

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЕРАТИВНЫХ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДА И ТЕХНОЛОГИИ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ГОЛОЛЕДА

М.Я. Здерева¹, Н.А. Хлучина¹, Л.П. Воробьева^{1,4}, Г.А. Шепоренко²,
Е.А. Адаренко³, М.В. Виноградова⁴

¹ФГБУ «Сибирский региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт», Новосибирск

²ФГБУ «Уральское УГМС», Екатеринбург

³ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», Омск

⁴ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», Новосибирск

Представлены результаты оперативных испытаний разработанной в СибНИГМИ технологии краткосрочного прогноза гололеда. Расчеты производились ежедневно в холодном периоде по кластерам радиусом 200 км по предварительно построенным бинарным деревьям на базе модельной прогностической продукции COSMO-Ru13 с шагом 13,2 км и GFS(NCEP) с шагом 0,5°. Оценки прогнозов в сравнении с оперативными синоптическими представлены за два холодных периода – 2020–2021 и 2021–2022 гг.

Ключевые слова: матрица сопряженности, оценки успешности прогнозов, результаты испытания метода прогноза гололеда.

RESULTS OF OPERATIONAL TESTING OF THE METHOD AND TECHNOLOGY FOR SHORT-TERM GLAZE FORECAST

M.Ya. Zdereva¹, N.A. Khluchina¹, L.P. Vorobieva^{1,4}, G.A. Sheporenko²,
E.A. Adarenko³, M.V. Vinogradova⁴

¹Siberian Regional Research Hydrometeorological Institute, Novosibirsk

²Ural Administration for Hydrometeorology
and Environmental Monitoring, Ekaterinburg

³Ob-Irtysh Administration for Hydrometeorology
and Environmental Monitoring, Omsk

⁴West-Siberian Administration for Hydrometeorology
and Environmental Monitoring, Novosibirsk

The results of operational tests of the short-term glaze forecasting technology developed at Siberian Regional Research Hydrometeorological Institute are presented. Calculations were made daily in the cold period for clusters with a radius

of 200 km using pre-built binary trees based on prognostic products of the COSMO-Ru13 model with a step of 13.2 km and of the GFS(NCEP) model with a step of 0.5 degrees. Forecast estimates are presented for two cold periods – 2020–2021 and 2021–2022 and compared with operational synoptic data.

Key words: contingency matrix, estimates of the skill of forecasts, results of testing the method of glaze forecasting.

Разработанный на базе интерпретации продукции гидродинамических моделей с использованием алгоритмов построения бинарных логических деревьев метод прогноза гололеда [1], встроенный в технологическую линию расчетов краткосрочных прогнозов по территории Урало-Сибирского региона [2], был передан на оперативные независимые испытания в прогностические подразделения Уральского, Обь-Иртышского и Западно-Сибирского УГМС. Производственные испытания проводились в периоды февраль–апрель, октябрь–декабрь 2020 г., январь–апрель, октябрь–декабрь 2021 г., январь–март 2022 г. Оценка прогнозов производилась согласно методическим указаниям «Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиофизических прогнозов» [3] и «Наставлению по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения» [4]. При анализе результатов будем использовать матрицу сопряженности (табл. 1) и следующие обозначения показателей успешности прогнозов, связанных с ней:

pr1 – предупрежденность явления, %	$pr1 = k_{11}/k_{01} \cdot 100$
pr2 – предупрежденность случаев без явлений, %	$pr2 = k_{22}/k_{02} \cdot 100$
vr1 – оправдываемость явления, %	$vr1 = k_{11}/k_{10} \cdot 100$
vr2 – оправдываемость отсутствия явления, %	$vr2 = k_{22}/k_{20} \cdot 100$
TSS – критерий Пирси–Обухова, %	$TSS = k_{11}/k_{01} - k_{12}/k_{02}$
LT – ложные тревоги, %	$LT = k_{12}/k_{10} \cdot 100$
PCr – пропуск цели, %	$PCr = k_{21}/k_{01} \cdot 100$

Таблица 1

Таблица сопряженности прогноз – факт

Прогноз	Факт		Всего
	да	нет	
Да	k11	k12	k10
Нет	k21	k22	k20
Всего	k01	k02	k00

1. Результаты оперативных испытаний прогнозов гололеда по территории ФГБУ «Уральское УГМС»

Автоматизированные прогнозы составлялись ежедневно по территории Свердловской, Челябинской, Курганской областей и Пермского края по секторам радиусом около 200 км. В каждом регионе выделено по 6 кластеров, за исключением Курганской области, где выделено 3 кластера.

