

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА  
НА БАЗЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ВЫХОДНОЙ ПРОДУКЦИИ  
РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД  
В ОПЕРАТИВНО-ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ  
ФГБУ «ЗАПАДНО-СИБИРСКОЕ УГМС»**

<sup>1</sup> *Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, г. Новосибирск;*

<sup>2</sup> *Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Новосибирск*

Целью испытаний являлось сравнение оправдываемости прогнозов температуры воздуха в холодный период различными подходами: Автоматизированной технологии расчета прогноза температуры воздуха на базе комплексирования выходной продукции различных моделей (COMPLEX) (далее «Комплекс», автор – М.Я. Здерева, СибНИГМИ), Автоматизированной технологии расчета прогноза температуры воздуха (WSIBMZ) (далее «Регион», автор – М.Я. Здерева, СибНИГМИ) и Метода прогноза минимальной и максимальной температуры воздуха (далее «РЭП», автор – П.П. Васильев, Гидрометцентр России) в оперативно-прогностических подразделениях ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

Метод и технология WSIBMZ были разработаны в 2009 г., внедрены в 2010 г. и основаны на базе MOS-интерпретации выходных полей моделей ECMF и UKMO [2]. Для получения корректирующих уравнений применен метод группового учета аргументов (МГУА) [1, 4] к предварительно разделенным выборкам по периодам года (холодный, теплый, переходный). Внутрисезонные выборки дополнительно подразделены по знаку первой производной по времени прогностической температуры на уровне АТ-850, а для холодного периода – по знаку изменения приземного давления. В силу громоздких вычислений по МГУА метод является неадаптивным, т. е. полученные уравнения не меняются, что является главной причиной потери качества прогнозов с увеличением времени использования.

Метод и технология COMPLEX разработаны в 2013 г., результаты начали внедряться в оперативную практику в 2015 г. Однако на тот момент удовлетворительное качество было показано только для теплого периода года. Технология основана на комплексации результатов прогнозов температуры по четырем моделям: COSMO\_Sib13, SLAV, UKMO, GFS, каждая из которых предварительно корректируется по оценке смещения [3]. Вычисление средней прогностической температуры производится с весовыми коэффициентами, обратными ошибке каждой модели. Метод является адаптивным, уравнения пересчитываются ежедневно по циклически заполняемой выборке, включающей предыдущие 40 суток. Это и является преимуществом по сравнению с технологией WSIBMZ, поскольку качество окончательного результата меняется пропорционально изменениям в модельных блоках. В последнее время существенные сдвиги в лучшую сторону показали результаты прогнозов температурных полей в модели SLAV. Соответственно повысилось качество прогнозов по технологии COMPLEX в течение всего года.

Сравнение экстремальной температуры воздуха проводилось в период январь – март, ноябрь – декабрь 2018 г. по территории Новосибирской, Томской, Кемеровской областей, Алтайского края и по пунктам: Учебная, ОбьГЭС, Огурцово, Томск, Кемерово, Барнаул. Выходная продукция представлялась ежедневно в виде таблиц по станциям территории. Расчет прогнозов производился в оперативном режиме по исходному сроку 00 ч ВСВ с заблаговременностью 24–72 ч и представлялся на сервере ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

На первом этапе была проведена сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры по территории по четырем областям (кроме Республики Алтай). Рассмотрено 604 случая прогнозов для 113 станций (табл. 1). Средняя оправдываемость прогнозов минимальной температуры по методу «Комплекс» на первые сутки составляет 76,3 %; максимальной температуры – 83,9 %, понижаясь ко вторым и третьим суткам до 62,7 %. Оправдываемость прогнозов температуры по методу «Регион» на первые сутки ниже, чем по методу «Комплекс», и составляет 61,2 % (минимальная температура) и 69,2 % (максимальная температура), также понижаясь к третьим суткам до 52,9 %. Прогнозы метода «Комплекс» имеют по всем заблаговременностям оправдываемость в среднем на 8–15 % выше: оправдываемость составляет 62,7–83,9 %, а по методу «Регион» – 52,9–69,2 %. Необходимо отметить, что у обеих моделей более удачными являются прогнозы максимальной температуры воздуха на первые сутки, сохраняется общая тенденция к понижению оправдываемости прогнозов в зависимости от заблаговременности.

