

УСПЕШНОСТЬ КРАТКОСРОЧНЫХ И СРЕДНЕСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ И ПОЛЕЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В 2008 ГОДУ

В статье представлены результаты мониторинга успешности прогнозов погоды различной заблаговременности за 2008 год, выпускаемых оперативно ГУ «Гидрометцентр России», АНО «Гидрометеорологическое бюро Москвы и Московской области» (далее – Московское ГМБ), оперативно-прогностическими подразделениями ГУ «ЦГМС–РСМЦ», ГУ «ЦГМС–Р» и ГУ «ЦГМС» межрегиональных и территориальных управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). Кроме того, помещены результаты мониторинга успешности прогнозов полей метеорологических величин, рассчитываемых на основе отечественных гидродинамических моделей атмосферы и поступающих из ведущих зарубежных метеорологических центров. Расчеты проводились с помощью комплекса разработанных программ, в соответствии с Наставлением [4] при использовании усовершенствованного программного обеспечения для автоматизированной технологии [1, 3].

Успешность прогнозов минимальной и максимальной температуры воздуха по Москве заблаговременностью до 3 суток и по Московской области заблаговременностью до 5 суток

Прогнозы минимальной (T_{\min}) и максимальной (T_{\max}) температуры воздуха по Москве и Московской области регулярно публикуются в ежедневном гидрометеорологическом бюллетене (ЕГМБ) ГУ «Гидрометцентр России».

В табл. 1 представлены средние за 2008 год показатели успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры воздуха по Москве. Прогнозы на первые сутки составлены синоптиками Московского ГМБ, на вторые и третьи сутки – синоптиками ГУ «Гидрометцентр России». Для сравнения в таблице помещены характеристики успешности прогнозов, рассчитанных на основе технологии РЭП (расчет элементов погоды – автор П.П. Васильев), и инерционных прогнозов.

Следует отметить, что методика автоматизированного расчета оправдываемости прогнозов температуры по Москве использует данные наблюдений на семи станциях

Москвы. При этом прогноз на каждой станции считался оправдавшимся, если разность между серединой прогнозируемой градации и фактическим значением температуры на данной станции не превышала 3,5 °С (с учетом округления десятых долей). Данные табл. 1 показывают, что в Москве наиболее успешными были прогнозы температуры воздуха на первые сутки, составленные синоптиками Московского ГМБ.

Таблица 1

Показатели успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры по Москве за 2008 г.

Заблаговременность, сут	Метод прогноза	Температура	Ошибка			Оправдываемость, %, при абсолютной ошибке, °С			Оправдываемость, %	
			систематическая °С	абсолютная, °С	относительная	≤ 2	≤ 3	≤ 4	Uн	Uн - Uин
1	Синоптический	Tmin	0,0	1,3	0,6	83	94	98	97	16
		Tmax	-0,2	1,4	0,6	76	92	98	96	19
	РЭП	Tmin	-0,7	1,4	0,6	78	91	97	95	15
		Tmax	-0,1	1,4	0,6	77	92	98	96	19
	Инерционный	Tmin	0,0	2,2	1,0	58	74	85	80	
		Tmax	0,0	2,5	1,0	54	70	84	77	
2	Синоптический	Tmin	-0,3	1,5	0,5	73	90	96	94	28
		Tmax	-0,6	1,7	0,5	67	85	93	89	26
	РЭП	Tmin	-0,6	1,5	0,5	76	92	97	95	29
		Tmax	-0,1	1,6	0,5	72	87	94	91	28
	Инерционный	Tmin	0,0	3,0	1,0	43	59	73	66	
		Tmax	0,0	3,3	1,0	42	58	69	64	
3	Синоптический	Tmin	-0,3	1,7	0,5	70	86	95	91	29
		Tmax	-0,6	2,0	0,5	61	78	89	84	30
	РЭП	Tmin	-0,6	1,7	0,5	70	86	93	90	28
		Tmax	0,0	1,9	0,5	64	82	91	87	33
	Инерционный	Tmin	0,0	3,4	1,0	39	55	68	62	
		Tmax	0,0	4,0	1,0	36	48	61	54	

Оправдываемость прогнозов на первые сутки в соответствии с Наставлением [4] (Uн) минимальной температуры воздуха в среднем за год составила 97 %, максимальной – 96 % при средней абсолютной ошибке соответственно 1,3 и 1,4 °С и относительной ошибке 0,6. Превышение оправдываемости синоптических прогнозов над оправдываемостью инерционных прогнозов (Uн-Uин) составило соответственно 16 и 19 %.

Оправдываемость прогнозов минимальной температуры по схеме РЭП была на 2 % ниже оправдываемости прогнозов синоптиков, оправдываемость прогнозов максимальной температуры оказалась равной оправдываемости синоптических прогнозов.

Оправдываемость прогнозов T_{min} на вторые и третьи сутки у синоптиков и по схеме РЭП практически одинакова (94 и 95 % на вторые сутки и 91 и 90 % на третьи сутки). Оправдываемость синоптических прогнозов T_{max} уступала на 2–3 % оправдываемости прогнозов по схеме РЭП. При этом средние абсолютные ошибки прогнозов отличались всего на 0,1 °С в пользу РЭП при одинаковых относительных ошибках.

Превышение оправдываемости прогнозов у синоптиков и у схемы РЭП по сравнению с инерционными прогнозами было значительным и находилось в пределах от 28 до 33 %, что в среднем на 3 % выше, чем в 2007 году [2].

Средняя за 2008 г. успешность прогнозов минимальной и максимальной температуры по Московской области представлена в табл. 2. Прогноз при этом считался оправдавшимся, если разность между серединой прогнозируемой градации и наблюдаемой температурой на данной станции Московской области (включая станции Москвы) не превышала 5 °С.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что средняя за год оправдываемость прогнозов T_{min} и T_{max} на первые и вторые сутки у синоптиков и у РЭП составляла 97–99 % при абсолютной ошибке 1,5–1,9 °С и превышении над инерцией 10 % на первые сутки, 18–20 % на вторые сутки.

Оправдываемость прогнозов T_{min} и T_{max} на третьи–пятые сутки у синоптиков (как и у РЭП) была достаточно высокой и с увеличением заблаговременности постепенно понижалась от 96 до 89 %, абсолютные ошибки увеличивались от 1,8 до 2,6 °С. Оправдываемость прогнозов минимальной температуры у синоптиков была на 1–3 % выше, чем у схемы РЭП. Оправдываемость синоптических прогнозов максимальной температуры и по схеме РЭП на третьи–пятые сутки была достаточно высокой и изменялась от 94 до 89 %, а абсолютные ошибки от 2,0 до 2,6 °С.

Сравнительные успешности прогнозов T_{min} и T_{max} для Москвы и Московской области, составленных синоптиками и рассчитанных на основе технологии РЭП, за 2006–2008 гг. приведены в табл. 3 и 4.

