

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

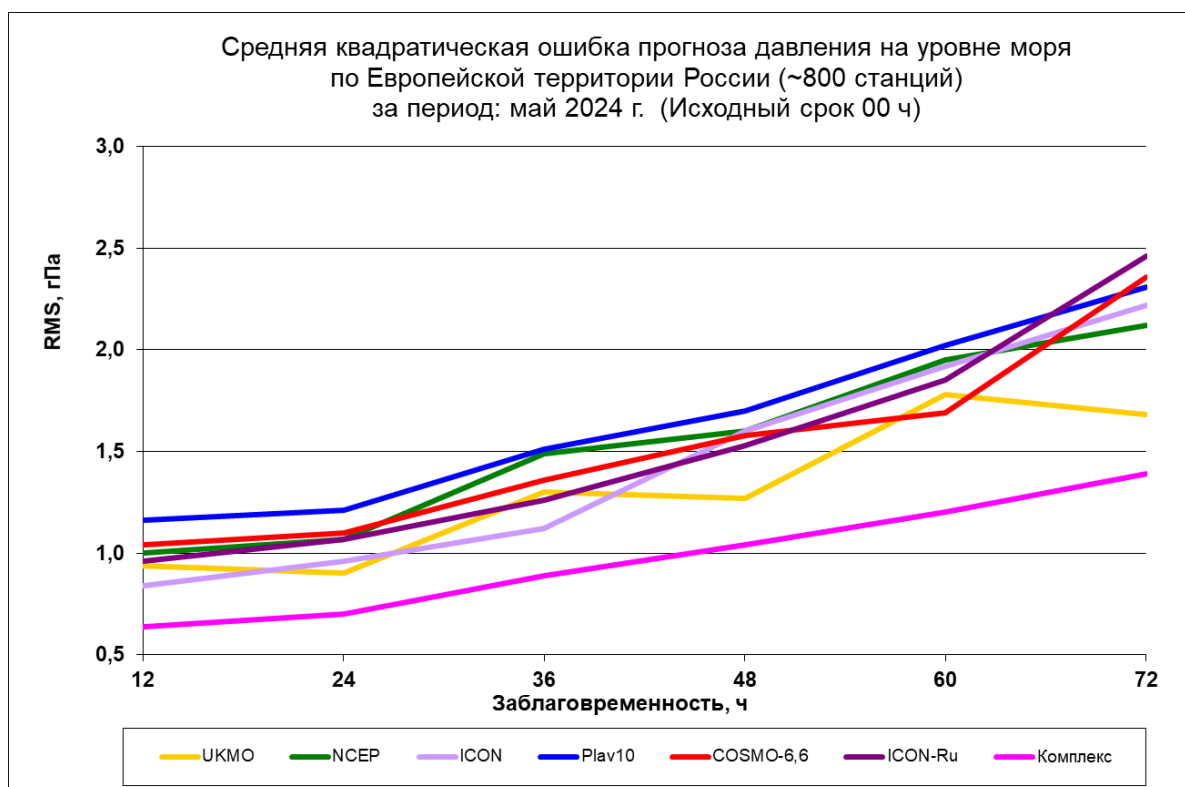
- ICON-Ru – глобальная негидростатическая модель с шагом сетки  $\sim 6,5$  км по Северному полушарию (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»).