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха по методам  
«Комплекс» (К) и «Регион» (Р) по территории ответственности  
ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Территория	Кол-во случаев	1 сутки				2 сутки				3 сутки			
		К		Р		К		Р		К		Р	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Новосибирская обл.	151	79	85	64	66	74	81	59	64	67	65	54	63
Томская обл.	151	79	84	60	69	72	79	57	65	63	63	49	63
Кемеровская обл.	151	71	80	55	69	62	78	54	66	57	66	51	64
Алтайский край	151	77	87	65	72	67	83	62	66	63	66	58	65
<b>Средняя</b>	<b>Σ 604</b>	<b>76,3</b>	<b>83,9</b>	<b>61,2</b>	<b>69,2</b>	<b>69,0</b>	<b>80,2</b>	<b>58,2</b>	<b>65,3</b>	<b>62,7</b>	<b>64,9</b>	<b>52,9</b>	<b>63,8</b>

При анализе оправдываемости прогнозов экстремальной температуры воздуха по субъектам территории деятельности Западно-Сибирского УГМС по месяцам было выявлено, что разница в оправдываемости между двумя рассматриваемыми методами составляет в среднем 10–15 % в пользу метода «Комплекс» (табл. 2–5). Оправдываемость прогнозов дневных температур с заблаговременностью 1 сутки по методу «Комплекс» по всем областям оказалась выше на 20–25 % и колеблется от 70 до 91 %. При этом в январе по Томской области по методу «Регион» максимальные температуры (с заблаговременностью 72 часа) были спрогнозированы лучше на 4 % и составили 68 %, в Алтайском крае максимальные температуры (с заблаговременностью 72 часа) за все рассматриваемые месяцы, кроме февраля и марта, также были лучше спрогнозированы на 1–5 % и составили 60–77 % (табл. 6).

Таблица 2

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха по методам  
«Комплекс» (К) и «Регион» (Р) по Новосибирской области за период январь – март  
и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	1 сутки				2 сутки				3 сутки			
		К		Р		К		Р		К		Р	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Январь	31	79	85	64	66	71	81	60	59	67	56	58	57
Февраль	28	75	88	68	60	72	84	59	58	72	73	54	59
Март	31	84	89	72	66	78	85	67	69	74	77	66	71
Ноябрь	30	73	77	68	77	69	69	61	73	50	51	46	66
Декабрь	31	85	86	50	63	79	86	49	62	72	67	45	62
<b>Средняя</b>	<b>Σ 151</b>	<b>79</b>	<b>85</b>	<b>64</b>	<b>66</b>	<b>74</b>	<b>81</b>	<b>59</b>	<b>64</b>	<b>67</b>	<b>65</b>	<b>54</b>	<b>63</b>

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» (К) и «Регион» (Р) по Томской области  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	1 сутки				2 сутки				3 сутки			
		К		Р		К		Р		К		Р	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Январь	31	73	87	61	70	70	82	60	68	66	64	58	68
Февраль	28	73	88	66	77	72	87	67	73	66	80	62	73
Март	31	78	87	63	68	71	83	62	68	65	74	55	66
Ноябрь	30	86	70	59	66	74	62	51	53	56	41	29	48
Декабрь	31	83	89	50	65	75	80	47	61	64	54	39	62
<b>Средняя</b>	<b>Σ 151</b>	<b>79</b>	<b>84</b>	<b>60</b>	<b>69</b>	<b>72</b>	<b>79</b>	<b>57</b>	<b>65</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>49</b>	<b>63</b>