Результаты демонстрируют тенденцию повышения качества синоптических и методических прогнозов по схеме РЭП в последние годы. При этом в 2008 году. Заметно улучшились показатели успешности прогнозов минимальной температуры при заблаговременности прогнозов четыре и пять суток (абсолютные ошибки уменьшились на 0,5 °С, оправдываемости прогнозов повысились на 7–8 %)

**Показатели успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры
по Московской области за 2008 г.**

Заблаговременность, сут	Метод прогноза	Темпе- ратура	Ошибка			Оправдываемость, %, при абсолютной ошибке, °С			Оправдываемость, %	
			систематическая °С	абсолютная, °С	относительная	≤ 2	≤ 3	≤ 4	Uн	Uн - Uин
1	Синоптический	Tmin	-0,1	1,5	0,6	73	89	96	99	10
		Tmax	-0,6	1,6	0,7	69	87	96	99	10
	РЭП	Tmin	-0,5	1,5	0,6	75	90	96	98	10
		Tmax	0,1	1,4	0,6	76	90	96	98	10
	Инерционный	Tmin	0,0	2,4	1,0	53	70	81	89	
		Tmax	0,0	2,5	1,0	52	69	82	89	
2	Синоптический	Tmin	-0,3	1,7	0,5	67	86	94	98	18
		Tmax	-0,7	1,9	0,6	62	81	92	97	20
	РЭП	Tmin	-0,4	1,5	0,5	72	89	96	98	19
		Tmax	0,1	1,7	0,5	70	86	93	97	20
	Инерционный	Tmin	0,0	3,3	1,0	40	56	69	79	
		Tmax	0,0	3,4	1,0	40	56	68	77	
3	Синоптический	Tmin	-0,4	1,9	0,5	63	82	92	96	22
		Tmax	-0,7	2,1	0,6	57	76	89	94	23
	РЭП	Tmin	-0,5	1,8	0,5	65	84	92	95	21
		Tmax	0,2	2,0	0,5	63	81	90	94	23
	Инерционный	Tmin	0,0	3,7	1,0	37	52	65	75	
		Tmax	-0,1	4,0	1,0	34	48	60	71	
4	Синоптический	Tmin	-0,6	2,0	0,5	61	78	89	95	25
		Tmax	-0,5	2,2	0,6	58	75	86	92	27
	РЭП	Tmin	-0,6	2,0	0,5	61	80	89	94	23
		Tmax	0,2	2,2	0,5	58	75	86	92	27
	Инерционный	Tmin	0,0	4,0	1,0	33	47	60	70	
		Tmax	-0,1	4,5	1,0	32	44	55	65	
5	Синоптический	Tmin	-0,6	2,2	0,6	56	73	86	93	25
		Tmax	-0,4	2,6	0,6	48	6	81	89	27
	РЭП	Tmin	-0,8	2,4	0,6	52	71	82	90	21
		Tmax	0,1	2,6	0,5	50	68	81	89	27
	Инерционный	Tmin	0,0	4,1	1,0	34	47	59	69	
		Tmax	-0,1	4,8	1,0	29	41	52	62	

**Показатели успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры
по Москве в 2006–2008 гг.**

Заблаговременность, сут	Метод прогноза	Температура	Абсолютная ошибка, °С			Оправдываемость, %		
			2006	2007	2008	2006	2007	2008
1	Синоптический	Tmin	1,5	1,4	1,3	94	94	97
		Tmax	1,5	1,4	1,4	93	95	96
	РЭП	Tmin	1,7	1,8	1,4	89	88	95
		Tmax	1,3	1,6	1,4	95	93	96
	Численный	Tmin	1,5	1,3	1,3	92	96	96
		Tmax	1,6	1,5	1,4	90	93	95
2	Синоптический	Tmin	1,9	1,7	1,5	87	90	94
		Tmax	1,8	1,8	1,7	87	89	89
	РЭП	Tmin	1,8	1,8	1,5	87	89	95
		Tmax	1,6	1,7	1,6	92	90	91
3	Синоптический	Tmin	2,1	1,9	1,7	82	86	91
		Tmax	2,0	2,0	2,0	85	84	84
	РЭП	Tmin	2,1	2,0	1,7	84	85	90
		Tmax	1,9	1,9	1,9	86	87	87

**Показатели успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры
по Московской области в 2006–2008 гг.**

Заблаговременность, сут	Метод прогноза	Температура	Абсолютная ошибка, °С			Оправдываемость, %		
			2006	2007	2008	2006	2007	2008
1	Синоптический	Tmin	1,7	1,7	1,5	97	97	99
		Tmax	1,7	1,7	1,6	98	98	99
	РЭП	Tmin	1,9	1,8	1,5	96	97	98
		Tmax	1,3	1,5	1,4	99	98	98
2	Синоптический	Tmin	2,1	1,9	1,7	95	96	98
		Tmax	1,9	2,0	1,9	95	96	97
	РЭП	Tmin	1,9	1,8	1,5	94	97	98
		Tmax	1,5	1,7	1,7	97	97	97
3	Синоптический	Tmin	2,3	2,1	1,9	82	94	96
		Tmax	2,1	2,2	2,1	94	93	94
	РЭП	Tmin	2,1	2,1	1,8	94	94	95
		Tmax	1,8	1,9	2,0	95	96	94
4	Синоптический	Tmin	2,4	2,5	2,0	92	88	95
		Tmax	2,1	2,2	2,2	91	90	92
	РЭП	Tmin	2,4	2,4	2,0	92	90	94
		Tmax	2,1	2,3	2,2	91	91	92
5	Синоптический	Tmin	2,9	2,7	2,2	85	85	93
		Tmax	2,6	2,5	2,6	89	90	89
	РЭП	Tmin	3,1	2,6	2,4	82	87	90
		Tmax	2,8	2,7	2,6	86	87	89

Успешность прогнозов осадков по Москве и Московской области

Оперативные прогнозы осадков по Москве и Московской области составляются синоптиками Московского ГМБ с заблаговременностью от 12 до 36 ч, синоптиками ГУ «Гидрометцентр России» с заблаговременностью от 48 до 84 ч и публикуются в ЕГМБ. Прогнозы осадков рассчитываются также по гидродинамической модели (автор Л.В. Беркович). В табл. 5 и 6 приведены средние показатели успешности прогнозов осадков по Москве и Московской области за 2008 год.

Таблица 5

Показатели успешности прогнозов осадков по Москве за 2008 г.

Заблаговременность, ч	Метод прогноза	Оправдываемость по Наставлению, %	Ошибка, мм		Критерий Пирси-Обухова	Оправдываемость, %		Предупрежденность, %	
			систематическая	абсолютная		по факту	при абсолютной ошибке менее 3мм/12ч	выпадения осадков	отсутствия осадков
12	Синоптический	85	0,1	0,8	0,40	70	60	76	64
	Численный (ГД)	80	0,0	1,0	0,48	74	61	92	56
	Инерционный	74	0,0	1,6	0,28	66	52	62	66
24	Синоптический	84	0,0	0,8	0,42	71	56	76	66
	Численный (ГД)	80	0,0	0,9	0,49	73	61	90	59
	Инерционный	74	0,0	1,3	0,28	66	48	61	67
36	Синоптический	85	0,1	0,9	0,39	70	57	74	65
	Численный (ГД)	76	0,2	1,2	0,37	68	65	90	47
	Инерционный	71	0,0	1,7	0,18	61	52	56	61
48	Синоптический	78	1,2	1,7		63	52	82	47
	Инерционный	69	0,0	1,5	0,11	58	50	51	60
60	Синоптический	77	1,4	1,9		63	50	83	44
	Инерционный	69	0,0	1,6	0,11	58	54	54	58
72	Синоптический	76	1,2	1,7		60	52	83	42
	Инерционный	68	0,0	1,6	0,10	57	49	51	59
84	Синоптический	77	1,3	2,0		63	48	83	45
	Инерционный	66	0,0	1,8	0,03	54	54	49	54

Из данных табл. 5 видно, что оправдываемость синоптических прогнозов осадков по Москве на 12, 24 и 36 ч в соответствии с Наставлением [4] в среднем составила 85, 84 и 85 %, превысив оправдываемость инерционных прогнозов осадков на 11, 10 и 14 % соответственно. Успешность гидродинамического прогноза факта выпадения осадков на 4–9 % уступала аналогичной успешности прогнозов синоптиков. Значения критерия качества Пирси–Обухова синоптических прогнозов на 12, 24 и 36 ч имели значения 0,40; 0,42 и 0,39 соответственно, причем у гидродинамических прогнозов они были выше, чем у

синоптиков при заблаговременности 12 и 24 ч (0,48 и 0,49), на 0,02 уступая синоптическим прогнозам при заблаговременности 36 ч (0,37 и 0,39). Предупрежденность выпадения осадков у гидродинамического прогноза была высокой (90–92 %) при заблаговременности 12–36 ч, что на 14–16 % выше, чем у синоптических прогнозов. С увеличением заблаговременности предупрежденность выпадения осадков сохраняется высокой (82–83 %) по сравнению с инерционным прогнозом. Предупрежденность отсутствия осадков заметно уступает по величине из-за большого количества ложных тревог в прогнозах наличия осадков.

