

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

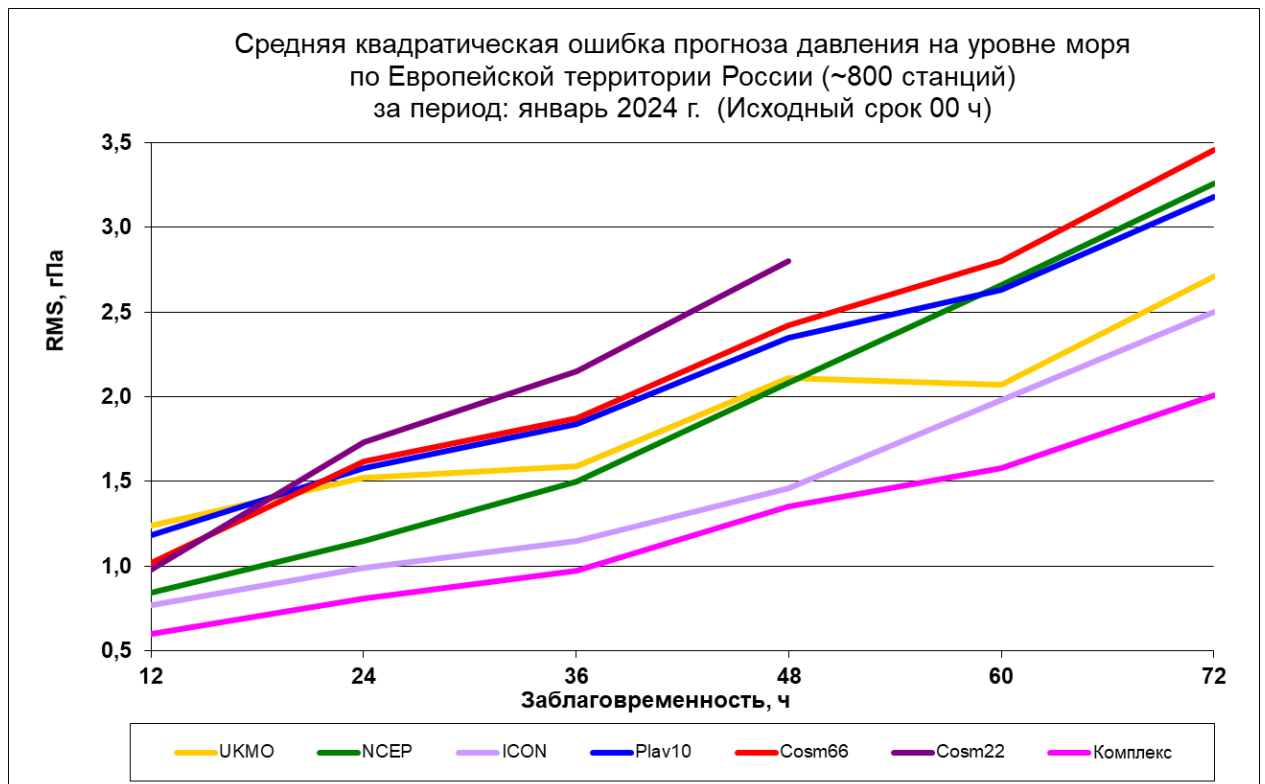
Заметим, что реальное разрешение в этих моделях 10-15 км.