Таблица 4

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» (К) и «Регион» (Р) по Кемеровской области  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	1 сутки				2 сутки				3 сутки			
		К		Р		К		Р		К		Р	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Январь	31	69	82	50	65	62	79	55	63	58	63	54	61
Февраль	28	63	90	52	80	57	89	53	75	60	80	56	73
Март	31	71	82	67	74	68	79	65	69	63	74	64	69
Ноябрь	30	86	70	60	72	70	70	58	71	58	57	47	65
Декабрь	31	65	74	46	53	54	71	38	53	47	58	36	51
<b>Средняя</b>	<b>Σ 151</b>	<b>71</b>	<b>80</b>	<b>55</b>	<b>69</b>	<b>62</b>	<b>78</b>	<b>54</b>	<b>66</b>	<b>57</b>	<b>66</b>	<b>51</b>	<b>64</b>

Таблица 5

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» (К) и «Регион» (Р) по Алтайскому краю  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	1 сутки				2 сутки				3 сутки			
		К		Р		К		Р		К		Р	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Январь	31	78	86	65	68	67	83	60	65	62	59	61	64
Февраль	28	73	91	69	65	71	85	65	58	70	64	56	59
Март	31	79	88	64	69	69	84	64	67	67	72	58	65
Ноябрь	30	78	85	70	88	64	84	67	80	58	76	61	77
Декабрь	31	75	83	59	71	66	80	56	61	59	58	52	60
<b>Средняя</b>	<b>Σ 151</b>	<b>77</b>	<b>87</b>	<b>65</b>	<b>72</b>	<b>67</b>	<b>83</b>	<b>62</b>	<b>66</b>	<b>63</b>	<b>66</b>	<b>58</b>	<b>65</b>

**Оправдываемость прогнозов температуры воздуха по методу «Комплекс»  
по Республике Алтай за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	1 сутки		2 сутки		3 сутки	
		min	max	min	max	min	max
Январь	31	72	70	66	68	60	58
Февраль	28	73	70	69	67	66	64
Март	31	75	74	68	73	65	67
Ноябрь	30	69	78	67	76	56	64
Декабрь	31	57	60	55	58	54	49
<b>Средняя</b>	<b>Σ 151</b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>65</b>	<b>68</b>	<b>60</b>	<b>60</b>

Произведена сравнительная оценка оправдываемости и ошибки прогнозов экстремальной температуры воздуха ( $\delta$ ) по шести пунктам (Учебная, ОбьГЭС, Огурцово, Томск, Кемерово, Барнаул) Западно-Сибирского УГМС по месяцам.

В Барнауле (табл. 7) оправдываемость прогнозов ночных температур с заблаговременностью 1 сутки и дневных температур с заблаговременностью 1–2 сутки по методу «Комплекс» оказалась выше на 30–37 % и колеблется от 75 до 87 %. При этом есть случаи, когда температура по методу «Регион» была спрогнозирована лучше. Так, в зимний период на станции Учебная оправдываемость прогнозов ночных температур на 3 сутки по методу «Регион» была выше в феврале на 3 %, декабре – на 7 %, январе – на 15 %. На станции Огурцово (табл. 8) в декабре оправдываемость дневных температур на 3 сутки по методу «Регион» оказалась лучше на 20 % (68 % против 48 %). На станциях ОбьГЭС, Томск, Кемерово, Барнаул по методу «Регион» в отдельные периоды также максимальные температуры были спрогнозированы лучше на 4–15 % по сравнению с методом «Комплекс».

При анализе средней абсолютной ошибки прогнозов температуры было выявлено, что ошибка прогноза метода «Комплекс» заблаговременностью 1–2 сутки находится в пределах 1,4–3,5 °С (кроме ошибки минимальной температуры в январе по Кемерово, которая составила на 1 сутки 3,6 °С, на 2 сутки – 3,8 °С, что считается, согласно Наставлению [5], допустимым критерием успешности прогнозов. В большинстве случаев ошибка метода «Комплекс» меньше ошибки метода «Регион» на 0,1–1,5 °С.