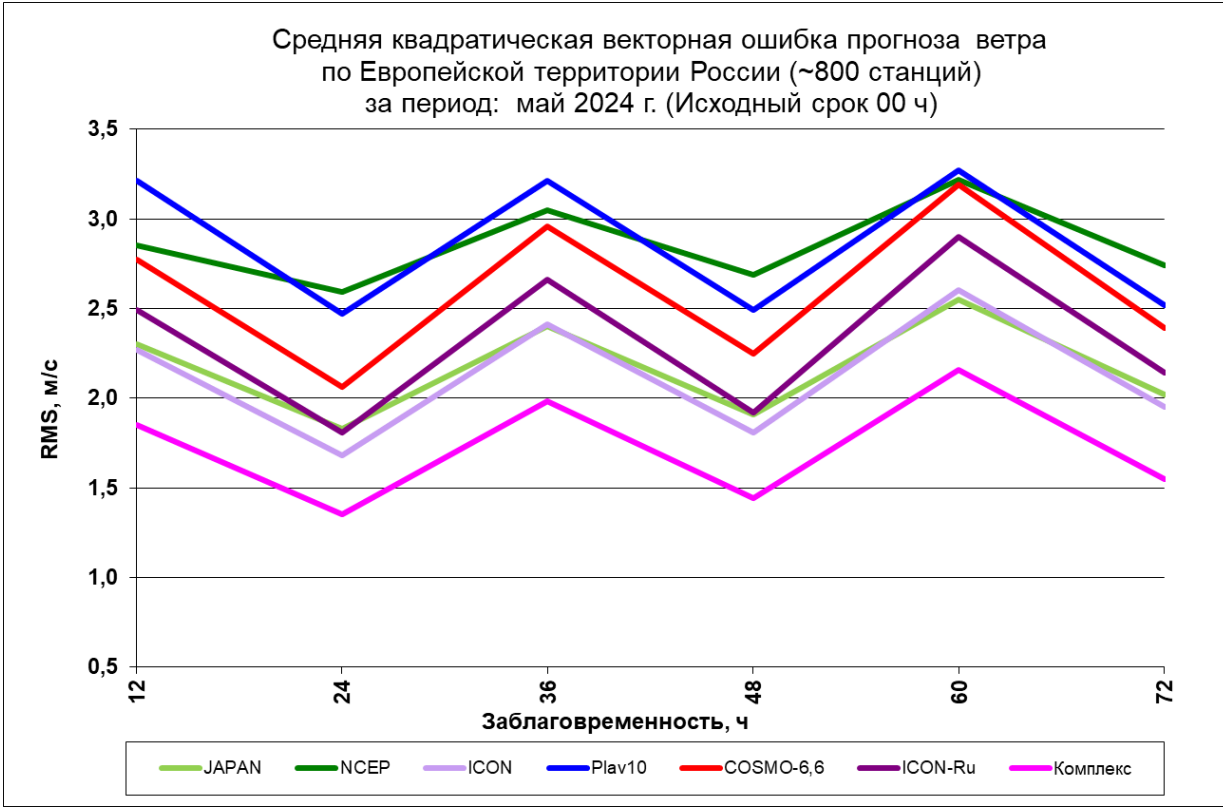
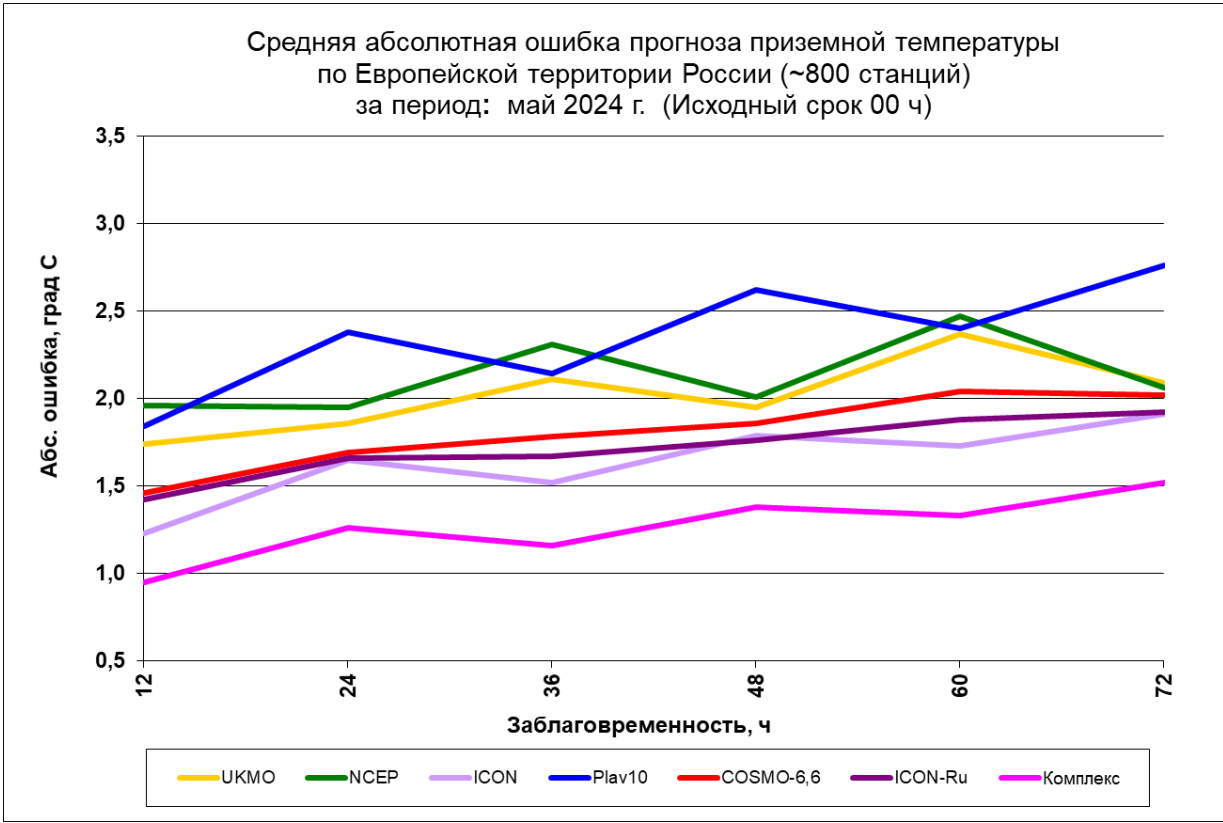
### **Мезометеорологические модели:**