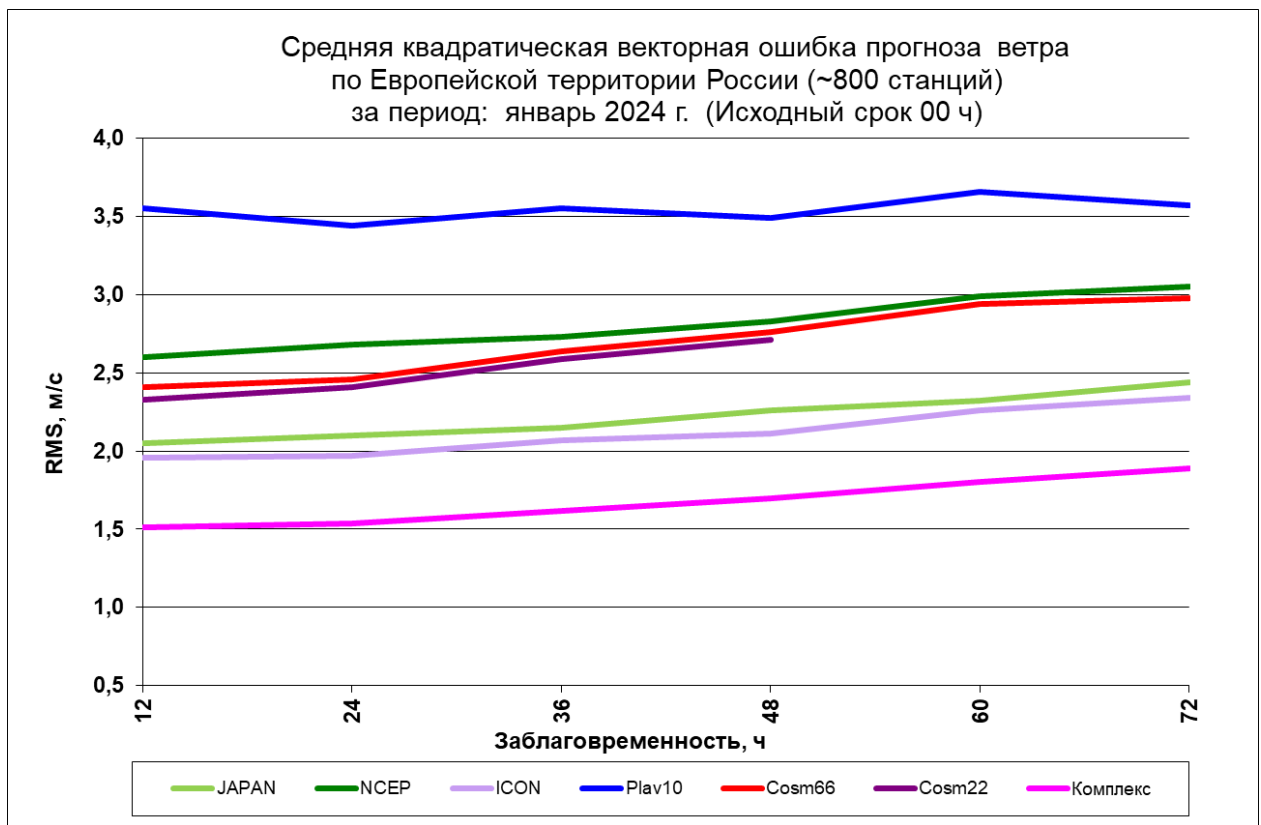
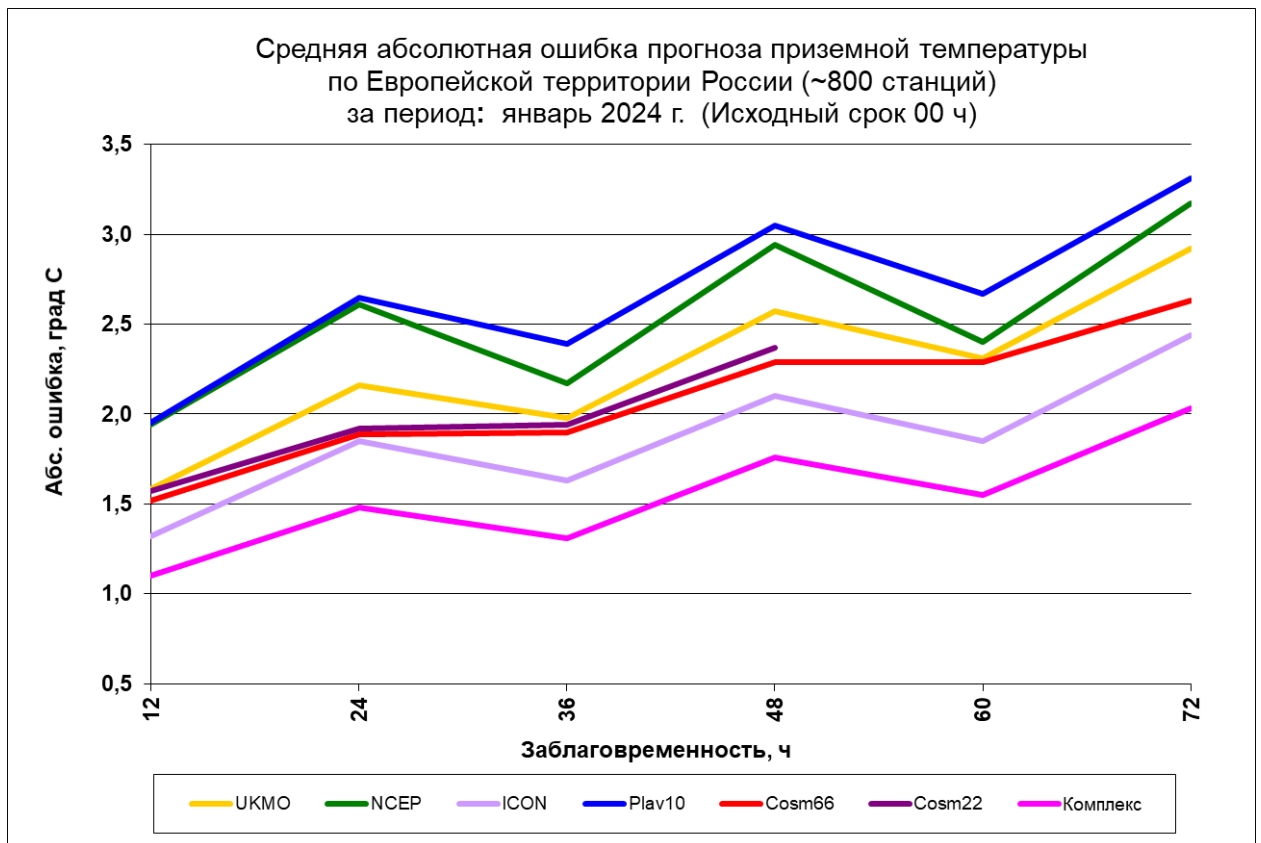
Мезометеорологические модели:

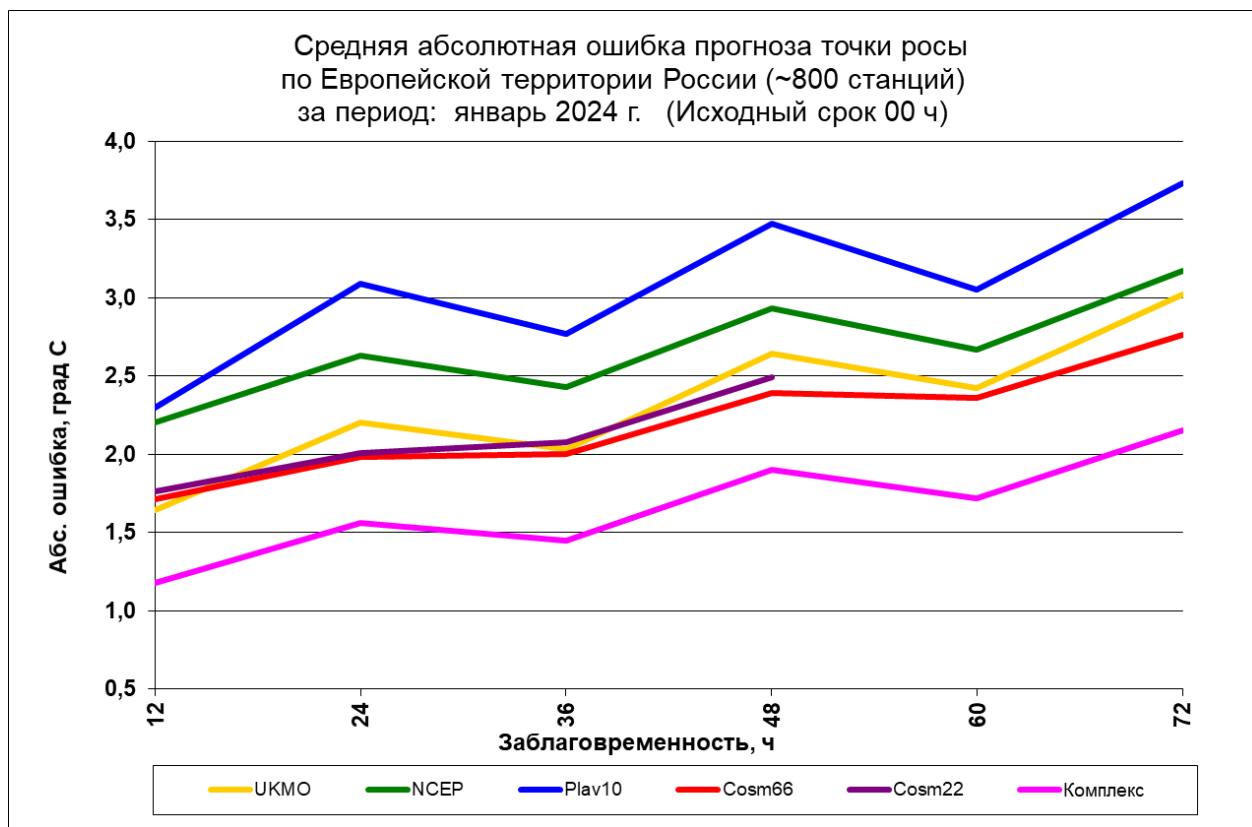
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «Комплекс» - комплексный прогноз приземных метеозадач 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: январь 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	89	95	85	86	84	69	0	0,1	0,5	7269
NCEP	87	93	82	78	87	82	60	0,5	0,8	7269
ICON	89	97	81	84	83	73	0	0,0	0,5	7269
JAPAN	89	95	83	85	84	67	0	0,0	0,5	7033
ECMWF	86	97	81	86	61	44	0	-0,4	0,6	7269
France	89	96	84	87	83	65	0	0,0	0,5	7269
Canada	88	92	89	87	83	66	0	0,1	0,6	7269
PLAV10	88	93	83	85	82	67	0	0,1	0,5	7269
Cosmo-6,6	89	96	85	83	84	76	0	0,0	0,5	7035
Cosmo-2,2	88	95	84	83	84	74	20	0,1	0,5	6798
Complex	90	98	82	87	79	63	0	-0,1	0,5	7269
Кол-во случаев по градам		3192	975	1934	1039	124	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: январь 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	93	83	85	85	70	14	0,1	0,6	7047
NCEP	86	91	82	77	88	78	14	0,6	0,9	7047
ICON	88	96	81	84	82	74	0	0,0	0,5	7047
JAPAN	88	93	82	86	82	72	0	0,0	0,5	6812
ECMWF	86	97	80	86	60	41	0	-0,4	0,6	7047
France	88	95	82	85	82	68	14	0,0	0,5	7047
Canada	87	89	86	86	84	71	0	0,1	0,6	7047
PLAV10	87	93	83	84	83	69	0	0,1	0,6	7047
Cosmo-6,6	87	94	81	82	82	78	29	0,1	0,6	6815
Cosmo-2,2	87	94	80	82	82	77	50	0,1	0,6	6578
Complex	89	97	82	85	82	72	0	0,0	0,5	7047
Кол-во случаев по градам		3143	878	1847	1078	94	7			