Таблица 6

Показатели успешности прогнозов осадков по Московской области за 2008 г.

Заблаговременность, ч	Метод прогноза	Оправдываемость по Наставлению, %	Ошибка, мм		Критерий Пирси-Обухова	Оправдываемость, %		Предупрежденность, %	
			систематическая	абсолютная		по факту	при абсолютной ошибке менее 3мм/12ч	выпадения осадков	отсутствия осадков
12	Синоптический	86	0,2		0,45	71	57	74	71
	Численный (ГД)	79	0,2	1,0	0,46	73	63	90	55
	Инерционный	77	0,0	1,3	0,31	69	56	65	66
24	Синоптический	85	0,1		0,40	69	59	73	67
	Численный (ГД)	79	0,1	0,9	0,47	73	63	88	59
	Инерционный	76	0,0	1,2	0,31	69	54	64	67
36	Синоптический	85	0,3		0,40	69	58	74	66
	Численный (ГД)	75	0,3	1,2	0,36	68	67	89	47
	Инерционный	73	0,0	1,4	0,20	64	57	59	61
48	Синоптический	80	1,1		0,27	61	54	79	48
	Инерционный	72	0,0	1,4	0,18	63	55	57	61
60	Синоптический	79	1,3		0,29	63	51	82	46
	Инерционный	72	0,0	1,4	0,15	62	58	57	58
72	Синоптический	78	1,2		0,23	60	55	80	43
	Инерционный	71	0,0	1,4	0,14	61	56	55	59
84	Синоптический	78	1,3		0,29	63	50	82	47
	Инерционный	70	0,0	1,5	0,09	59	59	54	55

Из табл. 6 следует, что оправдываемость синоптических прогнозов осадков по Московской области на 12, 24 и 36 ч в среднем за 2008 год. Составила соответственно 86, 85 и 85 %, что несколько выше успешности прогнозов осадков по Москве. Значения критерия качества Пирси–Обухова синоптических прогнозов на 12, 24 и 36 ч составляли 0,45, 0,40 и 0,40, у численных прогнозов составили 0,46, 0,47 и 0,36 соответственно, что довольно близко к значениям этого критерия по Москве. С увеличением заблаговременности от 48 до 84 ч успешность синоптических прогнозов осадков по Москве

и Московской области постепенно уменьшается. Тем не менее, она на 7–12 % превышает успешность инерционных прогнозов.

Успешность прогнозов направления и скорости ветра по Москве

Прогнозы ветра (максимальная скорость и порывы) по Москве составляются синоптиками в оперативном режиме и публикуются в ЕГМБ, методические прогнозы среднего ветра и его порывов рассчитываются по гидродинамической модели атмосферы (автор Л.В. Беркович). В табл. 7 приведены средние за 2008 год показатели успешности прогнозов максимальной скорости ветра, включая порывы, составленных синоптиками и рассчитанных по гидродинамической модели, и успешность прогнозов среднего ветра по гидродинамической модели с заблаговременностью до 48 ч.

Таблица 7

Показатели успешности направления и скорости ветра по Москве за 2008 г.

Заблаговременность, ч	Метод прогноза	Ошибка скорости ветра, м/с			Оправдываемость, %			Количество дат	
		абсолютная векторная	абсолютная скалярная	систематическая	скорости (+2,5 м/с)	направления (+22,5°)	по Наставлению, (V > 12 м/с)	прогнозов с (V > 12 м/с)	фактических случаев с (V > 12 м/с)
Максимальный ветер, включая порывы									
12	Синоптический	5,6	2,8	2,0	46	38	53	63	74
	Численный	4,6	2,0	-1,1	59	38	11	4	74
	Инерционный	6,0	1,9	0,0	64	26	51	74	74
24	Синоптический	5,5	2,7	2,4	43	40	55	29	28
	Численный	4,3	1,7	0,2	67	31	17	4	28
	Инерционный	5,1	2,0	0,0	60	27	41	28	28
36	Синоптический	5,9	2,8	2,1	46	36	50	65	74
	Численный	5,1	2,2	-1,3	56	30	5	4	74
	Инерционный	7,2	2,3	0,0	55	19	49	74	74
48	Синоптический	7,4	3,6	3,3	34	24	30	58	28
	Численный	4,8	1,9	0,1	61	26	4	2	28
	Инерционный	5,9	2,2	0,0	56	21	40	28	28
Средний ветер									
12	Численный	1,7	0,9	0,1	88	38			
	Инерционный	2,1	0,8	0,0	87	27			
24	Численный	1,6	0,9	0,1	88	31			
	Инерционный	1,7	0,8	0,0	87	29			
36	Численный	1,9	1,0	0,0	87	30			
	Инерционный	2,5	1,0	0,0	86	20			
48	Численный	1,8	1,0	0,2	85	26			
	Инерционный	2,0	0,9	0,0	86	22			

Прогнозы синоптиков и прогнозы среднего ветра по гидродинамической модели заблаговременностью до 48 ч оценивались путем сравнения с фактическими порывами ветра или скоростью максимального ветра при отсутствии порывов. Из данных табл. 7 видно, что абсолютные ошибки прогнозов максимальной скорости ветра и порывов в среднем за год у синоптиков составили 2,7–3,6 м/с, у численных прогнозов 1,7–2,2 м/с, что в среднем на уровне ошибок инерционного прогноза. Систематические ошибки синоптических прогнозов величиной около 2–3 м/с указывают на то, что синоптики в среднем завышали скорости максимального ветра и порывов. Абсолютные векторные ошибки прогнозов ветра у синоптических прогнозов были больше, чем у методических прогнозов при всех рассматриваемых заблаговременностях.

Успешность прогнозов облачности в 2008 году по Москве

Характеристики успешности синоптических и гидродинамических (автор Л.В. Беркович) прогнозов облачности на 12, 24 и 36 ч приведены в табл. 8. Расчет характеристик успешности проводился согласно методике, описанной в [3]. Из данных табл. 8 видно, что успешность синоптических и численных прогнозов облачности была невысокой. Абсолютные ошибки прогнозов синоптиков составляли 2,3–2,4 балла, практически на уровне инерционных прогнозов, у гидродинамического прогноза абсолютные ошибки были в пределах от 2,9 до 4 баллов. Оправдываемость синоптических прогнозов составила 54–57 %, оправдываемость численного метода 45–55 %, уступая в успешности инерционным прогнозам, имеющим оправдываемость 61–68 %.

Таблица 8

Показатели успешности прогнозов облачности по Москве за 2008 г.

Заблаговременность, ч	Метод прогноза	Оправдываемость, %	Ошибка, балл		Оправдываемость прогноза (%), при абсолютной ошибке (балл)			
			систематическая	абсолютная	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 5
12	Синоптический	55	-1,2	2,3	37	73	80	90
	Численный (ГД)	44	-2,8	4,0	31	38	52	59
	Инерционный	68	0,2	1,9	56	70	78	82
24	Синоптический	57	-0,6	2,4	36	69	77	91
	Численный (ГД)	55	-0,5	2,9	48	57	64	70
	Инерционный	62	-0,1	2,5	52	61	70	75
36	Синоптический	54	-1,3	2,3	37	72	79	90
	Численный (ГД)	55	-1,2	3,0	43	57	62	67
	Инерционный	61	-0,1	2,5	49	59	69	77

Успешность прогнозов экстремальной температуры воздуха и осадков по территории семи федеральных округов РФ и Республики Беларусь

Прогнозы минимальной и максимальной температуры воздуха и осадков с заблаговременностью до пяти суток (публикуются в ЕГМБ) составлялись в 2008 г. синоптиками ГУ «Гидрометцентр России» по территориям семи федеральных округов России с разделением их на части в зависимости от климатических условий (18 территорий) и по территории Республики Беларусь. Аналогичные прогнозы рассчитывались по статистической схеме РЭП (автор П.П. Васильев) для интервалов температуры 5 °С по каждой территории.