В технологии предусмотрен автоматизированный расчет оценки успешности прогнозов гололеда. Для автоматизированной оценки по секторам использовались фактические данные наблюдений в радиусе 200 км относительно центральных станций.

Методические прогнозы по административным областям и по пунктам (Екатеринбург, Челябинск, Курган, Пермь) сравнивались с синоптическими прогнозами до двух суток. При анализе результатов по областям за фактический случай с наличием явления принималась ситуация, когда по сводкам КН-01 либо по коду WAREP для опасных явлений был отмечен гололед хотя бы на одной метеостанции в течение рассматриваемых полусуток. Аналогично интерпретировался автоматизированный прогноз, изначально детализирующий продукцию по станциям.

Средняя оправдываемость прогнозов гололеда по областям Урала, согласно [4], показала сопоставимость качества методических и синоптических прогнозов: наиболее высокие оценки по территории Курганской области и ниже по Пермскому краю (табл. 2). Орографически обусловленная более высокая частота случаев гололеда в Пермском крае усложняет анализ условий для образования явления. Число дней в году с гололедом в Пермском крае 40–71, на территории Курганской области почти в два раза ниже – 24–36, в Свердловской, Челябинской областях – 29–40 [5].

Для редких явлений, к каким относится гололед, общая оправдываемость не является показательной оценкой, поэтому приведем успешность прогнозов обоих классов («да»/«нет») по матрице сопряженности (табл. 3, 4).

Таблица 2

Средняя оправдываемость прогнозов гололеда на первые сутки автоматизированного метода и оперативного синоптического. Февраль 2020 – март 2022 г. Уральское УГМС

Прогноз	Свердловская область		Курганская область		Челябинская область		Пермский край	
	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день
Метод	85	89	93	92	90	88	84	84
Оперативный	87	86	94	93	91	89	82	79

Таблица 3

**Оценки методического прогноза гололеда на первые сутки
по областям Уральского УГМС за период испытания**

Регион	Заблаго- времен- ность	Матрица сопряженности				Оценки, %				TSS	LT	PCr
		k ₁₁	k ₁₂	k ₂₁	k ₂₂	pr1	pr2	vr1	vr2			
Свердловская область	Ночь	64	233	11	130	85	36	22	92	0,21	78	15
	День	75	173	16	174	82	50	30	92	0,32	70	18
Курганская область	Ночь	15	95	11	317	58	77	14	97	0,35	86	42
	День	11	121	5	299	69	71	8	98	0,40	92	31
Челябинская область	Ночь	19	158	3	258	86	62	11	99	0,48	89	14
	День	20	211	0	207	100	50	9	100	0,50	91	0
Пермский край	Ночь	79	239	11	104	88	30	25	90	0,18	75	12
	День	87	223	10	110	90	33	28	92	0,23	72	10
Уральское УГМС	Ночь	177	725	36	809	83	53	20	96	0,36	80	17
	День	193	728	31	790	86	52	21	96	0,38	79	14

Отметим, что корректное сравнение результатов по этим таблицам невозможно ввиду разного подхода к учету территории: оперативные прогнозы составляются по административным областям, автоматизированные – по кластерам с радиусом 200 км.

Предупрежденность наличия гололеда у методических прогнозов выше 80 % на всей территории, кроме Курганской области, где она снижается до 70–60 %. Оправдываемость прогнозов «да» низкая, на территории

Таблица 4

**Оценки оперативного прогноза гололеда на первые сутки
по территориям Уральского УГМС за период испытания**

Регион	Заблаго- времен- ность	Матрица сопряженности				Оценки, %				TSS	LT	PCr
		k ₁₁	k ₁₂	k ₂₁	k ₂₂	pr1	pr2	vr1	vr2			
Свердловская область	Ночь	28	47	46	308	39	87	37	87	0,26	63	61
	День	13	25	52	326	26	93	34	86	0,19	66	74
Курганская область	Ночь	7	28	18	376	28	94	20	95	0,22	80	72
	День	7	27	22	373	24	93	20	94	0,17	80	76
Челябинская область	Ночь	17	67	22	323	43	83	20	94	0,26	80	57
	День	18	63	28	320	39	83	22	92	0,22	78	61
Пермский край	Ночь	72	53	72	232	50	82	58	76	0,32	42	50
	День	70	50	84	225	45	82	58	73	0,27	42	55
Уральское УГМС	Ночь	124	195	158	1239	44	86	39	89	0,30	61	56
	День	108	165	186	1244	37	88	40	87	0,25	60	63

Курганской и Челябинской областей процент «ложных тревог» доходит до 90 %. По критерию Пирси–Обухова самые неудачные прогнозы по Пермскому краю, самые успешные – по Челябинской области.