Неоправдавшиеся прогнозы погоды, по оценке синоптической ситуации, в основном связаны в зимний период с антициклональным полем у земли и наличием инверсии в атмосфере.

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» (К) и «Регион» (Р) по станции Барнаул  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	Комплекс				Регион			
		min	$\delta$	max	$\delta$	min	$\delta$	max	$\delta$
<b>1 сутки</b>									
Январь	31	84	2,6	87	1,5	71	2	84	1,6
Февраль	28	75	2,3	89	1,8	71	1,5	57	1,1
Март	31	77	2,4	90	1,4	58	2,1	71	1,8
Ноябрь	30	80	2,1	80	1,4	67	1,5	90	0,8
Декабрь	31	87	2,1	81	2,1	58	1,4	84	1,4
<b>Средняя</b>	$\Sigma 151$	81	2,4	85	1,6	65	1,9	77	1,5
<b>2 сутки</b>									
Январь	31	68	3,1	87	1,7	71	2,8	77	1,8
Февраль	28	64	2,4	82	2,3	71	2,7	61	3,1
Март	31	65	2,8	94	1,6	61	2,8	65	2,5
Ноябрь	30	60	2,8	80	1,9	63	2,7	80	1,5
Декабрь	31	74	2,2	84	2	58	3,7	74	2,9
<b>Средняя</b>	$\Sigma 151$	66	2,8	85	1,9	65	2,8	71	2,5
<b>3 сутки</b>									
Январь	31	68	3,4	63	3	81	2,4	74	1,8
Февраль	28	71	2,7	71	3,5	57	3,4	57	3,2
Март	31	68	3	84	2,2	48	2,5	71	2,2
Ноябрь	30	60	2,8	80	3,5	53	3,5	73	1,6
Декабрь	31	65	2,2	68	3,2	55	2,6	65	3
<b>Средняя</b>	$\Sigma 151$	66	3,0	73	2,9	59	2,8	68	2,4

В среднем оправдываемость прогнозов минимальной и максимальной температуры воздуха по методу «Комплекс» в Алтайском крае колеблется в пределах 69–70 % (соответственно) на первые сутки, снижаясь к третьим суткам до 60 % (см. табл. 6). Оправдываемость прогнозов по станции Кызыл-Озек (табл. 9) также снижается к третьим суткам, но при этом средняя оправдываемость по пункту на 6–20 % выше, чем по Алтайскому краю в целом. Проведенная оценка средней абсолютной ошибки ( $\delta$ ) прогнозов температуры на станции Кызыл-Озек по всем заблаговременностям, кроме максимальной температуры на 3 сутки в марте и декабре, находится в допустимых пределах.

