

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

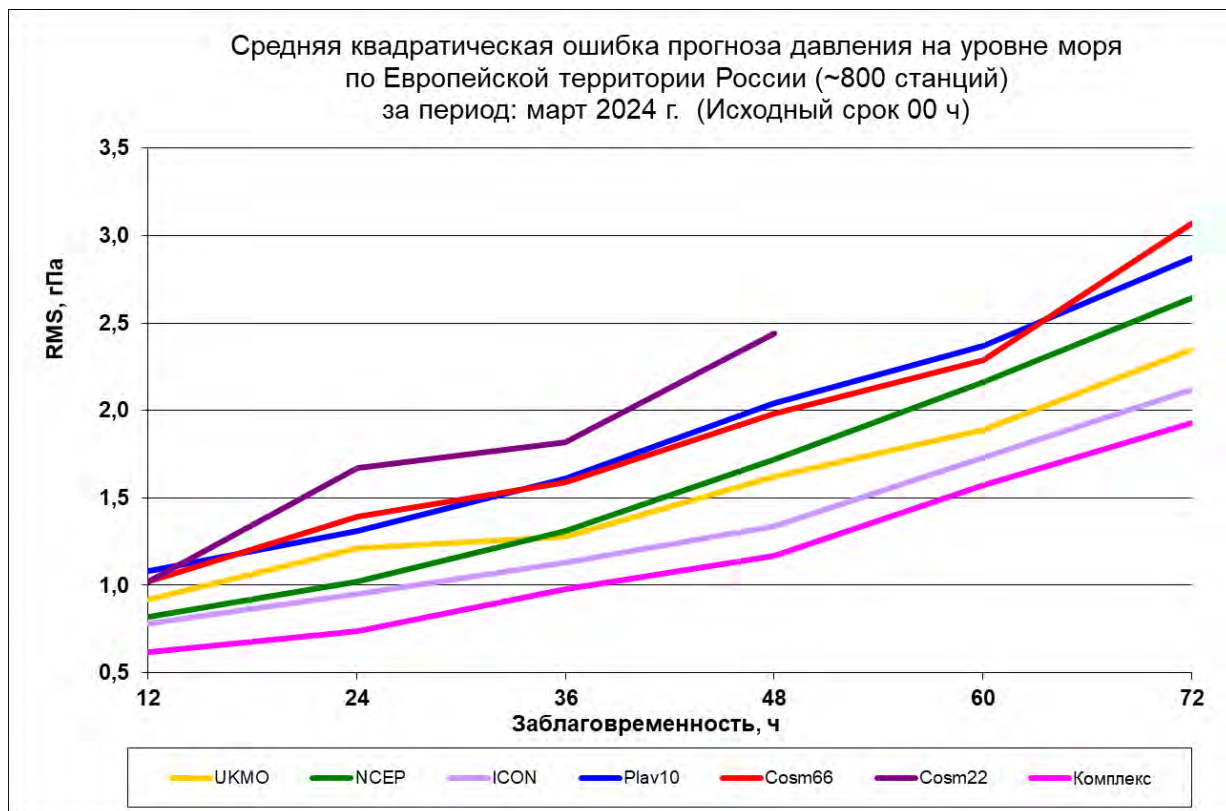
Заметим, что реальное разрешение этих моделей 10-15 км.