Оперативные прогнозы также реже всего дают лишние явления на территории Пермского края (примерно 40 %), при этом на остальной части их число возрастает до 80 %. В отличие от методических прогнозов предупредительность явления оперативными прогнозами имеет низкий уровень – 24–50 %.

Из-за малого числа фактических случаев с гололедом корректные выводы по анализу прогнозов по отдельным пунктам территории невозможны. Лишь в Перми в сумме было 24 случая гололеда, на остальных – всего 2–4. Тем не менее во всех указанных пунктах метод, основанный на решениях по кластерам радиусом 200 км, предупредил большее число случаев гололеда (табл. 5). Средняя предупредительность гололеда по четырем пунктам у методического прогноза – 70 %, у синоптического прогноза – 38 %.

Таблица 5

Предупредительность наличия гололеда по пунктам за период испытания (первые сутки)

Показатель	Екатеринбург		Курган		Челябинск		Пермь		Среднее	
	метод	опер	метод	опер	метод	опер	метод	опер	метод	опер
k11	1	0	2	1	1	0	20	12	24	13
k21	3	4	2	3	1	2	4	12	10	21
pr1	25	0	50	25	50	0	83	50	70	38

Таблица 6

Оценки успешности методического прогноза гололеда по областям Уральского УГМС за период испытания на все сроки заблаговременности

Регион	Заблаговременность, ч	Матрица сопряженности				Оценки, %				TSS	LT	PCr
		k ₁₁	k ₁₂	k ₂₁	k ₂₂	pr1	pr2	vr1	vr2			
Челябинская область	0+18	19	158	3	258	86	62	11	99	0,48	89	14
	0+30	20	211	0	207	100	50	9	100	0,50	91	0
	0+42	13	77	1	106	93	58	14	99	0,51	86	7
	0+54	13	91	0	93	100	50	10	100	0,50	90	0
	0+66	11	43	3	140	78	76	20	98	0,54	80	22
Пермский край	0+18	79	239	11	104	88	30	25	90	0,18	75	12
	0+30	87	223	10	110	90	33	28	92	0,23	72	10
	0+42	27	87	10	70	73	44	24	88	0,17	76	27
	0+54	34	96	5	57	87	37	26	92	0,24	74	13
	0+66	33	119	5	37	86	24	22	88	0,10	78	14

В табл. 6 представлены оценки автоматизированного прогноза на все сроки заблаговременности для Челябинской области с наиболее высокими показателями критерия Пирси–Обухова и для Пермского края – с наиболее низкими. Видно, что оценки слабо меняются по времени: в Челябинской области лишь на последнем сроке примерно на 20 % снизилась предупреденность, при этом на 10 % увеличилась оправдываемость vt_1 ; в Пермском крае с наиболее низкой предупреденностью выделился один ночной срок – 0 + 42 ч.

2. Результаты оперативных испытаний прогнозов гололеда по территории Обь-Иртышского УГМС

Автоматизированные прогнозы составляются ежедневно по Омской, Тюменской областям и Ханты-Мансийскому АО.

Если методические прогнозы рассматривать аналогично оперативным прогнозам по территориям с использованием принятой терминологии «местами» или «на большей части», то можно сравнить их оправдываемость согласно «Наставлению...» [4]. Самые успешные прогнозы по обоим подходам для Тюменской области, у синоптиков они приближаются к 100 % независимо от месяца (табл. 7). Ниже 90 % оправдываемость у оперативных прогнозов была лишь в октябре 2021 г. в Ханты-Мансийском округе. По автоматизированному методу оценки менее устойчивы в суточном и годовом ходе, наиболее низкие – для дневных прогнозов в конце зимы – в марте каждого года. Средние оценки оправдываемости прогнозов по разработанному методу за весь период испытания выше 85 % для всех выделенных территорий, но при этом уступают оперативным прогнозам на 10–13 %.

