

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

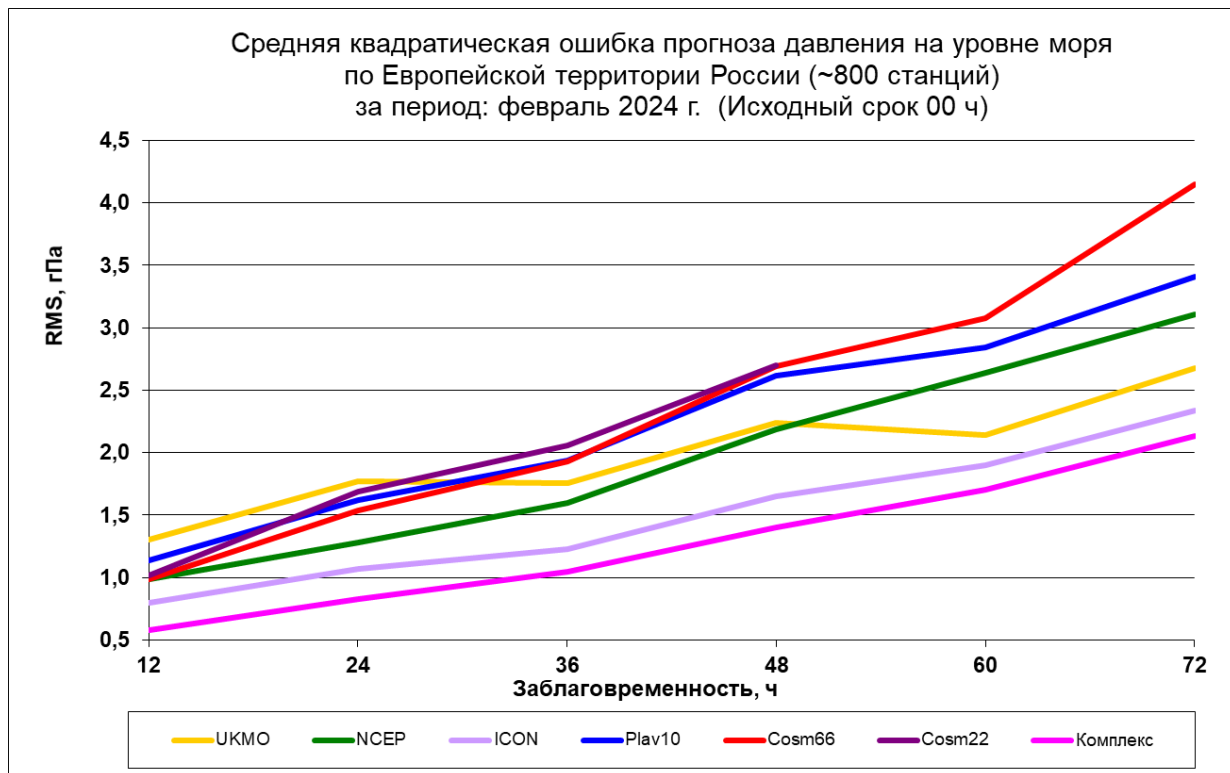
Заметим, что реальное разрешение этих моделей 10-15 км.