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» и «Регион» по станции Огурцово  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	Комплекс				Регион			
		min	δ	max	δ	min	δ	max	δ
<b>1 сутки</b>									
Январь	31	74	2,4	74	2,1	77	3	71	3
Февраль	28	79	2,4	79	2,2	68	2,6	61	2,7
Март	31	84	2	97	1,5	84	2,2	74	2,5
Ноябрь	30	80	1,2	60	1,5	77	1,9	87	0,6
Декабрь	31	84	1,8	87	1,9	42	3,4	48	3,4
<b>Средняя</b>	<b>Σ151</b>	<b>80</b>	<b>2,0</b>	<b>79</b>	<b>1,8</b>	<b>70</b>	<b>2,6</b>	<b>68</b>	<b>2,4</b>
<b>2 сутки</b>									
Январь	31	74	2,6	74	2,5	65	3,2	55	2,8
Февраль	28	68	2,8	71	2,6	64	3,5	54	3,7
Март	31	84	2,3	90	1,6	77	2,5	74	2,6
Ноябрь	30	60	1,2	60	2,2	63	3,1	77	1,9
Декабрь	31	84	1,7	97	1,7	42	5,5	55	4,2
<b>Средняя</b>	<b>Σ151</b>	<b>74</b>	<b>2,1</b>	<b>78</b>	<b>2,1</b>	<b>62</b>	<b>3,6</b>	<b>63</b>	<b>3,0</b>
<b>3 сутки</b>									
Январь	31	68	3,1	50	3,8	58	3,7	52	3
Февраль	28	71	2,9	61	3,7	57	3,9	64	3,9
Март	31	74	2,5	77	1,7	68	2	77	1,9
Ноябрь	30	40	1,4	40	3,6	40	4,2	70	2,3
Декабрь	31	77	2,7	74	2,7	35	6,4	55	4
<b>Средняя</b>	<b>Σ 151</b>	<b>66</b>	<b>2,5</b>	<b>60</b>	<b>3,1</b>	<b>52</b>	<b>4,0</b>	<b>64</b>	<b>3,0</b>

**Оправдываемость прогнозов температуры воздуха по методу «Комплекс» на станции  
Кызыл-Озек за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	1 сутки				2 сутки				3 сутки			
		min	δ	max	δ	min	δ	max	δ	min	δ	max	δ
Январь	31	84	2,2	87	2	84	2,2	87	2,2	77	2,7	67	2,4
Февраль	28	89	1,5	96	1,4	86	1,7	89	1,5	86	1,7	75	2,7
Март	31	90	1,8	94	1,6	68	2,4	87	2	71	1,7	55	3,6
Ноябрь	30	100	2,1	80	1,9	100	2,3	100	2,1	80	2,7	60	3,1
Декабрь	31	81	1,9	81	2,4	84	2,2	84	2,3	77	2,7	55	4,1
<b>Средняя</b>	<b>Σ 151</b>	<b>89</b>	<b>1,9</b>	<b>88</b>	<b>1,9</b>	<b>84</b>	<b>2,2</b>	<b>89</b>	<b>2,0</b>	<b>78</b>	<b>2,3</b>	<b>66</b>	<b>3,2</b>

В связи с тем, что основным расчетным методом прогноза температуры воздуха на территории Западно-Сибирского УГМС является метод «РЭП», был проведен сравнительный анализ оправдываемости и абсолютной ошибки метода «Комплекс» с основным методом по пяти административным центрам (Учебная, Томск, Кемерово, Барнаул, Кызыл-Озек) Западно-Сибирского УГМС по месяцам (табл. 10–14). Прогнозы «РЭП» имеют оправдываемость в среднем на 2–10 % выше оценок успешности метода «Комплекс».

Таблица 10

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» и «РЭП» по станции Учебная  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	Комплекс				РЭП			
		min	$\delta$	max	$\delta$	min	$\delta$	max	$\delta$
<b>1 сутки</b>									
Январь	31	90	1,4	87	1,8	83,9	1,9	83,9	2,0
Февраль	28	86	1,8	79	2,3	89,3	1,4	96,4	1,6
Март	31	90	1,7	90	1,7	97	1,3	90	1,6
Ноябрь	30	60	1,3	60	1,6	87	1,8	97	1,2
Декабрь	31	90	1,3	90	1,6	97	1,6	81	1,5
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	83	1,5	81	1,8	91	1,6	90	1,6
<b>2 сутки</b>									
Январь	31	90	1,6	77	2,2	84	1,7	87	2
Февраль	28	86	2	68	2,8	89	1,7	89	1,8
Март	31	94	1,7	90	1,8	97	1,2	83	1,8
Ноябрь	30	60	1,4	60	2,3	90	1,8	97	1,2
Декабрь	31	94	1,3	97	1,5	90	1,7	84	1,7
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	85	1,6	78	2,1	90	1,6	88	1,7
<b>3 сутки</b>									
Январь	31	81	2	50	3,2	81	2	71	2,4
Февраль	28	86	2,3	61	3,6	93	1,8	79	1,9
Март	31	97	1,6	77	1,8	97	1,5	87	1,9
Ноябрь	30	40	1,6	40	4,4	80	2,1	90	1,6
Декабрь	31	74	2,1	81	2,4	81	2,1	51	1,9
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	76	1,9	62	3,1	86	1,9	76	1,9