Репрезентативное сравнение показателей успешности прогнозов по матрице сопряженности невозможно по той же причине, что и на территории Уральского УГМС. Однако ориентировочно можно взвесить соотношение вероятности и предупреденности явления по автоматизированному и синоптическому методам (табл. 8, 9). Наиболее высокую предупреденность (до 90 %) показали методические прогнозы для Омской области, при этом процент «ложных тревог» несущественно отличается от прогнозов по Тюменской области, но на 10–15 % выше, чем по территории Ханты-Мансийского округа. У синоптических прогнозов для Омской области наихудшее соотношение предупреденности и вероятности явления. Самые успешные оперативные прогнозы в испытываемом периоде были по территории Тюменской области: оправдываемость наличия явления 53–60 % и предупреденность около 70 %.

В табл. 10 приведены случаи предупреденности явления в синоптических и оперативных прогнозах гололеда на первые сутки по админи-

Таблица 7

**Средняя оправдываемость прогнозов гололеда на первые сутки
по автоматизированному методу и по оперативному.
Февраль 2020 – март 2022 г.**

		Методический прогноз					
Месяц		Омская область		Тюменская область		ХМАО	
		ночь	день	ночь	день	ночь	день
Февраль	2020	84	81	83	81	87	84
Март	2020	81	82	82	81	83	80
Октябрь	2020	89	85	95	86	89	85
Ноябрь	2020	84	83	88	86	88	87
Декабрь	2020	92	90	90	94	92	93
Январь	2021	95	94	94	98	95	92
Февраль	2021	95	90	89	90	93	97
Март	2021	86	83	92	82	86	83
Октябрь	2021	86	86	90	86	88	85
Ноябрь	2021	84	85	88	83	89	87
Декабрь	2021	84	86	90	90	94	92
Январь	2022	94	90	92	94	90	92
Февраль	2022	88	88	92	92	85	81
Март	2022	90	85	88	82	89	84
ИТОГ		88	86	90	88	89	87

Оперативный прогноз

		Омская область		Тюменская область		ХМАО	
Месяц		ночь	день	ночь	день	ночь	день
		ночь	день	ночь	день	ночь	день
Февраль	2020	97	98	98	98	96	96
Март	2020	92	93	97	98	95	94
Октябрь	2020	99	98	100	100	94	93
Ноябрь	2020	95	97	99	100	94	94
Декабрь	2020	100	100	100	100	100	100
Январь	2021	98	98	99	100	100	100
Февраль	2021	100	98	99	100	97	98
Март	2021	97	95	100	100	98	98
Апрель	2021	98	98	99	100	93	93
Октябрь	2021	96	96	99	100	89	86
Ноябрь	2021	92	92	99	98	98	100
Декабрь	2021	98	99	99	100	100	100
Январь	2022	98	99	100	100	100	100
Февраль	2022	100	100	100	100	100	100
Март	2022	97	94	99	100	100	100
ИТОГ		97	97	99	99	97	97

Таблица 8

**Оценки методического прогноза гололеда на первые сутки
по территории Обь-Иртышского УГМС за период испытания**

Регион	Заблаго- времен- ность	Матрица сопряженности				Оценки, %				TSS	LT	PCr
		k ₁₁	k ₁₂	k ₂₁	k ₂₂	pr1	pr2	vr1	vr2			
Омская область	Ночь	28	207	5	204	85	50	12	98	0,35	88	15
	День	26	233	2	183	93	44	10	99	0,37	90	7
Тюменская область	Ночь	31	150	20	243	61	62	17	92	0,23	83	39
	День	33	183	18	210	65	53	15	92	0,18	85	35
ХМАО	Ночь	54	177	35	178	61	50	23	84	0,11	77	39
	День	73	217	25	129	75	37	25	84	0,12	75	25