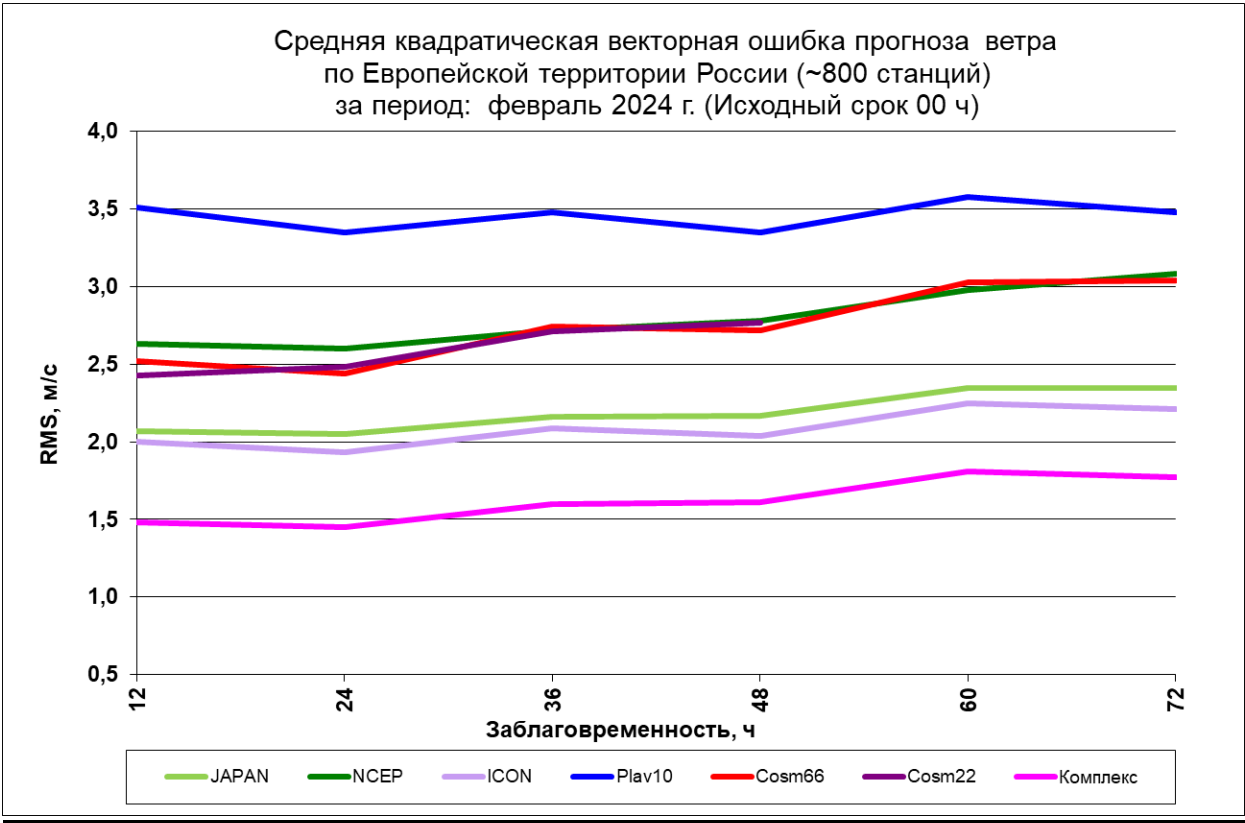
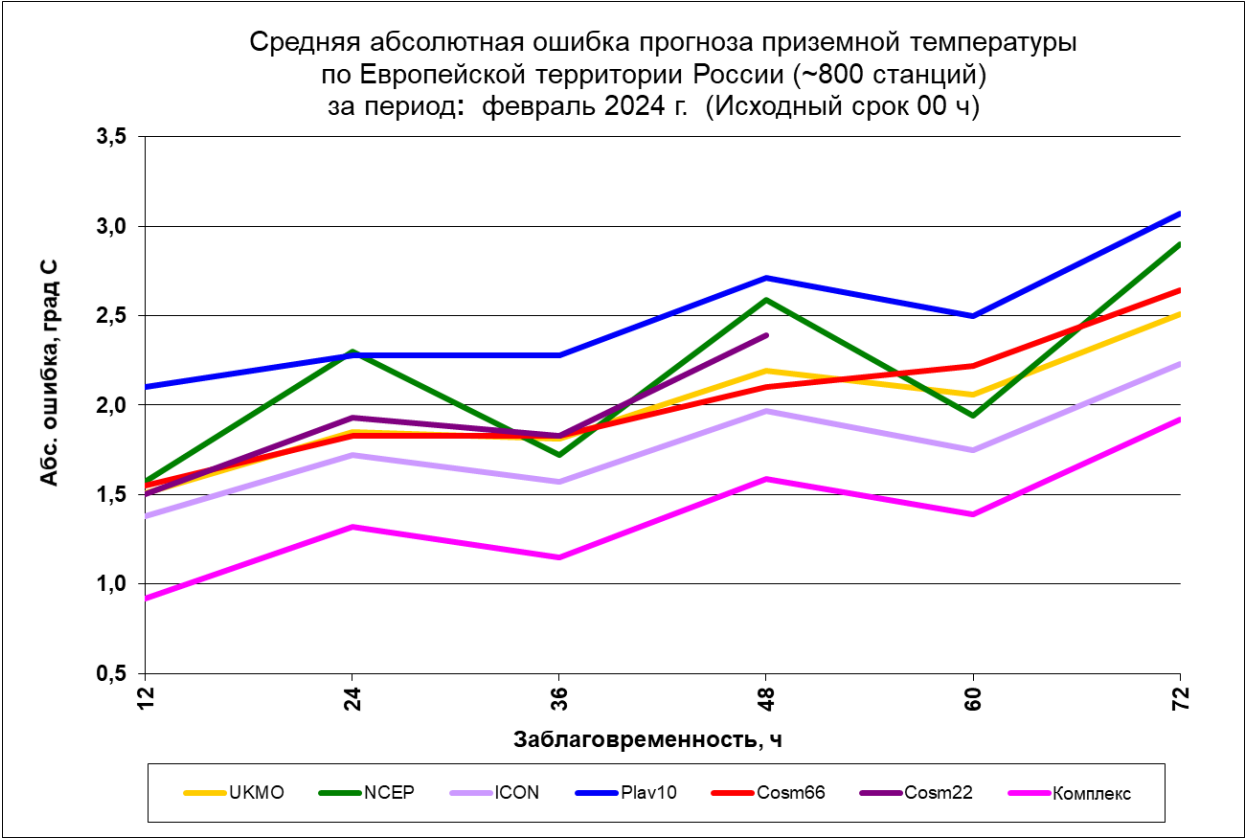
Мезометеорологические модели:

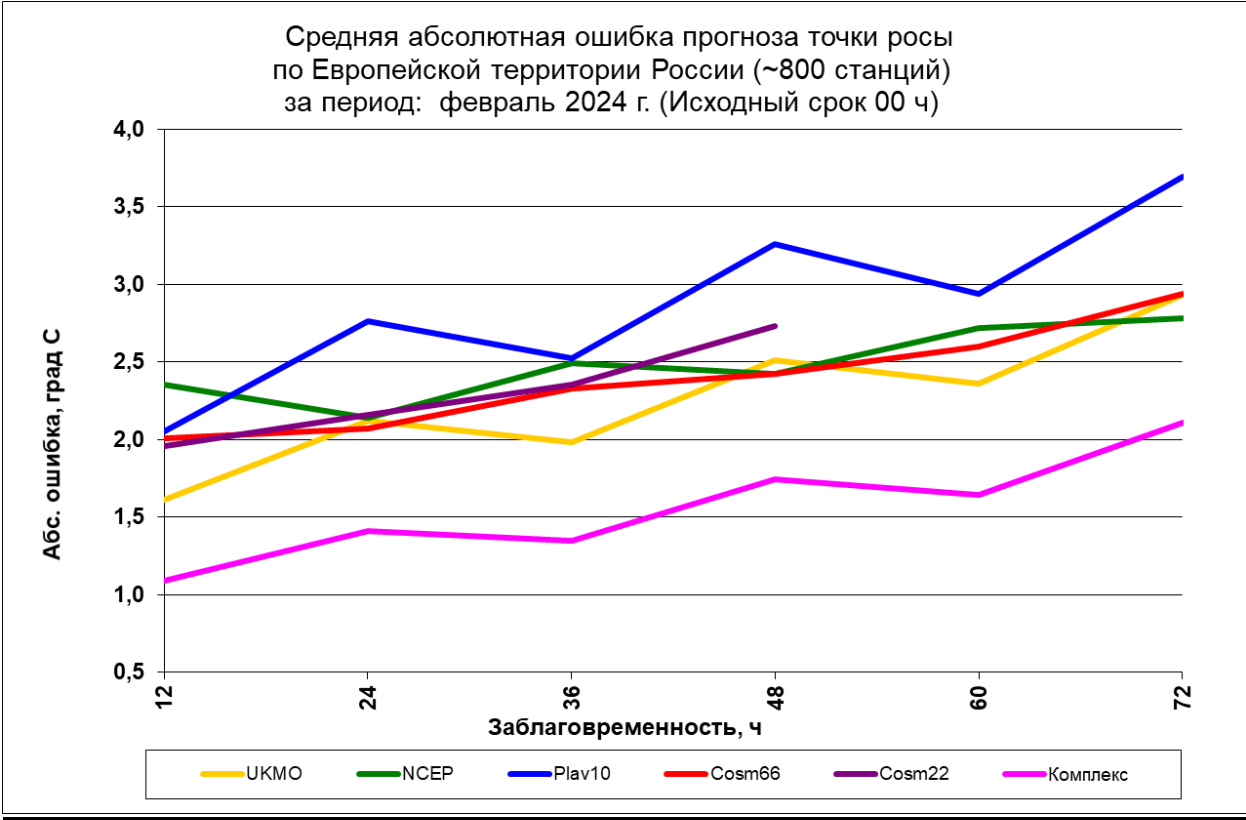
- COSMO-6,6 и COSMO-2,2 – негидростатические мезомасштабные модели с шагом сетки 6,6 км и 2,2 км (Консорциум COSMO, ФГБУ «Гидрометцентр России»);