Оценка успешности прогнозов T_{\min} и T_{\max} проводилась путем сравнения прогностических значений экстремальной температуры воздуха по соответствующим частям федеральных округов со средними значениями фактической экстремальной температуры воздуха на метеорологических станциях рассматриваемой территории. Оправдываемость прогнозов минимальной и максимальной температуры в среднем за 2008 год (табл. 9) была достаточно высокой на первые–четвертые сутки у синоптиков (89–91 %) и у схемы РЭП (89–92 %). С увеличением заблаговременности прогнозов до 5 сут понижение оправдываемости прогнозов составило лишь 2–3 %. В целом различия в оправдываемости прогнозов по схеме РЭП и синоптических прогнозов не превышали 1–2 % и имели превышение над инерционными прогнозами (U_n – $U_{ин}$) при всех сроках прогнозов.

В табл. 10 приведены средние за год показатели успешности трехфазного прогноза осадков: осадки (ос), местами осадки (м.ос), без осадков (б.ос), детализированного по федеральным округам Российской Федерации и Республике Беларусь. Из данных таблицы следует, что общая оправдываемость методических прогнозов осадков (U) изменялась от 73 % на первые и вторые сутки до 69 % на пятые сутки, что обеспечивало превышение над инерцией 7–9 %, начиная со вторых суток. В таблице, помимо общей оправдываемости прогнозов факта наличия/отсутствия осадков, приводятся величины оправдываемости ($U_{ос}$, $U_{м.ос}$, $U_{б.ос}$) и предупрежденности ($P_{ос}$, $P_{м.ос}$, $P_{б.ос}$) отдельно для каждой из трех фаз осадков и критерий качества Пирси–Обухова.

Сравнение успешности методических прогнозов осадков с инерционными прогнозами показывает, что методические прогнозы имели небольшое преимущество перед инерционными прогнозами по отдельным показателям на всех сроках прогноза. Критерий Пирси–Обухова методических прогнозов с отрицательным знаком указывал на низкую успешность прогноза осадков.

Таблица 9

**Показатели успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры
по территории 7 федеральных округов РФ и Республики Беларусь за 2008 г.**

Заблаговременность, сут	Метод прогноза	Темпе- ратура	Ошибка			Оправдываемость, %, при абсолютной ошибке, °С			Оправдываемость, %	
			систематическая, °С	абсолютная, °С	относительная	≤2	≤3	≤4	Rи	Rи - Rин
1	Синоптический	Tmin	0,1	1,5	0,79	66	80	87	89	4
		Tmax	0,0	1,4	0,76	68	82	88	90	4
	РЭП	Tmin	-0,4	1,2	0,64	73	84	89	91	5
		Tmax	-0,2	1,1	0,58	77	87	91	92	5
	Инерционный	Tmin	0,0	1,8	0,92	60	73	81	86	
		Tmax	0,0	1,7	0,92	60	75	83	87	
2	Синоптический	Tmin	-0,4	1,5	0,54	67	82	88	90	13
		Tmax	-0,3	1,4	0,49	67	83	89	91	14
	РЭП	Tmin	-0,4	1,3	0,47	71	83	88	90	13
		Tmax	-0,2	1,3	0,43	72	84	89	91	14
	Инерционный	Tmin	0,0	2,7	0,92	46	60	70	77	
		Tmax	0,0	2,7	0,92	42	58	69	77	
3	Синоптический	Tmin	-0,4	1,6	0,50	63	79	87	89	17
		Tmax	-0,3	1,6	0,46	62	78	87	90	20
	РЭП	Tmin	-0,5	1,5	0,45	67	80	86	89	16
		Tmax	-0,1	1,4	0,41	68	81	88	90	19
	Инерционный	Tmin	0,0	3,1	0,92	40	54	65	73	
		Tmax	0,0	3,3	0,92	36	51	62	70	
4	Синоптический	Tmin	-0,4	1,7	0,50	59	76	85	89	19
		Tmax	-0,3	1,7	0,45	58	74	84	89	23
	РЭП	Tmin	-0,5	1,7	0,45	63	77	85	88	18
		Tmax	-0,1	1,6	0,42	63	77	85	89	23
	Инерционный	Tmin	0,0	3,4	0,92	36	51	61	70	
		Tmax	0,0	3,6	0,92	33	47	57	66	
5	Синоптический	Tmin	-0,6	1,9	0,54	54	70	81	86	19
		Tmax	-0,3	2,1	0,51	51	67	77	84	21
	РЭП	Tmin	-0,6	1,9	0,51	55	71	81	86	18
		Tmax	-0,1	2,0	0,47	54	70	80	86	22
	Инерционный	Tmin	0,0	3,6	0,92	35	48	60	68	
		Tmax	0,0	3,8	0,92	31	44	55	63	

**Показатели успешности прогнозов осадков по территории
7 федеральных округов и Республике Беларусь за 2008 г.**

Заблаговременность, ч	Метод прогноза	U	Uос	Um.ос	Ub.ос	Рос	Рм.ос	Рб.ос	Критерий Пирси-Обухова
24	Синоптический	73	83	65	75	57	66	50	0,12
	РЭП	73	75	68	75	84	43	35	
	Инерционный	74	80	68	72	66	57	55	0,16
48	Синоптический	73	75	68	74	82	44	35	-0,02
	РЭП	73	75	68	75	83	42	35	0,00
	Инерционный	66	73	62	61	55	49	42	-0,06
72	Синоптический	72	74	67	72	82	43	33	-0,04
	РЭП	72	74	67	73	83	42	33	-0,04
	Инерционный	64	70	60	56	51	47	38	-0,12
96	Синоптический	71	73	65	74	80	41	32	-0,08
	РЭП	71	73	67	73	82	41	32	-0,07
	Инерционный	63	69	59	54	49	46	36	-0,16
120	Синоптический	69	72	65	66	78	43	25	-0,15
	РЭП	70	72	66	67	78	42	28	-0,10
	Инерционный	62	67	60	52	48	46	34	-0,19

**Успешность прогнозов экстремальной температуры воздуха и осадков
в 122 пунктах (городах) России и Республики Беларусь**

Прогнозы минимальной и максимальной температуры воздуха и суточных сумм осадков заблаговременностью до пяти суток оперативно составлялись в ГУ «Гидрометцентр России» по схеме РЭП (автор П.П. Васильев) для 116 пунктов на территории России и шести пунктов на территории Республики Беларусь и по линиям связи распространялись в сетевые оперативно-прогностические подразделения.

Приведенные в табл. 11 средние для всех пунктов оценки успешности прогнозов температуры воздуха за 2008 г. показали в целом удовлетворительную успешность. Абсолютные ошибки (точность прогноза) изменялись от 1,7 °С на первые сутки, постепенно увеличиваясь до 2,7 °С на пятые сутки. Оправдываемость по Наставлению [4] изменялась соответственно от 80–83 % на первые сутки до 71 % на четвертые сутки и 65 % на пятые сутки, а превышение над успешностью инерционного прогноза было в пределах от 16 до 28 %. Эти показатели в целом несколько уступают показателям, полученным в 2007 году, но выше оценок, полученных в 2005 году [2].

