	37	56	0.52	0.53	0.36	
38	24224	24262						Компл4
86	24269	24355						

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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
2	3	5	22	33	0.50	0.36	0.22	
4	23626	23630						France
6	23629	23635						
4	1	5	57	67	0.17	0.73	0.57	
2	24143	24145						Cosmo-2,2
6	24144	24150						
4	2	6	50	67	0.33	0.67	0.50	
2	23627	23629						Cosmo-6,6
6	23629	23635						
0	0	0	0	0	0	0	0	
6	24444	24450						DWD(ICON)
6	24444	24450						
2	4	6	20	33	0.67	0.33	0.20	
4	24345	24349						Компл4
6	24349	24355						