- «Комплекс» - комплексный прогноз приземных метеозадающих 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: февраль 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 | 93 | 85 | 87 | 86 | 74 | 0 | 0,1 | 0,5 | 7031 |
| NCEP | 86 | 91 | 84 | 79 | 88 | 88 | 0 | 0,6 | 0,8 | 6787 |
| ICON | 90 | 96 | 83 | 86 | 83 | 77 | 0 | 0,0 | 0,4 | 7031 |
| JAPAN | 90 | 94 | 85 | 89 | 83 | 67 | 0 | 0,1 | 0,5 | 7031 |
| ECMWF | 86 | 97 | 82 | 86 | 59 | 36 | 0 | -0,4 | 0,5 | 6787 |
| France | 90 | 94 | 86 | 87 | 84 | 74 | 0 | 0,1 | 0,4 | 7031 |
| Canada | 87 | 87 | 90 | 88 | 83 | 67 | 0 | 0,2 | 0,6 | 7031 |
| PLAV10 | 88 | 91 | 87 | 85 | 86 | 64 | 0 | 0,2 | 0,6 | 7031 |
| Cosmo-6,6 | 89 | 93 | 86 | 87 | 84 | 77 | 0 | 0,1 | 0,5 | 5882 |
| Cosmo-2,2 | 89 | 94 | 85 | 84 | 83 | 78 | 0 | 0,1 | 0,5 | 6183 |
| Complex | 91 | 98 | 84 | 89 | 80 | 78 | 0 | 0,0 | 0,4 | 7031 |
| Кол-во случаев по градациям | | 3277 | 1043 | 1843 | 742 | 125 | 1 | | | |