**Показатели успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры
по 122 пунктам РФ и Республики Беларусь за 2008 г.**

Заблаговременность, сут	Метод прогноза	Темпе- ратура	Ошибка			Оправдываемость, %, при абсолютной ошибке, °С			Оправдываемость, %	
			систематическая, °С	абсолютная, °С	относительная	≤ 2	≤ 3	≤ 4	P _n	P _n - P _{ин}
1	РЭП	Tmin	-0,2	1,7	0,58	62	76	83	80	16
		Tmax	0,2	1,6	0,55	65	79	85	83	17
	Инерционный	Tmin	0,0	2,7	0,92	44	59	69	64	
		Tmax	0,0	2,6	0,92	45	60	71	66	
2	РЭП	Tmin	-0,2	1,9	0,47	59	74	82	78	25
		Tmax	0,2	1,8	0,45	60	74	82	79	26
	Инерционный	Tmin	0,0	3,6	0,92	34	48	59	54	
		Tmax	0,0	3,6	0,92	34	47	58	53	
3	РЭП	Tmin	-0,3	2,1	0,47	55	70	78	75	25
		Tmax	0,2	2,1	0,46	54	70	79	75	28
	Инерционный	Tmin	0,0	4,0	0,92	32	44	55	50	
		Tmax	0,0	4,1	0,92	30	42	52	47	
4	РЭП	Tmin	-0,3	2,3	0,49	51	66	76	71	24
		Tmax	0,2	2,3	0,47	50	65	75	71	27
	Инерционный	Tmin	0,0	4,3	0,92	29	41	52	47	
		Tmax	0,0	4,5	0,92	27	38	48	44	
5	РЭП	Tmin	-0,5	2,7	0,55	44	59	70	65	20
		Tmax	0,3	2,7	0,52	44	58	70	65	23
	Инерционный	Tmin	0,0	4,4	0,92	28	41	51	46	
		Tmax	0,0	4,7	0,92	26	37	47	42	

Прогнозы осадков в рассматриваемых 122 пунктах (табл. 12) имели в целом невысокую успешность, хотя при всех заблаговременностях значения абсолютных ошибок прогноза количества осадков по схеме РЭП были меньше на 0,3–0,4 мм/24ч, чем у инерционных прогнозов. Вместе с тем, методические прогнозы осадков на первые сутки уступали инерционным прогнозам по большинству показателей успешности прогноза факта выпадения осадков. Общая оправдываемость прогнозов осадков на вторые–четвертые сутки по схеме РЭП превышала оправдываемость инерционных прогнозов на 4–5%, превышая значения 50%. Величины критерия успешности Пирси-Обухова изменялись от 0,3 на первые сутки до 0,2 на пятые и, начиная со вторых суток, имели небольшое преимущество по сравнению с инерционным прогнозом.

Показатели успешности прогнозов осадков по 122 пунктам РФ и Республики Беларусь за 2008 г.

Заблаговременность, сут	Метод прогноза	Ошибка, мм		Крите- рий Пирси- Обухова	Оправдываемость, %			Предупреж- денность, %	
		систематическая	абсолютная		общая	осадков	без осадков	осадков	без осадков
1	РЭП	-0,1	2,3	0,3	53	66	56	63	58
	Инерционный	0,0	2,6	0,3	55	68	59	68	59
2	РЭП	-0,1	2,4	0,3	52	65	55	63	57
	Инерционный	0,0	2,8	0,2	49	62	50	62	50
3	РЭП	-0,1	2,4	0,3	52	65	54	62	56
	Инерционный	0,0	2,8	0,2	48	60	48	60	48
4	РЭП	0,0	2,4	0,2	51	64	53	62	55
	Инерционный	0,0	2,8	0,1	47	59	46	59	46
5	РЭП	-0,1	2,5	0,2	49	62	51	60	52
	Инерционный	0,0	2,8	0,1	46	58	45	58	45

**Успешность прогнозов экстремальной температуры воздуха
с заблаговременностью до трех суток по административным
центрам субъектов Российской Федерации**

В соответствии с руководящими документами Росгидромета, в Гидрометцентре России на постоянной основе продолжается сбор региональных 3–суточных прогнозов температуры воздуха, осадков и других метеозлементов по городам – центрам субъектов РФ, составляемых в ЦГМС–Р и ЦГМС в коде КП–68). Осуществляется ежемесячный мониторинг успешности прогнозов экстремальной температуры воздуха, архивация и оценка этих прогнозов с помощью автоматизированной технологии. Полученные результаты расчетов в среднем за 2008 год показаны в табл. 13 в сравнении с характеристиками успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры воздуха на первые–третьи сутки по административным центрам субъектов РФ, полученным с помощью функционирующей в ГУ «Гидрометцентр России» технологии РЭП (автор П.П. Васильев).

Как видно из табл. 13, оправдываемость прогнозов температуры воздуха на первые, вторые и третьи сутки, полученных из УГМС, составила для T_{\min} 86, 79 и 76 %, для T_{\max} – 85, 80 и 76 % соответственно. Средние абсолютные ошибки этих прогнозов в 2008 г. были равны для T_{\min} соответственно 1,9, 2,2 и 2,4 °С, а для T_{\max} 1,9, 2,2 и 2,4 °С.

Результаты в целом свидетельствуют о повышении успешности прогнозов по сравнению с 2007 г. Соответствующие оценки прогнозов РЭП на первые, вторые и третьи сутки соответственно составили: для минимальной температуры 89, 88 и 84 %, для максимальной температуры 90, 87 и 83%, абсолютные ошибки прогнозов T_{min} 1,8, 1,8 и 2,1 °С, абсолютные ошибки прогнозов T_{max} 1,7, 1,8 и 2,1 °С. Превышение оправдываемости синоптических прогнозов над инерционными составило 15–21 % для прогнозов T_{min} и 13–25 % для прогнозов T_{max} , а для прогнозов по схеме РЭП соответственные величины превышения на вторые и третьи сутки были на 4–9 % выше, чем у прогнозов в административных центрах субъектов Федерации. Данные табл. 13 подтверждают вывод о том, что успешность прогнозов РЭП на вторые и третьи сутки в среднем заметно выше успешности синоптических прогнозов, поступающих в коде КП–68.

Таблица 13

**Показатели успешности прогнозов минимальной и максимальной температуры,
составленных в УГМС и в Гидрометцентре России (схема РЭП),
по административным центрам субъектов РФ за январь–декабрь 2008 г.**

Заблаговременность, сут	Метод прогноза	Темпе- ратура	Ошибка			Ун, %	Ун – Уин %
			систематическая, °С	абсолютная, °С	относительная		
1	УГМС	T_{min}	-0,3	1,9	0,69	86	15
		T_{max}	-0,4	1,9	0,72	85	13
	РЭП	T_{min}	-0,2	1,8	0,61	89	19
		T_{max}	0,1	1,7	0,59	90	18
	Инерционный	T_{min}	0,0	2,8	1,00	71	
		T_{max}	0,0	2,8	1,00	72	
2	УГМС	T_{min}	-0,3	2,2	0,62	79	20
		T_{max}	-0,4	2,2	0,59	80	23
	РЭП	T_{min}	-0,3	1,8	0,49	88	29
		T_{max}	0,1	1,8	0,49	87	30
	Инерционный	T_{min}	-0,1	3,7	1,00	60	
		T_{max}	-0,1	3,8	1,00	57	
3	УГМС	T_{min}	-0,3	2,4	0,61	76	21
		T_{max}	-0,5	2,4	0,57	76	25
	РЭП	T_{min}	-0,4	2,1	0,49	84	30
		T_{max}	0,2	2,1	0,48	83	32
	Инерционный	T_{min}	-0,1	4,1	1,00	55	
		T_{max}	-0,1	4,4	1,00	51	

Успешность прогнозов полей метеорологических величин, полученных по гидродинамическим моделям

В 2008 году в оперативном режиме продолжался мониторинг успешности гидродинамических прогнозов полей метеорологических величин по следующим регионам: Европа, Азия, по Северному полушарию (севернее 20° с. ш.); со второй половины года – и по Южному полушарию. Он проводился в сравнении с оперативным объективным анализом ГУ «Гидрометцентр России» по регулярной сетке 2,5°x2,5° и с данными наблюдений на метеорологических станциях и станциях радиозондирования атмосферы. Оценивались прогнозы, предвычисленные на основе гидродинамических моделей атмосферы, внедренных в оперативную практику ГУ «Гидрометцентр России»: спектральной модели T85L31, полулагранжевой модели PLAV с постоянным разрешением (автор М.А. Толстых), региональной модели Region (автор В.М. Лосев). Регулярно проводилось сравнение успешности указанных прогнозов с аналогичными прогнозами зарубежных центров, получаемых в коде ГРИБ из ECMWF (г. Реддинг, Великобритания), из UKMO (г. Экзетер, Великобритания) и NCEP (г. Вашингтон, США).