Таблица 9

**Оценки оперативного прогноза на первые сутки
по территории Обь-Иртышского УГМС за период испытания**

Регион	Заблаго- времен- ность	Матрица сопряженности				Оценки, %				TSS	LT	PCr
		k ₁₁	k ₁₂	k ₂₁	k ₂₂	pr1	pr2	vr1	vr2			
Омская область	Ночь	14	48	25	398	36	89	23	94	0,25	77	64
	День	13	52	20	400	39	89	20	95	0,28	80	61
Тюменская область	Ночь	16	14	8	446	67	97	53	98	0,64	47	33
	День	12	8	5	459	71	98	60	99	0,69	40	29
ХМАО	Ночь	25	49	8	402	76	89	34	98	0,65	66	24
	День	23	48	15	398	61	89	32	96	0,50	68	39

Таблица 10

**Предупрежденность наличия гололеда по пунктам за период испытания
(первые сутки)**

Факт гололеда	Омск		Тюмень		Ханты-Мансийск		Среднее	
	метод	опер	метод	опер	метод	опер	метод	опер
k11	6	3	9	4	5	0	20	7
k21	1	4	0	5	1	6	2	15
pr1	86	43	100	44	83	0	91	32

стративным центрам. Несмотря на малое число случаев, можно увидеть, что в целом по автоматизированному методу предсказано 90 %, что в три раза больше, чем оперативными прогнозами.

3. Результаты оперативных испытаний прогнозов гололеда по территории Западно-Сибирского УГМС

Автоматизированные прогнозы составляются ежедневно по Новосибирской, Томской, Кемеровской областям, Алтайскому краю, Республике Алтай. Для оценки привлекались данные фактических наблюдений явления не только из телеграмм кода КН-01, но и из штормовых сообщений в коде WAREP.

В ходе испытаний проанализировано 4180 случаев (по 836 случаев расчетов прогнозов гололеда для каждой области (края) отдельно). За период испытания было отмечено 489 случаев гололеда по территории ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»: в Новосибирской области – 99, Томской – 130, Кемеровской – 88, Алтайском крае – 109 и Республике Алтай – 63 случая.

Для сравнения качества оперативных и методических прогнозов гололеда последние рассматривались с использованием принятой терминологии в синоптических прогнозах по областям (краю) на подведомственной территории.

Наиболее успешны прогнозы по Томской области: автоматизированный метод и синоптики предупредили примерно 77–78 % всех случаев (табл. 11). Однако автоматизированный метод давал наличие явления поч-

Таблица 11

Оценки методического и оперативного прогноза гололеда на первые сутки по территории Западно-Сибирского УГМС за период испытания

Регион	Прог- ноз	Матрица сопряженности				Оценки, %				TSS	LT	PCr
		k ₁₁	k ₁₂	k ₂₁	k ₂₂	pr1	pr2	vr1	vr2			
Новосибирская область	Метод	73	409	26	328	74	44	15	93	0,18	85	26
	Опер	50	57	49	680	50	92	47	93	0,42	53	50
Томская область	Метод	100	281	30	425	77	60	26	93	0,37	74	23
	Опер	101	280	29	426	78	60	27	94	0,38	73	22
Кемеровская область	Метод	51	228	37	520	58	70	18	93	0,28	82	42
	Опер	47	66	41	682	53	91	42	94	0,44	58	47
Республика Алтай	Метод	83	349	26	378	76	52	19	94	0,28	81	24
	Опер	67	64	42	663	61	91	51	94	0,52	49	39
Горный Алтай	Метод	15	103	48	670	24	87	13	93	0,11	87	76
	Опер	22	118	41	655	35	85	16	94	0,20	84	65

ти в два раза чаще, чем оно наблюдалось, как результат – понижена оценка предупрежденности класса прогнозов с отсутствием явления, как следствие – критерий Пирси–Обухова почти в два раза ниже. Ниже на 20 %, но примерно одинаковая в сравниваемых подходах предупрежденность гололеда в Кемеровской области, но и здесь метод уступает в общей картине успешности из-за большего числа «ложных тревог». В Новосибирской области и на территории Алтайского края автоматизированный метод на 24 и 15 % реже пропускает наблюдавшееся явление, но в целом опять же теряет преимущество, прогнозируя явление чаще. В горной части Республики Алтай оба метода (автоматизированный и синоптический) имеют сравнимые, но очень низкие оценки. В сложных орографически неоднородных условиях не только качество базовых модельных данных существенно ниже, но и использовать для решений данные по кластерам с большим радиусом нельзя (авторы сделают поправку при усовершенствовании метода).