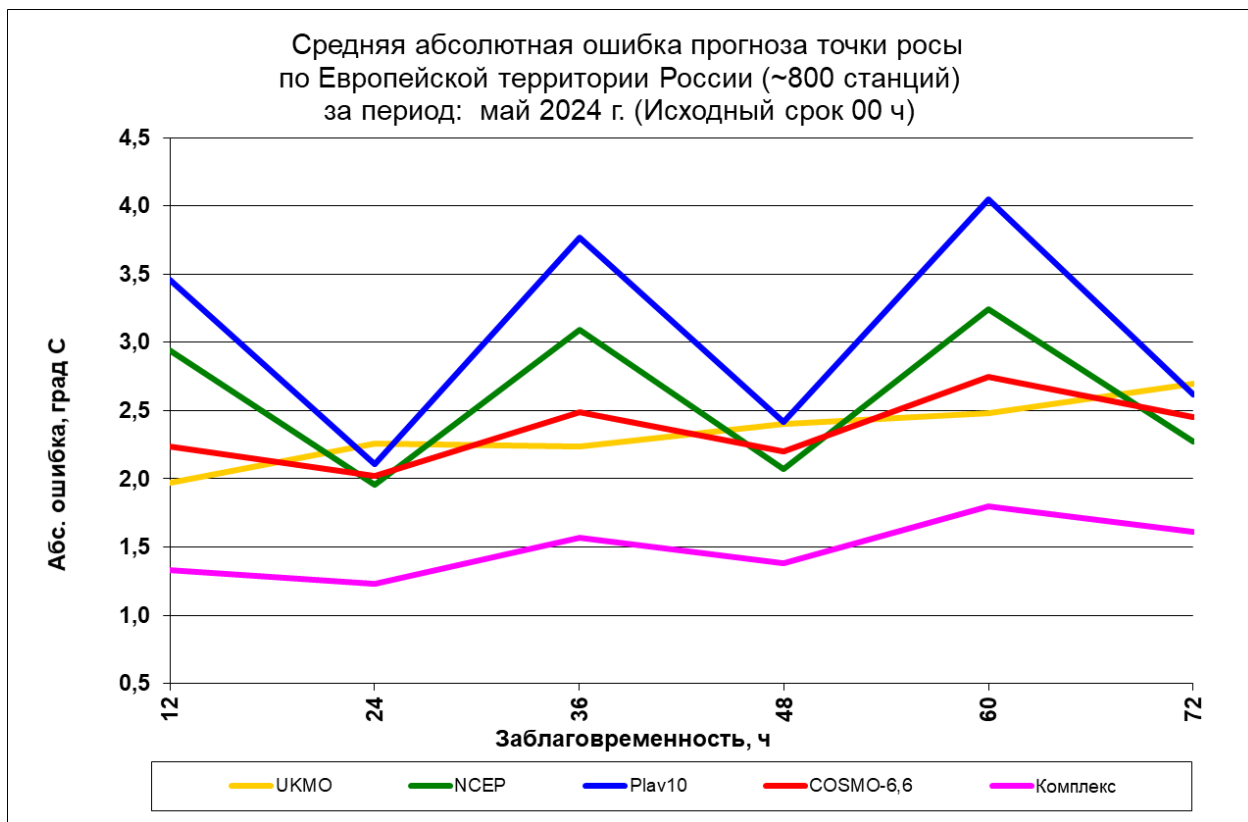
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «Комплекс» - комплексный прогноз приземных метеозаэlements 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 (P, %) прогноза количества жидких и смешанных осадков (мм/12 ч)**