На рис. 1–6 приведены графики хода среднеквадратической ошибки (RMSE) прогнозов поля давления на уровне моря, поля геопотенциала Н–500, величин градиентной ошибки (S1), среднеквадратических ошибок (RMSE) прогнозов поля температуры воздуха на уровне изобарической поверхности 850 гПа (Т–850), поля ветра на уровне 250 гПа (V–250), а также графики изменения абсолютной и относительной ошибок прогноза температуры воздуха у поверхности Земли. На графиках представлены значения, рассчитанные по исходному сроку 12 ч ВСВ для региона Европа по данным объективного анализа (ОА).

Среднеквадратические ошибки прогнозов поля давления на уровне моря по спектральной модели T85L31 (рис. 1) составили 2,0; 4,8 и 7,1 гПа для прогнозов на 24, 72 и 120 ч. Среднеквадратические ошибки аналогичных прогнозов давления по модели PLAV составили соответственно 1,6, 3,3 и 5,4 гПа, что на 0,4–1,7 гПа меньше ошибок спектральной модели. Величина RMSE аналогичных прогнозов по региональной модели атмосферы при заблаговременности 48 ч была на 0,3 гПа выше, чем у модели PLAV.

На рис. 2 видно, что средние за 2008 г. величины RMSE прогнозов поля геопотенциала Н–500 по модели атмосферы T85L31 составили для заблаговременностей 24, 72 и 120 ч соответственно 1,8; 4,8 и 7,8 дам, что меньше, чем в 2007 г. соответственно на 0,2; 0,1 и 0,2 дам [2]. Сравнение успешности прогнозов поля Н–500 по модели T85L31 с успешностью прогнозов по модели PLAV показывает преимущество последней по величине RMSE на 0,4–1,7 дам. В 2007 г. указанные различия были меньше.

Ошибки S1 прогноза поля Н–500 (рис. 3) для этих же заблаговременностей составили соответственно 24; 42 и 58 . Величины ошибок S1 указывают на то, что спектральная модель удовлетворительно прогнозировала структуру барического поля на уровне Н–500 для заблаговременностей до 5 сут.. Величины ошибки S1 прогнозов полей Н–500 по модели PLAV также меньше в среднем на 2–5 (рис. 3).

Среднеквадратические ошибки прогнозов температуры воздуха на уровне изобарической поверхности 850 гПа (рис. 4) по спектральной модели на 24, 72 и 120 ч , как и в 2007 г ,были равны соответственно 2,0 3,0 и 4,0 °С Модель PLAV имела меньшие ошибки прогноза Т–850: 1,8, 2,4 и 3,2 °С соответственно для заблаговременностей 24, 72 и 120 ч. Успешность прогноза Т–850 на 24 и 48 ч по региональной модели близка к успешности прогнозов модели T85L31.

На рис. 5 показана успешность прогнозов скорости ветра в верхней тропосфере (на уровне 250 гПа), важных для метеорологического обеспечения авиации. Из рисунка видно, что модель PLAV при всех заблаговременностях прогнозов скорости ветра имеет несколько меньшие величины ошибки RMSE. Различия составляли около 1.0 м/с на сроках 24 и 48 ч, далее они увеличились до 2,0 м/с. При этом сами величины RMSE составили 6–7 м/с для прогнозов на 24 ч, около 11–13 и 16–18 м/с для прогнозов на 72 и 120 ч.

Значения абсолютных (ABS ERR) и относительных (REL ERR) ошибок прогнозов приземной температуры воздуха (Tz) приведены на рис. 6. Средняя величина абсолютной ошибки прогнозов Tz по спектральной модели составила на 24, 72 и 120 ч соответственно 2,4, 2,7 и 3,1 °С, что на 0,1 °С меньше по сравнению с аналогичными величинами в 2007 г. при заблаговременности 72 и 120 ч. Относительные ошибки указывают на преимущество методических прогнозов над инерционными, начиная с заблаговременности 48 ч. Абсолютная ошибка прогнозов Tz по региональной модели при заблаговременности 24 и 48 ч была на 0,6 °С меньше, чем у глобальной спектральной модели.

Успешность моделей, внедренных в оперативную практику ГУ «Гидрометцентр России», в целом уступает успешности аналогичных прогнозов зарубежных моделей, хотя для малых заблаговременностей разница в показателях весьма небольшая. Среди зарубежных моделей, успешность которых регулярно оценивается, в большинстве случаев поля метеозаэментов лучше других моделей прогнозировала модель ECMWF, и на втором месте – UKMO. Успешность прогнозов по модели NCEP была в среднем несколько ниже в сравнении с моделями ECMWF и UKMO.

Оценки по сетке точек ОА $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$

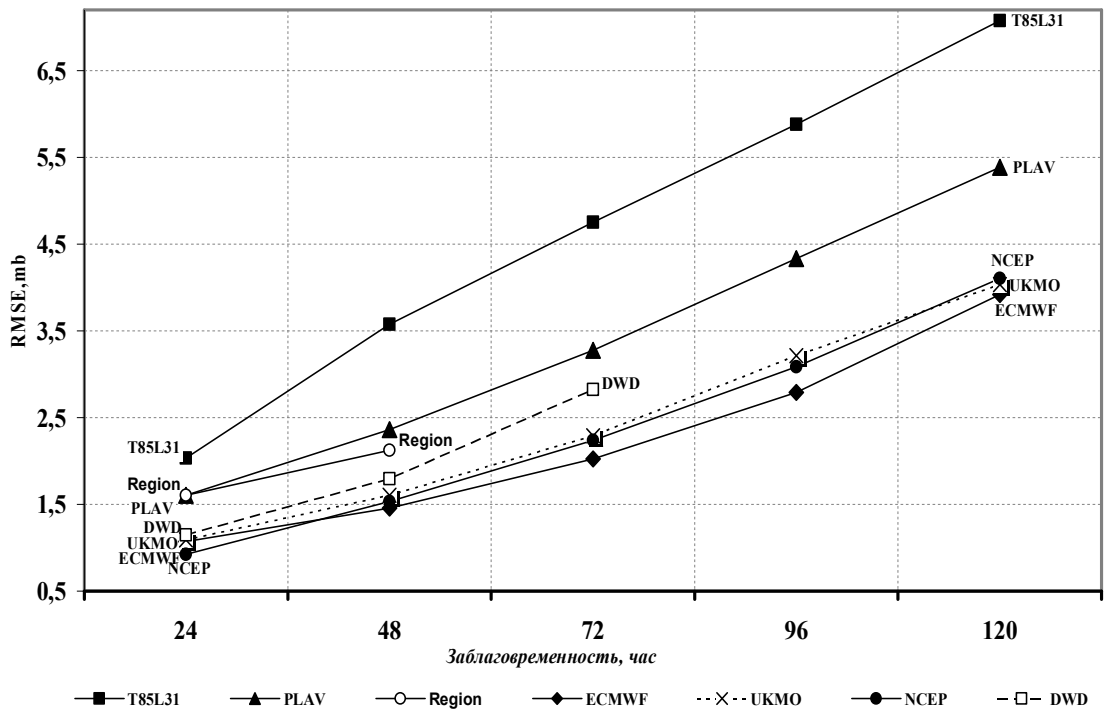


Рис. 1. График изменения среднеквадратической ошибки прогноза давления на уровне моря в зависимости от заблаговременности для региона Европа за 2008 г.
Исходный срок 12 ч ВСВ.