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: январь 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	87	94	83	83	81	69	0	0,1	0,6	7033
NCEP	85	92	81	78	85	79	67	0,4	0,7	5165
ICON	88	96	81	84	80	67	0	0,0	0,5	7033
JAPAN	87	94	82	85	78	57	0	0,0	0,6	6798
ECMWF	85	97	80	84	60	39	0	-0,4	0,6	7033
France	88	95	84	85	79	61	0	-0,1	0,5	7033
Canada	86	89	88	86	81	66	0	0,1	0,6	7033
PLAV10	85	92	83	84	76	57	0	0,0	0,6	7033
Cosmo-6,6	86	92	83	81	79	67	0	0,1	0,7	6801
Cosmo-2,2	86	94	83	81	79	65	20	0,1	0,6	6563
Complex	89	97	82	86	76	60	0	-0,1	0,5	7033
Кол-во случаев по градациям		3065	926	1898	1017	122	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 (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	
2366	1842	4208	49	78	0.61	0.60	0.43	
661	20396	21057						France
3027	22238	25265						
1880	1055	2935	48	65	0.37	0.60	0.42	
1000	19410	20410						Cosmo-2,2
2880	20465	23345						
2364	1698	4062	50	79	0.57	0.62	0.45	
626	19762	20388						Cosmo-6,6
2990	21460	24450						
1434	575	2009	40	47	0.19	0.52	0.36	
1593	21663	23256						DWD(ICON)
3027	22238	25265						
2461	1280	3741	57	81	0.42	0.69	0.52	
561	20690	21251						Компл4
3022	21970	24992						