Прогноз количества осадков (мм/12 ч)	P(%) 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 (P, %) прогноза количества твердых осадков (мм/12 ч)

Прогноз количества осадков (мм/12 ч)	P(%) 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 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 (P), 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: май 2024 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость $\gamma$ , %							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: $\geq 30$ ; снег: $\geq 16$ )	$\delta$	$ \delta $	
UKMO	89	93	79	83	77	52	0	0,2	0,5	6364
NCEP	74	77	61	63	82	77	0	1,6	1,8	6158
ICON	91	94	81	85	76	52	0	0,1	0,4	6364
JAPAN	90	95	79	82	71	52	0	0,1	0,5	6364
ECMWF	90	95	82	86	55	30	0	-0,2	0,5	6364
France	90	94	83	82	70	45	0	0,1	0,5	6364
Canada	90	95	81	83	64	45	0	0,0	0,5	6160
PLAV10	82	84	79	80	73	41	0	0,4	0,7	6364
COSMO-6,6	91	97	80	77	63	57	0	-0,1	0,4	5132
ICON-Ru	90	94	83	85	70	45	0	0,0	0,5	6364
Complex	92	97	82	85	68	64	0	0,0	0,4	6364
Кол-во случаев по градациям		4642	574	797	328	22	1			

P - общая оправдываемость прогноза;  $\delta$  - средняя арифметическая ошибка;  $|\delta|$  - средняя абсолютная ошибка

Оценка прогноза осадков на 30 часов (мм/12ч).  
 Европейская территория России, 1-ая метеозона (~245 стан).  
 за период: май 2024 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость $\gamma$ , %							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: $\geq 30$ ; снег: $\geq 16$ )	$\delta$	$ \delta $	
UKMO	91	95	79	79	74	42	0	0,3	0,5	6365
NCEP	85	87	74	73	82	0	0	0,6	0,8	6161
ICON	93	97	81	80	72	8	0	0,0	0,3	6365
JAPAN	92	96	80	79	69	25	0	0,1	0,4	6365
ECMWF	93	98	81	80	52	8	0	-0,1	0,3	6365
France	92	95	81	82	74	17	0	0,1	0,4	6365
Canada	92	96	82	78	67	0	0	0,1	0,4	6160
PLAV10	92	95	82	82	67	42	0	0,1	0,4	6365
COSMO-6,6	93	97	79	75	62	8	0	0,1	0,3	5131
ICON-Ru	92	96	82	76	68	50	0	0,1	0,3	6365
Complex	94	98	81	79	70	8	0	0,0	0,3	6365
Кол-во случаев по градациям		5015	391	671	282	6	0			

P - общая оправдываемость прогноза;  $\delta$  - средняя арифметическая ошибка;  $|\delta|$  - средняя абсолютная ошибка

Оценка прогноза осадков на 42 часов (мм/12ч).  
Европейская территория России, 1-ая метеозона (~245 стан).  
за период: май 2024 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость $\delta$ , %							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: $\geq 30$ ; снег: $\geq 16$ )	$\delta$	$ \delta $	
UKMO	84	88	74	76	78	60	0	0,6	0,9	6363
NCEP	74	77	59	66	78	74	0	1,7	2,0	6157
ICON	88	91	80	79	73	35	0	0,2	0,6	6363
JAPAN	88	93	78	80	65	33	0	0,1	0,6	6363
ECMWF	89	94	81	85	55	23	0	-0,1	0,5	6363
France	87	90	80	81	66	50	0	0,2	0,6	6363
Canada	88	94	80	79	61	33	0	0,0	0,6	6158
PLAV10	76	76	72	73	82	60	0	0,7	1,1	6363
COSMO-6,6	88	94	79	76	61	33	0	0,0	0,7	5131
ICON-Ru	88	92	79	81	69	31	0	0,0	0,6	6363
Complex	91	95	83	83	63	54	0	0,0	0,5	6363
Кол-во случаев по градациям		4583	589	815	351	24	1			

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;

$Pred=N11/N01$  – предупредительность 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.