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» и «РЭП» по станции Томск  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	Комплекс				РЭП			
		min	$\delta$	max	$\delta$	min	$\delta$	max	$\delta$
<b>1 сутки</b>									
Январь	31	84	1,8	90	1,8	84	1,8	81	2,1
Февраль	28	75	2,3	82	2,2	82	1,7	89	1,6
Март	31	90	2	77	1,9	97	1,5	90	1,5
Ноябрь	30	80	1,6	60	2,1	80	2	90	1,7
Декабрь	31	90	1,6	94	1,4	84	2	97	1,1
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	84	1,9	81	1,9	85	1,8	89	1,6
<b>2 сутки</b>									
Январь	31	87	1,7	87	1,9	84	1,6	74	2,2
Февраль	28	75	2,1	89	2,3	82	1,8	89	1,4
Март	31	87	2,2	74	2	93	1,6	97	1,5
Ноябрь	30	80	2	40	2,9	87	2	83	2
Декабрь	31	94	1,6	94	1,6	81	2,2	94	1,6
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	85	1,9	77	2,1	85	1,8	87	1,7
<b>3 сутки</b>									
Январь	31	81	2,5	53	3,4	81	2	77	2,6
Февраль	28	79	2,2	71	2,8	89	1,7	86	1,6
Март	31	71	2,6	77	1,9	93	1,8	90	1,7
Ноябрь	30	80	2	60	4,7	87	2,4	70	2,6
Декабрь	31	71	2,3	77	3,1	74	2,4	97	1,7
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	76	2,3	68	3,2	85	2,1	84	2,0

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» и «РЭП» по станции Кемерово  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	Комплекс				РЭП			
		min	$\delta$	max	$\delta$	min	$\delta$	max	$\delta$
<b>1 сутки</b>									
Январь	31	55	3,6	68	2,8	55	3,4	71	2,3
Февраль	28	64	3,1	79	2,3	57	3,1	86	2,2
Март	31	77	2,6	87	1,5	77	2,4	93	1,4

Ноябрь	30	80	1,9	60	1,3	80	2,1	97	1
Декабрь	31	61	3,5	68	3,1	52	4	61	3,4
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	67	2,9	72	2,2	64	3,0	82	2,1
<b>2 сутки</b>									
Январь	31	35	3,8	68	3,2	52	3,5	81	2,4
Февраль	28	50	3,4	75	2,4	64	3,3	86	2,2
Март	31	77	2,8	87	1,7	77	2,2	93	1,6
Ноябрь	30	60	2,1	60	2,4	93	1,8	93	1,3
Декабрь	31	39	4	61	3,3	39	4,3	58	3,6
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	52	3,2	70	2,6	65	3,0	82	2,2
<b>3 сутки</b>									
Январь	31	45	4,4	57	4,2	42	4	71	2,8
Февраль	28	46	3,3	68	2,7	54	3,2	68	2,3
Март	31	68	3,5	87	1,3	70	2,5	93	1,7
Ноябрь	30	40	2	40	5,2	87	1,9	93	1,3
Декабрь	31	39	4,7	52	4,8	36	5,1	61	3,8
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	48	3,6	61	3,6	58	3,3	77	2,4