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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
99	243	342	18	33	0.81	0.30	0.18	
200	24723	24923						France
299	24966	25265						
58	110	168	15	22	0.41	0.26	0.15	
210	22967	23177						Cosmo-2,2
268	23077	23345						
82	181	263	18	29	0.64	0.29	0.17	
202	23985	24187						Cosmo-6,6
284	24166	24450						
46	85	131	12	15	0.28	0.21	0.12	
253	24881	25134						DWD(ICON)
299	24966	25265						
182	196	378	37	61	0.66	0.53	0.36	
117	24497	24614						Компл4
299	24693	24992						

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

			P	Pred	kLT	BX	ETS	
2	5	7	7	9	0.22	0.13	0.07	
21	25237	25258						France
23	25242	25265						
5	10	15	16	23	0.45	0.27	0.16	
17	23313	23330						Cosmo-2,2
22	23323	23345						
2	8	10	7	9	0.36	0.12	0.07	
20	24420	24440						Cosmo-6,6
22	24428	24450						
2	11	13	6	9	0.48	0.11	0.06	
21	25231	25252						DWD(ICON)
23	25242	25265						
12	34	46	21	52	1.48	0.35	0.21	
11	24935	24946						Компл4
23	24969	24992						

Синоптики в административных центрах России наряду с прогнозами различных метеозадач 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, а также модели Cosmo-6.6 и Комплексного прогноза.

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

СИНОП(КП-68)				Cosmo-6,6				Комплекс			
				порывы ≥ 12 м/с							
170	315	485		178	198	376		192	121	313	
70	1935	2005	0.24	62	2052	2114	0.35	48	2129	2177	0.49
240	2250	2490		240	2250	2490		240	2250	2490	
				порывы ≥ 18 м/с							
11	64	75		7	19	26		14	11	25	
10	2405	2415	0.13	14	2450	2464	0.17	7	2458	2465	0.44
21	2469	2490		21	2469	2490		21	2469	2490	
				порывы ≥ 24 м/с							
1	2	3		0	0	0		1	0	1	
0	2487	2487	0.33	1	2489	2490	0.00	0	2489	2489	1.00
1	2489	2490		1	2489	2490		1	2489	2490	

Красным цветом – это критерий ETS