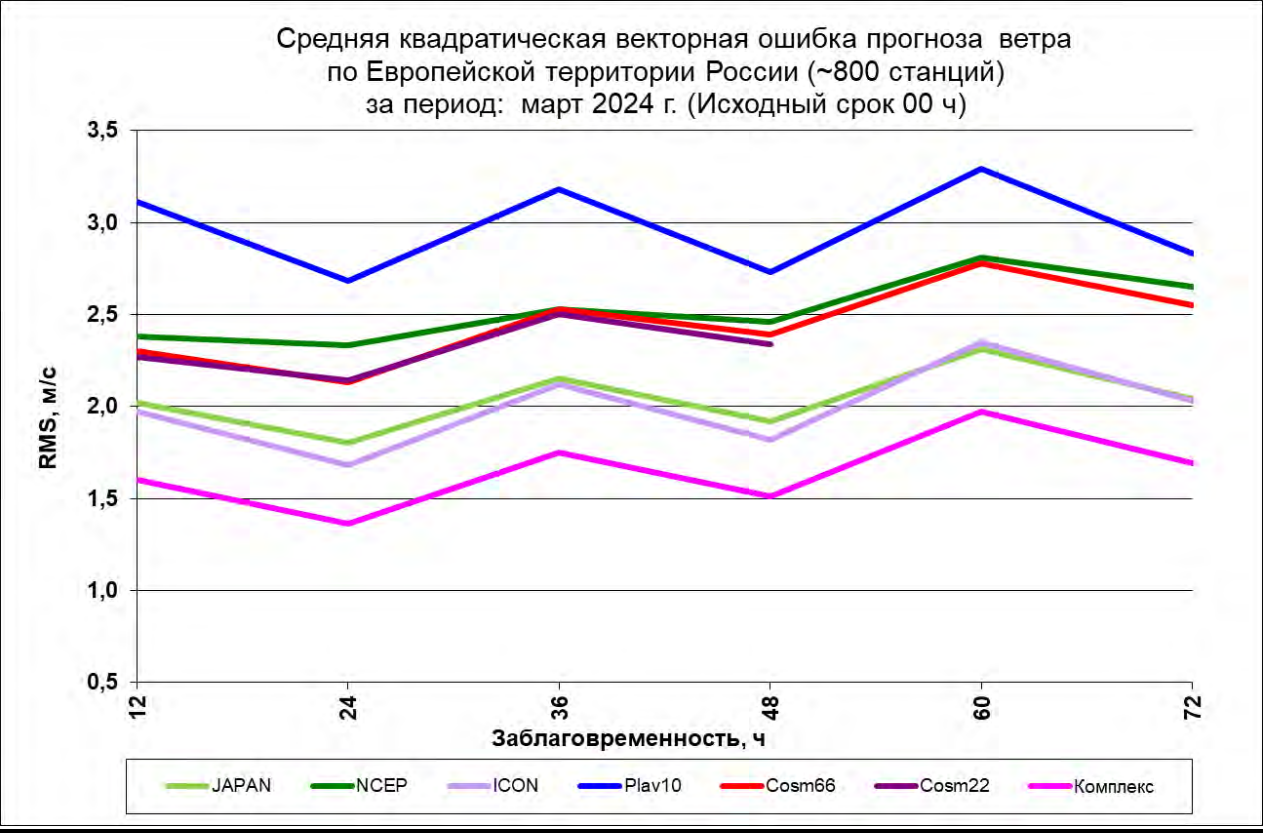
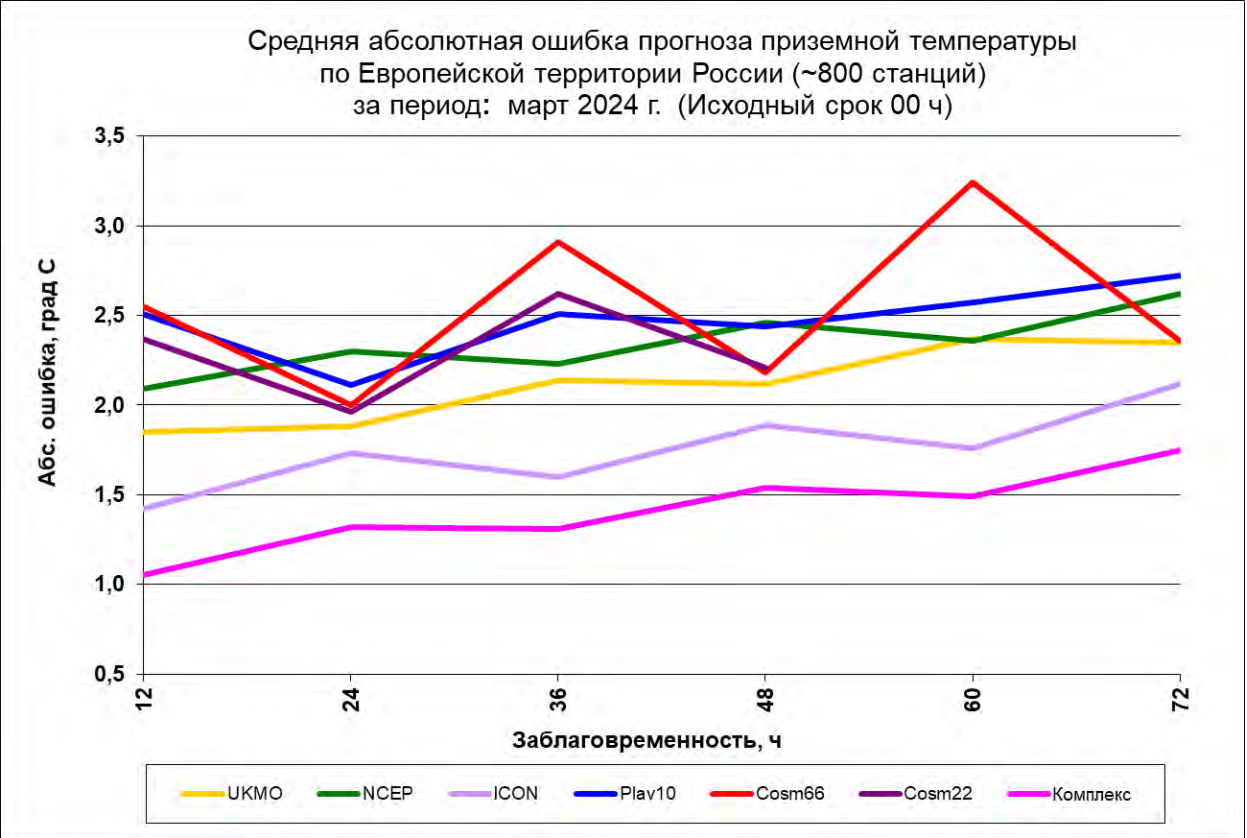
Мезометеорологические модели:

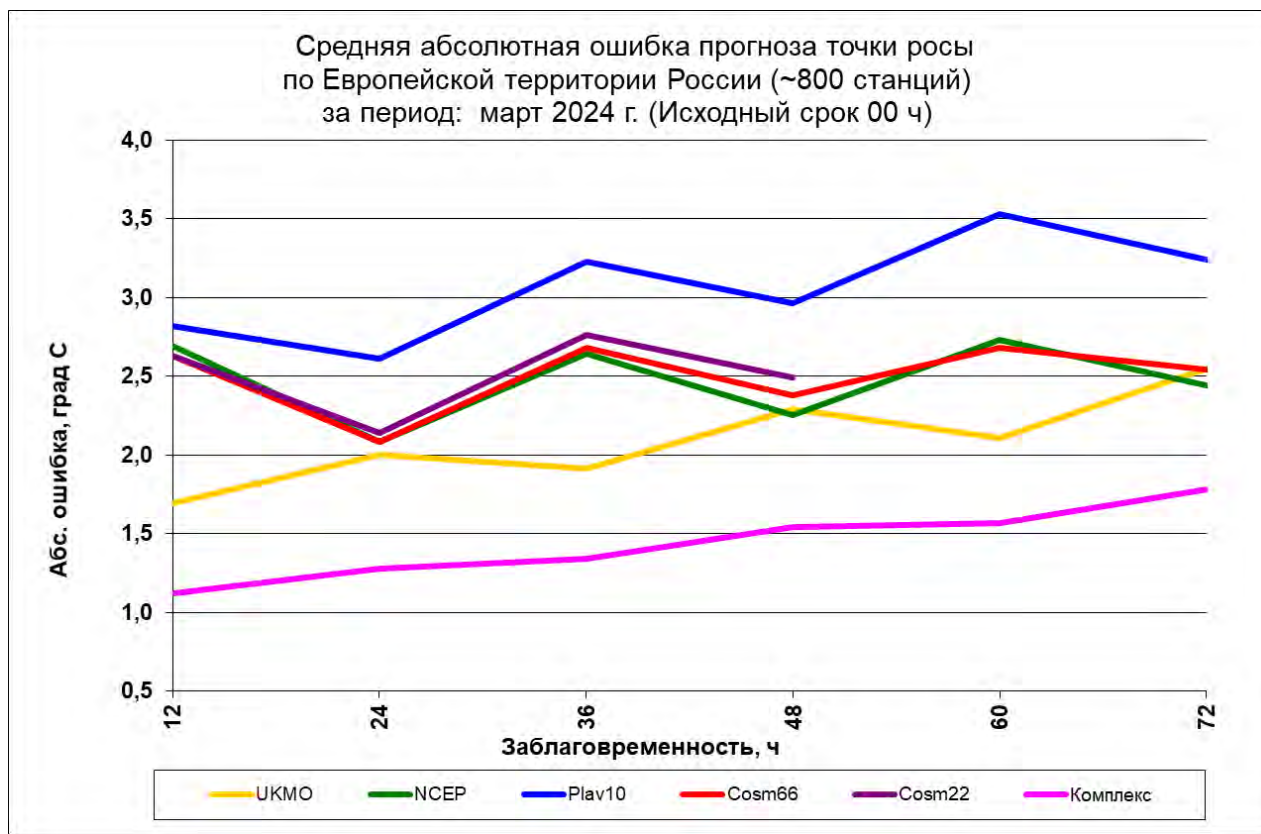
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «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 (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 (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: март 2024 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость γ , %							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	93	96	83	83	84	63	0	0,1	0,3	7669
NCEP	89	92	84	77	88	80	0	0,4	0,6	7669
ICON	94	98	81	85	81	76	0	0,0	0,3	7669
JAPAN	94	98	83	84	81	67	0	0,0	0,3	7669
ECMWF	93	98	82	89	60	30	0	-0,2	0,3	7419
France	94	98	83	86	84	67	0	0,0	0,3	7669
Canada	92	95	87	82	81	61	0	0,1	0,4	7669
PLAV10	92	95	85	81	84	65	0	0,2	0,4	7669
Cosmo-6,6	92	95	85	85	81	78	0	0,1	0,4	7178
Cosmo-2,2	93	97	82	84	76	70	0	0,0	0,3	6675
Complex	94	99	82	81	86	78	0	0,1	0,3	7669
Кол-во случаев по градациям		5583	646	977	434	27	2			