Таблица 13

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» и «РЭП» по станции Барнаул  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	Комплекс				РЭП			
		min	$\delta$	max	$\delta$	min	$\delta$	max	$\delta$
<b>1 сутки</b>									
Январь	31	84	2,6	87	1,5	87	1,8	94	1,6
Февраль	28	75	2,3	89	1,8	75	2,5	96	1,7
Март	31	77	2,4	90	1,4	77	2,5	100	1,5
Ноябрь	30	80	2,1	80	1,4	77	2,4	100	1
Декабрь	31	87	2,1	81	2,1	74	2,8	84	1,7
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	81	2,3	85	1,6	78	2,4	95	1,5
<b>2 сутки</b>									
Январь	31	68	3,1	87	1,7	81	2	90	1,7
Февраль	28	64	2,4	82	2,3	68	2,7	96	1,7
Март	31	65	2,8	94	1,6	63	2,6	100	1,5
Ноябрь	30	60	2,8	80	1,9	73	2,6	100	1,1
Декабрь	31	74	2,2	84	2	65	3,1	97	1,8
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	66	2,7	85	1,9	70	2,6	97	1,6

3 сутки									
Январь	31	68	3,4	63	3	81	2,1	90	1,7
Февраль	28	71	2,7	71	3,5	68	3,1	89	2
Март	31	68	3	84	2,2	70	2,4	100	1,4
Ноябрь	30	60	2,8	80	3,5	63	2,7	97	1,1
Декабрь	31	65	2,2	68	3,2	55	3,6	84	2,2
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	66	2,8	73	3,1	67	2,8	92	1,7

Таблица 14

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» и «РЭП» по станции Кызыл-Озек  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	Комплекс				РЭП			
		min	$\delta$	max	$\delta$	min	$\delta$	max	$\delta$
<b>1 сутки</b>									
Январь	31	84	2,2	87	2	77	2,1	87	1,8
Февраль	28	89	1,5	96	1,4	82	1,8	93	1,4
Март	31	90	1,8	94	1,6	83	2	90	1,4
Ноябрь	30	100	2,1	80	1,9	73	2,5	93	1,7
Декабрь	31	81	1,9	81	2,4	84	2,3	94	1,6
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	89	1,9	88	1,9	80	2,1	91	1,6
<b>2 сутки</b>									
Январь	31	84	2,2	87	2,2	74	2,5	84	1,9
Февраль	28	86	1,7	89	1,5	86	1,7	93	1,6
Март	31	68	2,4	87	2	73	2,3	90	1,5
Ноябрь	30	100	2,3	100	2,1	80	2,8	90	1,9
Декабрь	31	84	2,2	84	2,3	71	2,7	87	1,5
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	84	2,2	89	2,0	77	2,4	89	1,7
<b>3 сутки</b>									
Январь	31	77	2,7	67	2,4	68	2,7	77	2,2
Февраль	28	86	1,7	75	2,7	86	2	96	1,8
Март	31	71	1,7	55	3,6	70	2,4	80	1,9
Ноябрь	30	80	2,7	60	3,1	67	2,8	87	2,1
Декабрь	31	77	2,7	55	4,1	74	2,7	81	1,8
<b>Средняя</b>	$\Sigma$ 151	78	2,3	66	3,2	73	2,5	84	2,0

При анализе средней абсолютной ошибки ( $\delta$ ) прогнозов температуры (табл. 10–14) было выявлено, что ошибка прогноза методами «Комплекс» и «РЭП» заблаговременностью 1–2 сутки находится в пределах 1,4–3,1 °С. Исключение составляет ошибка минимальной

температуры в январе по методу «Комплекс» по пункту Кемерово, которая составила на 1 сутки 3,6 °С, и ошибка минимальной температуры в декабре по методу «РЭП» на 1 сутки, которая составила 4 °С. В большинстве случаев ошибка «РЭП» меньше ошибки метода «Комплекс» на 0,1–0,9 °С.