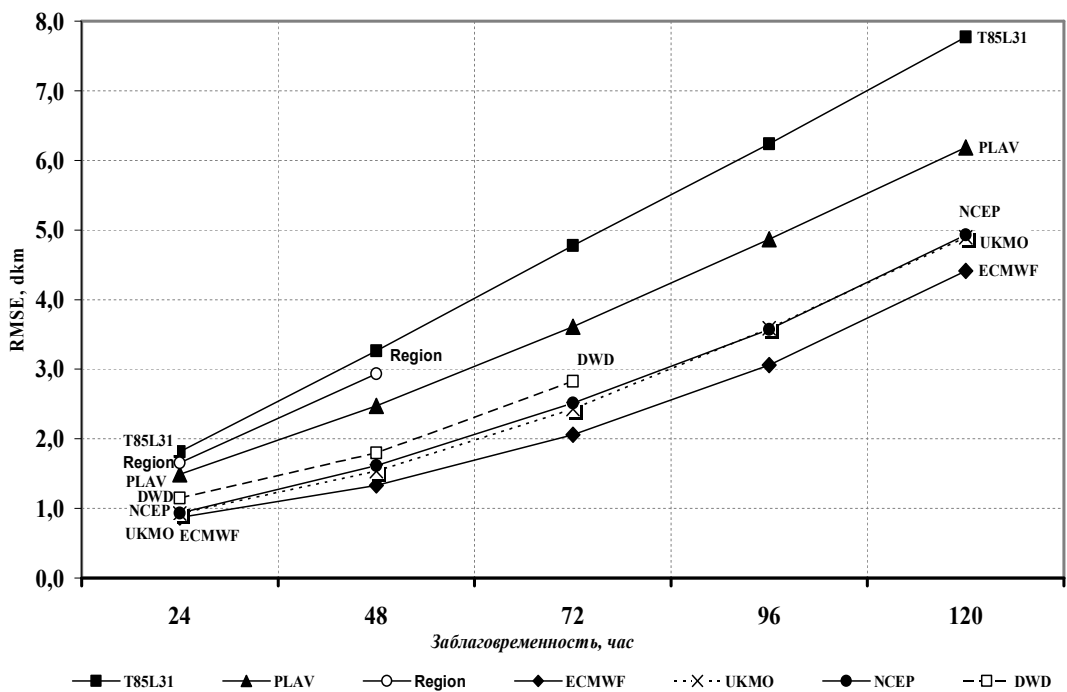


Рис. 2. График изменения среднеквадратической ошибки прогноза геопотенциала Н-500 в зависимости от заблаговременности для региона Европа за 2008 г.
Исходный срок 12 ч ВСВ.

Оценки по сетке точек ОА 2,5°×2,5°

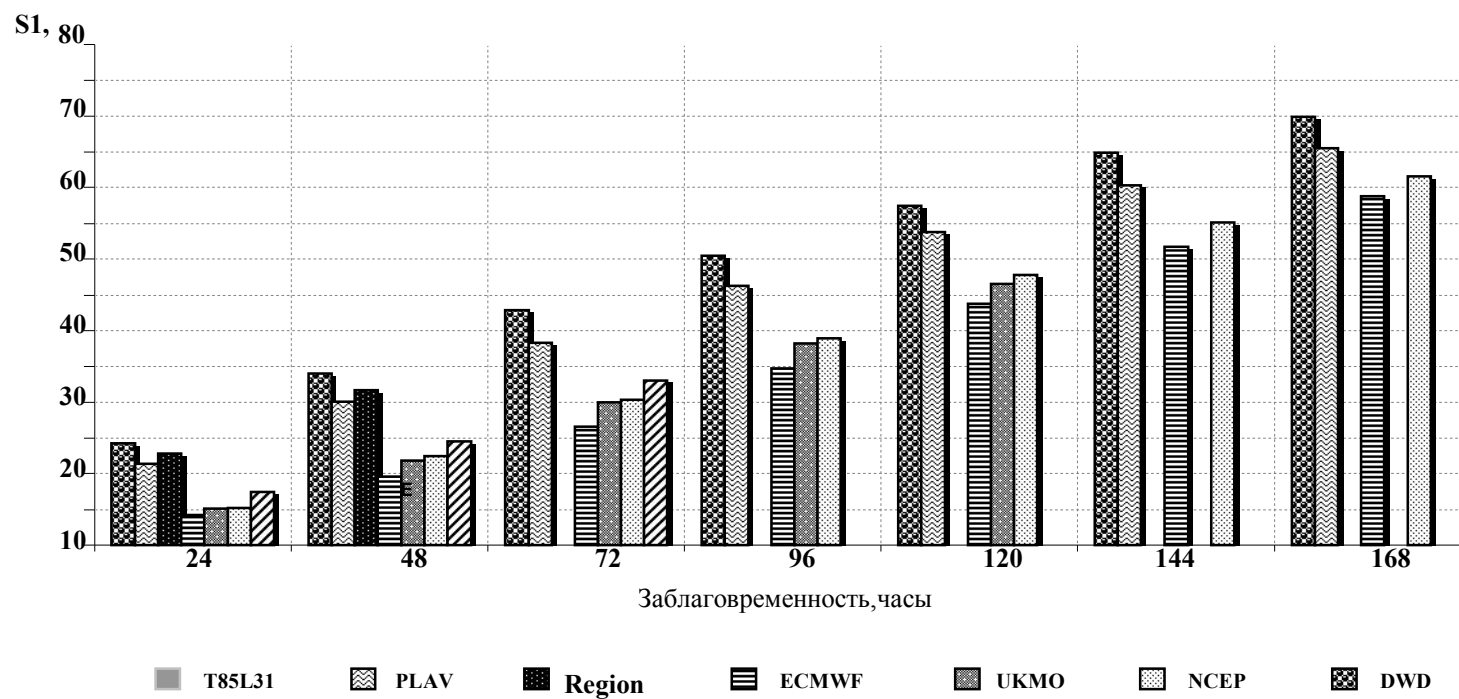


Рис.3. График изменения градиентной ошибки (S1) прогноза H-500 в зависимости от заблаговременности за 2008 г. для региона Европа. Исходный срок 12 ч ВСВ.