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: февраль 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 | 91 | 85 | 85 | 86 | 69 | 0 | 0,1 | 0,6 | 7043 |
| NCEP | 85 | 90 | 84 | 77 | 86 | 80 | 0 | 0,6 | 0,9 | 6799 |
| ICON | 89 | 95 | 84 | 85 | 82 | 75 | 0 | 0,1 | 0,5 | 7043 |
| JAPAN | 88 | 93 | 83 | 85 | 84 | 67 | 0 | 0,1 | 0,6 | 7043 |
| ECMWF | 86 | 96 | 83 | 85 | 61 | 38 | 0 | -0,4 | 0,6 | 6799 |
| France | 89 | 92 | 87 | 87 | 85 | 70 | 0 | 0,1 | 0,5 | 7043 |
| Canada | 86 | 86 | 88 | 84 | 84 | 75 | 0 | 0,3 | 0,7 | 7043 |
| PLAV10 | 87 | 90 | 85 | 83 | 84 | 65 | 0 | 0,2 | 0,6 | 7043 |
| Cosmo-6,6 | 87 | 93 | 85 | 83 | 82 | 71 | 0 | 0,2 | 0,6 | 5895 |
| Cosmo-2,2 | 86 | 93 | 82 | 82 | 80 | 65 | 0 | 0,2 | 0,7 | 6196 |
| Complex | 90 | 97 | 85 | 88 | 79 | 63 | 0 | -0,1 | 0,5 | 7043 |
| Кол-во случаев по градациям | | 3310 | 847 | 1904 | 859 | 123 | 0 | | | |

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: февраль 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 | 92 | 84 | 83 | 81 | 65 | 0 | 0,1 | 0,6 | 7031 |
| NCEP | 84 | 91 | 80 | 76 | 78 | 82 | 0 | 0,5 | 0,8 | 6059 |
| ICON | 88 | 95 | 82 | 82 | 79 | 62 | 0 | 0,0 | 0,5 | 7031 |
| JAPAN | 88 | 94 | 83 | 86 | 75 | 65 | 0 | 0,0 | 0,5 | 7031 |
| ECMWF | 86 | 96 | 82 | 83 | 59 | 37 | 0 | -0,4 | 0,6 | 6787 |
| France | 87 | 92 | 85 | 85 | 78 | 60 | 0 | 0,1 | 0,5 | 7031 |
| Canada | 85 | 87 | 86 | 85 | 76 | 61 | 0 | 0,2 | 0,7 | 7031 |
| PLAV10 | 85 | 89 | 85 | 83 | 79 | 67 | 0 | 0,2 | 0,7 | 7031 |
| Cosmo-6,6 | 85 | 90 | 81 | 81 | 81 | 74 | 0 | 0,3 | 0,7 | 5882 |
| Cosmo-2,2 | 84 | 90 | 79 | 79 | 74 | 72 | 0 | 0,3 | 0,8 | 6183 |
| Complex | 89 | 97 | 83 | 86 | 75 | 63 | 0 | -0,1 | 0,5 | 7031 |
| Кол-во случаев по градациям | | 3409 | 1021 | 1746 | 731 | 123 | 1 | | | |

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 | |
|-------------|--------------|--------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| 2252 | 1621 | 3873 | 49 | 76 | 0.54 | 0.60 | 0.43 | |
| 729 | 19033 | 19762 | | | | | | France |
| 2981 | 20654 | 23635 | | | | | | |
| 1567 | 897 | 2464 | 44 | 58 | 0.33 | 0.55 | 0.38 | |
| 1125 | 17210 | 18335 | | | | | | Cosmo-2,2 |
| 2692 | 18107 | 20799 | | | | | | |
| 1822 | 1334 | 3156 | 47 | 72 | 0.52 | 0.58 | 0.41 | |
| 722 | 16020 | 16742 | | | | | | Cosmo-6,6 |
| 2544 | 17354 | 19898 | | | | | | |
| 1580 | 516 | 2096 | 45 | 53 | 0.17 | 0.58 | 0.41 | |
| 1401 | 20138 | 21539 | | | | | | DWD(ICON) |
| 2981 | 20654 | 23635 | | | | | | |
| 2388 | 1068 | 3456 | 59 | 80 | 0.36 | 0.70 | 0.54 | |
| 589 | 19240 | 19829 | | | | | | Компл4 |
| 2977 | 20308 | 23285 | | | | | | |