<b>Евр.терр.России (~800 стан). Оценка прогнозов порывов ветра на 12 час (<math>W \geq 12</math> м/с)</b>								
			<b>P</b>	<b>Pred</b>	<b>kLT</b>	<b>BX</b>	<b>ETS</b>	
<b>2108</b>	<b>785</b>	<b>2893</b>	<b>42</b>	<b>49</b>	<b>0.18</b>	<b>0.52</b>	<b>0.35</b>	
<b>2171</b>	<b>19240</b>	<b>21411</b>						<b>France</b>
<b>4279</b>	<b>20025</b>	<b>24304</b>						
<b>2465</b>	<b>2536</b>	<b>5001</b>	<b>42</b>	<b>75</b>	<b>0.77</b>	<b>0.49</b>	<b>0.33</b>	
<b>826</b>	<b>13773</b>	<b>14599</b>						<b>Cosmo-6,6</b>
<b>3291</b>	<b>16309</b>	<b>19600</b>						
<b>2826</b>	<b>1532</b>	<b>4358</b>	<b>49</b>	<b>66</b>	<b>0.36</b>	<b>0.58</b>	<b>0.41</b>	
<b>1453</b>	<b>18493</b>	<b>19946</b>						<b>ICON-Ru</b>
<b>4279</b>	<b>20025</b>	<b>24304</b>						
<b>2273</b>	<b>775</b>	<b>3048</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>0.18</b>	<b>0.56</b>	<b>0.38</b>	
<b>2006</b>	<b>19250</b>	<b>21256</b>						<b>ICON(DWD)</b>
<b>4279</b>	<b>20025</b>	<b>24304</b>						
<b>3274</b>	<b>1433</b>	<b>4707</b>	<b>57</b>	<b>77</b>	<b>0.34</b>	<b>0.67</b>	<b>0.50</b>	
<b>1000</b>	<b>18240</b>	<b>19240</b>						<b>Компл4</b>
<b>4274</b>	<b>19673</b>	<b>23947</b>						

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

	P	Pred	kLT	BX	ETS	
52 48 100	17	20	0.18	0.28	0.17	
209 23995 24204						France
261 24043 24304						
66 119 185	22	37	0.66	0.36	0.22	
113 19302 19415						Cosmo-6,6
179 19421 19600						
59 41 100	20	23	0.16	0.32	0.19	
202 24002 24204						ICON(DWD)
261 24043 24304						
83 140 223	21	32	0.54	0.34	0.20	
178 23903 24081						ICON-Ru
261 24043 24304						
140 188 328	31	54	0.72	0.47	0.31	
121 23498 23619						Компл4
261 23686 23947						

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

	P	Pred	kLT	BX	ETS	
0 1 1	0	0	0.14	0	0	
7 24296 24303						France
7 24297 24304						
2 19 21	8	29	2.71	0.14	0.08	
5 19574 19579						Cosmo-6,6
7 19593 19600						
2 4 6	18	29	0.57	0.31	0.18	
5 24293 24298						ICON(DWD)
7 24297 24304						
2 8 10	13	29	1.14	0.24	0.13	
5 24289 24294						ICON-Ru
7 24297 24304						
4 17 21	17	57	2.43	0.29	0.17	
3 23923 23926						Компл4
7 23940 23947						

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 (81 адм. центр). Оценка прогнозов порывов ветра на ~36 ч**

<b>СИНОП(КП-68)</b>				<b>ICON-Ru</b>				<b>Комплекс</b>			
				<b>порывы <math>\geq 12</math> м/с</b>							
315	351	666		303	201	504		358	150	508	
152	1676	1828	<b>0.28</b>	164	1826	1990	<b>0.36</b>	109	1877	1986	<b>0.50</b>
467	2027	2494		467	2027	2494		467	2027	2494	
				<b>порывы <math>\geq 18</math> м/с</b>							
31	118	149		18	27	45		38	21	59	
22	2323	2345	<b>0.17</b>	35	2414	2449	<b>0.23</b>	15	2420	2435	<b>0.51</b>
53	2441	2494		53	2441	2494		53	2441	2494	
				<b>порывы <math>\geq 24</math> м/с</b>							
0	3	3		0	3	3		1	2	3	
2	2489	2491	<b>0.00</b>	2	2489	2491	<b>0.00</b>	1	2490	2491	<b>0.25</b>
2	2492	2494		2	2492	2494		2	2492	2494	

**красным цветом – это критерий ETS**