P - общая оправдываемость прогноза; δ - 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: март 2024 г. (исходный срок 00 ч)

Метод прогноза	Оправдываемость γ , %							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	92	95	85	85	83	64	0	0,1	0,3	7421
NCEP	92	95	82	80	85	81	0	0,3	0,4	7421
ICON	93	97	81	84	81	61	25	0,0	0,3	7421
JAPAN	93	97	82	83	79	66	0	0,0	0,3	7421
ECMWF	92	98	82	82	55	27	0	-0,2	0,3	7171
France	93	96	83	85	84	70	25	0,1	0,3	7421
Canada	90	91	88	85	79	64	0	0,1	0,4	7421
PLAV10	92	95	83	82	85	68	0	0,1	0,4	7421
Cosmo-6,6	90	93	82	81	82	66	33	0,2	0,4	6931
Cosmo-2,2	90	93	84	81	79	57	0	0,1	0,4	6432
Complex	94	98	81	84	85	68	0	0,0	0,3	7421
Кол-во случаев по градациям		5484	572	977	362	22	4			

P - общая оправдываемость прогноза; δ - 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: март 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	91	95	84	81	83	54	0	0,1	0,4	7419
NCEP	89	94	78	75	81	74	0	0,4	0,6	5691
ICON	93	97	80	82	75	69	0	0,0	0,3	7419
JAPAN	92	97	82	80	74	54	0	0,0	0,4	7419
ECMWF	92	97	83	87	52	29	0	-0,2	0,4	7170
France	92	96	83	83	80	46	0	0,1	0,4	7419
Canada	89	92	85	83	73	52	0	0,2	0,5	7419
PLAV10	88	91	85	79	80	65	0	0,2	0,5	7419
Cosmo-6,6	87	90	83	80	77	70	0	0,2	0,5	6930
Cosmo-2,2	89	93	84	80	75	65	0	0,1	0,5	6432
Complex	93	98	83	80	81	74	0	0,1	0,3	7419
Кол-во случаев по градам		5384	615	959	432	27	2			

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	
1261	754	2015	47	64	0.39	0.60	0.43	
695	22555	23250						France
1956	23309	25265						
930	475	1405	42	54	0.28	0.56	0.39	
788	19542	20330						Cosmo-2,2
1718	20017	21735						
1203	794	1997	46	67	0.44	0.60	0.43	
602	21036	21638						Cosmo-6,6
1805	21830	23635						
1028	339	1367	45	53	0.17	0.59	0.42	
928	22970	23898						DWD(ICON)
1956	23309	25265						
1605	975	2580	55	82	0.50	0.68	0.51	
348	22094	22442						Компл4
1953	23069	25022						

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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
41	39	80	20	25	0.23	0.33	0.20	
126	25059	25185						France
167	25098	25265						
43	49	92	21	28	0.32	0.35	0.21	
109	21534	21643						Cosmo-2,2
152	21583	21735						
44	56	100	20	27	0.34	0.33	0.20	
122	23413	23535						Cosmo-6,6
166	23469	23635						
42	31	73	21	25	0.19	0.35	0.21	
125	25067	25192						DWD(ICON)
167	25098	25265						
109	146	255	35	66	0.88	0.51	0.35	
57	24710	24767						Компл4
166	24856	25022						

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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
0	2	2	0	0	0.67	0	0	
3	25260	25263						France
3	25262	25265						
0	2	2	0	0	1.00	0	0	
2	21731	21733						Cosmo-2,2
2	21733	21735						
0	1	1	0	0	0.33	0	0	
3	23631	23634						Cosmo-6,6
3	23632	23635						
0	2	2	0	0	0.67	0	0	
3	25260	25263						DWD(ICON)
3	25262	25265						
0	10	10	0	0	3.33	0	0	
3	25009	25012						Компл4
3	25019	25022						

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

СИНОП(КП-68)				Cosmo-6,6				Комплекс			
				порывы ≥ 12 м/с							
149	241	390		141	136	277		177	129	306	
71	2115	2186	0.27	79	2220	2299	0.35	43	2227	2270	0.47
220	2356	2576		220	2356	2576		220	2356	2576	
				порывы ≥ 18 м/с							
14	59	73		8	9	17		15	15	30	
9	2494	2503	0.17	15	2544	2559	0.25	8	2538	2546	0.39
23	2553	2576		23	2553	2576		23	2553	2576	
				порывы ≥ 24 м/с							
0	3	3		0	0	0		0	2	2	
2	2571	2573	0.00	2	2574	2576	0.00	2	2572	2574	0.00
2	2574	2576		2	2574	2576		2	2574	2576	

красным цветом – это критерий ETS