Оценки по сетке точек ОА $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$

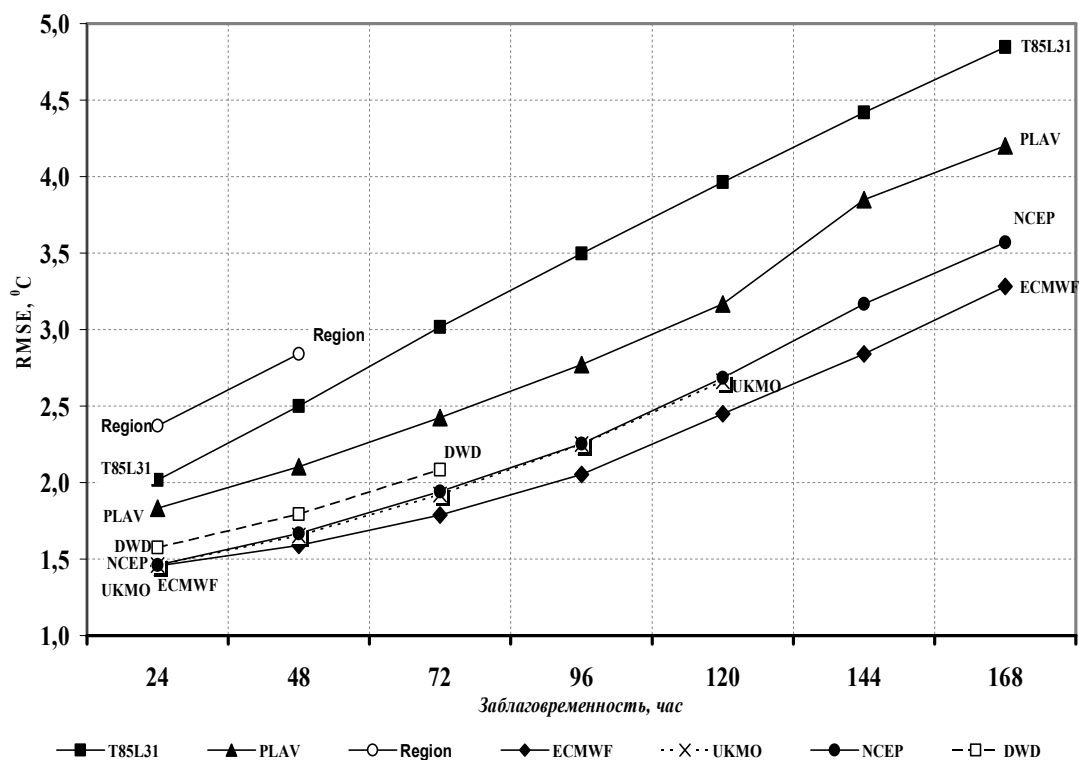


Рис. 4. График изменения среднеквадратической ошибки прогноза T-850 в зависимости от заблаговременности за 2008 г. для региона Европа.

Исходный срок 12 ч ВСВ.

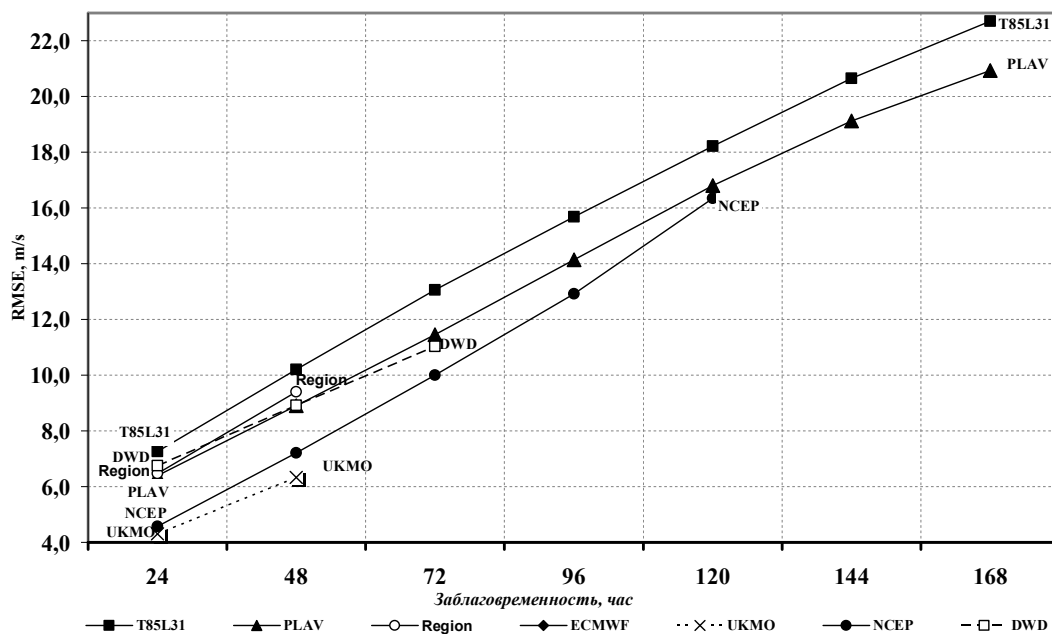


Рис. 5. График изменения среднеквадратической ошибки прогноза V-250 в зависимости от заблаговременности за 2008 г. для региона Европа.

Исходный срок 12 ч ВСВ.

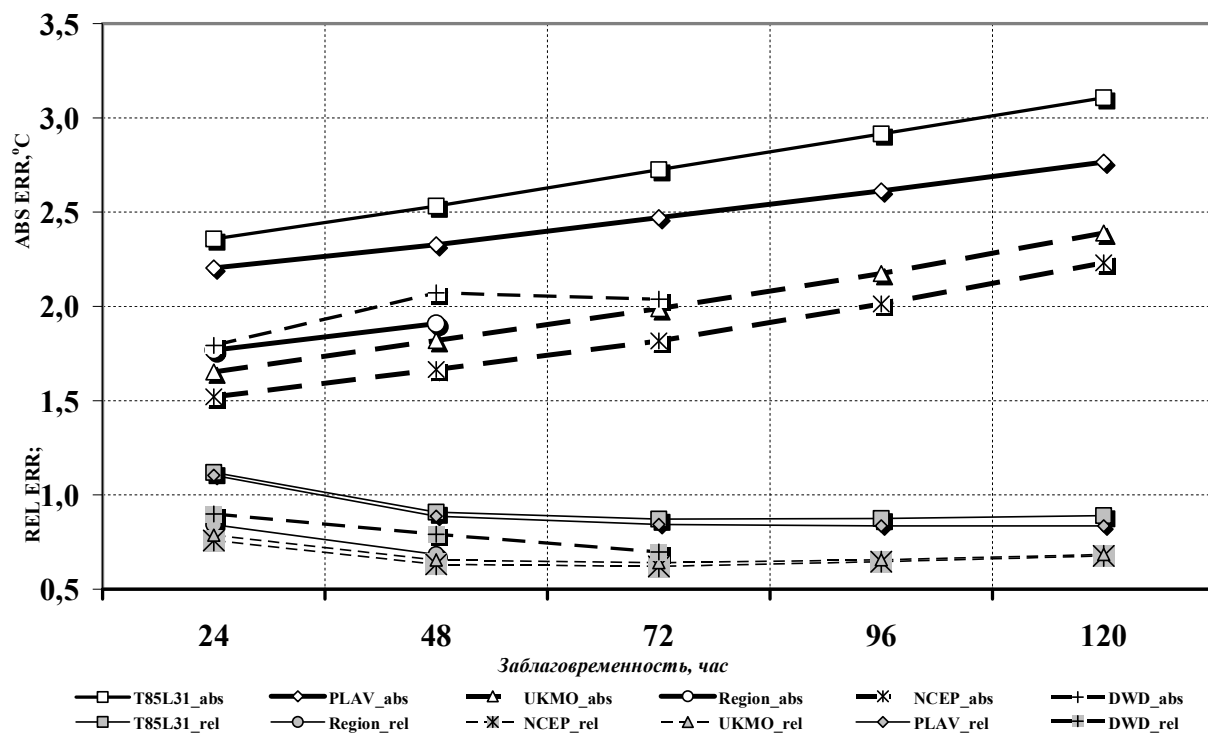


Рис. 6. График изменения абсолютной и относительной ошибок прогноза T_z в зависимости от заблаговременности за 2008 г. для региона Европа. Исходный срок 12 ч ВСВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булдовский Г.С., Веселова Г.К. Технология автоматизированной оценки успешности краткосрочных и среднесрочных метеорологических прогнозов погоды // Информационный сборник. № 25. – 1998. – С. 92–113.
2. Горлач И.А., Шакотько Е.Н. Успешность краткосрочных и среднесрочных прогнозов погоды и полей метеорологических элементов в 2007 г. // Информационный сборник. № 36. – 2009. – С.163–190.
3. Веселова Г.К. Методика оценки успешности прогнозов облачности // Информационный сборник № 26. . – 2000. – С. 89–94.
4. РД 52.88.629–2002. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002.