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

| | | | P | Pred | kLT | BX | ETS | |
|-----|-------|-------|----|------|------|------|------|-----------|
| 120 | 149 | 269 | 27 | 40 | 0.50 | 0.41 | 0.26 | |
| 181 | 23185 | 23366 | | | | | | France |
| 301 | 23334 | 23635 | | | | | | |
| 67 | 83 | 150 | 20 | 26 | 0.32 | 0.32 | 0.19 | |
| 193 | 20456 | 20649 | | | | | | Cosmo-2,2 |
| 260 | 20539 | 20799 | | | | | | |
| 88 | 125 | 213 | 25 | 38 | 0.53 | 0.39 | 0.24 | |
| 146 | 19539 | 19685 | | | | | | Cosmo-6,6 |
| 234 | 19664 | 19898 | | | | | | |
| 85 | 107 | 192 | 21 | 28 | 0.36 | 0.34 | 0.20 | |
| 216 | 23227 | 23443 | | | | | | DWD(ICON) |
| 301 | 23334 | 23635 | | | | | | |
| 208 | 233 | 441 | 39 | 69 | 0.77 | 0.55 | 0.38 | |
| 93 | 22751 | 22844 | | | | | | Компл4 |
| 301 | 22984 | 23285 | | | | | | |

**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 | 8 | 11 | 0.26 | 0.15 | 0.08 | |
| 17 | 23611 | 23628 | | | | | | France |
| 19 | 23616 | 23635 | | | | | | |
| 2 | 10 | 12 | 7 | 11 | 0.53 | 0.13 | 0.07 | |
| 17 | 20770 | 20787 | | | | | | Cosmo-2,2 |
| 19 | 20780 | 20799 | | | | | | |
| 2 | 9 | 11 | 8 | 13 | 0.60 | 0.15 | 0.08 | |
| 13 | 19874 | 19887 | | | | | | Cosmo-6,6 |
| 15 | 19883 | 19898 | | | | | | |
| 2 | 17 | 19 | 6 | 11 | 0.89 | 0.10 | 0.06 | |
| 17 | 23599 | 23616 | | | | | | DWD(ICON) |
| 19 | 23616 | 23635 | | | | | | |
| 8 | 23 | 31 | 19 | 42 | 1.21 | 0.32 | 0.19 | |
| 11 | 23243 | 23254 | | | | | | Компл4 |
| 19 | 23266 | 23285 | | | | | | |

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 | | | | | | | |
| 188 | 248 | 436 | | 171 | 170 | 341 | | 220 | 116 | 336 | |
| 80 | 1890 | 1970 | 0.30 | 97 | 1968 | 2065 | 0.33 | 48 | 2022 | 2070 | 0.53 |
| 268 | 2138 | 2406 | | 268 | 2138 | 2406 | | 268 | 2138 | 2406 | |
| | | | | порывы ≥ 18 м/с | | | | | | | |
| 23 | 74 | 97 | | 16 | 22 | 38 | | 26 | 25 | 51 | |
| 12 | 2297 | 2309 | 0.20 | 19 | 2349 | 2368 | 0.28 | 9 | 2346 | 2355 | 0.43 |
| 35 | 2371 | 2406 | | 35 | 2371 | 2406 | | 35 | 2371 | 2406 | |
| | | | | порывы ≥ 24 м/с | | | | | | | |
| 4 | 11 | 15 | | 0 | 2 | 2 | | 4 | 3 | 7 | |
| 3 | 2388 | 2391 | 0.22 | 7 | 2397 | 2404 | 0.00 | 3 | 2396 | 2399 | 0.40 |
| 7 | 2399 | 2406 | | 7 | 2399 | 2406 | | 7 | 2399 | 2406 | |

красным цветом – это критерий ETS