Прогнозы «РЭП» имеют по всем заблаговременностям оправдываемость в среднем на 1–8 % выше и составляют 74–89 %, а оправдываемость прогнозов по методу «Комплекс» составляет 66–81 % (табл. 15). Необходимо отметить, что у обеих моделей сохраняется общая тенденция к понижению оправдываемости прогнозов в зависимости от заблаговременности.

Таблица 15

**Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов температуры воздуха  
по методам «Комплекс» (К) и «РЭП» по административным центрам  
за период январь – март и ноябрь – декабрь 2018 г.**

Месяц	Кол-во случаев	1 сутки				2 сутки				3 сутки			
		К		РЭП		К		РЭП		К		РЭП	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Январь	151	83	81	91	90	85	78	90	88	76	62	86	76
Февраль	151	84	81	85	89	85	77	85	87	76	68	85	84
Март	151	67	72	64	82	52	70	65	82	48	61	58	77
Ноябрь	151	81	85	78	95	66	85	70	97	66	73	67	92
Декабрь	151	89	88	80	91	84	89	77	89	78	66	73	84
<b>Средняя</b>	<b>Σ 755</b>	<b>81</b>	<b>81</b>	<b>80</b>	<b>89</b>	<b>74</b>	<b>80</b>	<b>77</b>	<b>89</b>	<b>69</b>	<b>66</b>	<b>74</b>	<b>83</b>

На основе результатов испытаний можно сделать следующие выводы:

– в большинстве случаев, как по области, так и по пункту, метод «Комплекс» имеет меньшую ошибку и более высокую оправдываемость, чем метод «Регион», при этом большую ошибку и меньшую оправдываемость, чем «РЭП», однако разница во втором сравнении существенно меньше, чем в первом;

– ошибка методов «Комплекс», «Регион» и «РЭП» в среднем не превышает предельно допустимых значений;

– методы «Комплекс» и «Регион» недостаточно успешно прогнозируют температуру в условиях инверсионного распределения температуры с высотой.

На основании вышеизложенного секция Технического совета Гидрометцентра ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 20.02.2019 г. постановила:

1. Внедрить с 1 марта 2019 года метод «Автоматизированная технология расчета прогноза температуры воздуха на базе комплексирования выходной продукции различных мо-

делей (COMPLEX)» (автор – М.Я. Здерева, СибНИГМИ) в качестве вспомогательного расчетного метода в холодный период.

2. Исключить с 1 марта 2019 года из Плана применения методов гидрометеорологических прогнозов на оперативно-прогностической сети ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» метод «Автоматизированная технологии расчета прогноза температуры воздуха (WSIBMZ)» (автор – М.Я. Здерева, СибНИГМИ) в связи с низкой оправдываемостью и внедрением более успешной автоматизированной технологии «Комплекс» с заблаговременностью 24–72 ч.

3. Провести сравнительный анализ оправдываемости прогнозов температуры на 4–5 сутки метода «Регион» и «РЭП» в холодный период.

### Список литературы

1. Здерева М.Я., Токарев В.М., Виноградова М.В. Автоматизированный прогноз температуры воздуха с обучением по методу группового учета аргументов // Труды СибНИГМИ. – 2011. – Вып. 106. – С. 143–151.

2. Здерева М.Я., Аникина Н.В., Виноградова М.В. Результаты испытания метода и технологии расчета комплексного прогноза температуры воздуха, осадков и индекса пожароопасности по административным районам Алтайского края, Томской, Кемеровской областей и Ханты-Мансийского автономного округа // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. – 2012. – Информационный сборник № 39 – С.101–109.

3. Здерева М.Я., Хлучина Н.А. Изменение качества модельных прогнозов температуры воздуха после применения алгоритмов интерпретации на примере выходных данных мезомодели COSMO для территории Западной Сибири в летнем периоде // Тезисы докладов Международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, Казань, 2–4 октября 2012 г. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012. – С. 44–45.

4. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. – М.: Радио и связь, 1987. – 120 с.

5. РД 52.27.724-2009. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. – 50 с.