Для административных центров (Новосибирск, Томск, Кемерово, Барнаул) было произведено сравнение прогнозов по испытываемому методу с прогнозами по внедренному расчетному методу (автор Р.А. Ягудин) [6, 7] и с оперативными прогнозами синоптиков Гидрометцентра и ЦГМС ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». Оперативные прогнозы показали разброс успешности для разных пунктов: от самых высоких результатов для Барнаула (и предупрежденность, и вероятность явления в районе 80 % и

Таблица 12

Оценки прогноза гололеда по вновь разработанному и по действующему методам в сравнении с качеством оперативных прогнозов на первые сутки по пунктам за период испытания

Регион	Прогноз	Матрица сопряженности				Оценки, %				TSS	LT	PCr
		k ₁₁	k ₁₂	k ₂₁	k ₂₂	pr1	pr2	vr1	vr2			
Новосибирск	Метод	15	182	21	618	42	77	8	97	0,19	92	58
	Опер	3	8	33	792	8	99	25	96	0,07	75	92
	Ягудин	15	49	21	751	42	94	8	97	0,36	92	58
Томск	Метод	17	147	18	654	49	82	10	97	0,31	90	51
	Опер	10	44	25	757	29	95	19	97	0,24	81	71
	Ягудин	11	118	24	683	31	85	9	97	0,16	91	69
Кемерово	Метод	6	148	12	670	33	82	4	98	0,15	96	67
	Опер	0	0	18	818	0	100	0	98	0	100	100
	Ягудин	2	90	16	728	11	89	2	98	0	98	89
Барнаул	Метод	7	120	14	695	33	85	6	98	0,18	94	67
	Опер	16	3	5	812	76	100	84	99	0,76	16	24
	Ягудин	3	27	18	788	14	97	10	98	0,11	90	86

выше с критерием Пирси–Обухова 0,76) до непредусмотренности ни одного из 18 случаев с гололедом для Кемерова (табл. 12). Автоматизированные методические прогнозы более стабильны по качеству.

Заключение

Полностью автоматизированный метод прогноза гололеда, основанный на построении решений по алгоритму распознавания образов на базе выходной продукции современных моделей атмосферы COSMO и GFS (NCEP), разработан впервые. Выражаем благодарность всем, кто испытывал полученные решения для территории Урало-Сибирского региона. Было непросто рассчитывать показатели успешности метода из-за вывода результатов по достаточно большим кластерам, выходящим за рамки административных делений. Не во всех подразделениях удалось провести корректное сравнение с оперативными прогнозами. Тем не менее общая картина по качеству автоматизированных прогнозов получена.

Основной вывод – разработанный автоматизированный метод позволяет составлять детализированный прогноз гололеда по территории Урало-Сибирского региона. В большинстве подразделений прогноз гололедных явлений строится на анализе синоптических условий их образования, и развитие помогающих инструментов очень важно. По решениям техсоветов соответствующих УГМС, подтвержденным Центральной методической комиссией (от 23.12.2022 г., от 29.05.2023 г.), он принят в работу как вспомогательный.

Практически на всей территории отмечен достаточно высокий уровень предупрежденности образования гололеда. Однако работать есть над чем – необходимо оптимизировать решения в целях сокращения числа «лишних» прогнозов с явлением. Один из вариантов улучшения качества метода – это дальнейшее накопление архивного материала и построение новых решений с использованием модельных выходных данных после 2019 г. Такой шаг одновременно учитывает и возможные модификации в физических блоках базовых моделей, и динамику признаков, взятых для построения их связи с природным явлением. Параллельно можно продолжать работу по исследованию применения других подходов к формированию входных выборок предикторов и предиктанта, по поиску наиболее репрезентативных критериев на разных этапах отбора решений.

Литература

1. Токарев В.М. Анализ методических и алгоритмических вопросов исследования и прогноза переходов температуры через ноль и связанных с ними гололедных явлений // Труды СибНИГМИ. 2023. Вып. 108. С. 71–87.

2. *Здерева М.Я., Токарев В.М., Хлучина Н.А., Воробьева Л.П.* Оперативная технология краткосрочных прогнозов гололеда на территории Урало-Сибирского региона // Труды СибНИГМИ. 2023. Вып. 108. С. 112–121.
3. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиофизических прогнозов. М.: Госкомгидромет, 1991.
4. РД 52.27.724-2019. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. М.: ФГБУ «Гидрометцентр России», 2019. 66 с.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 9. СПб.: Гидрометеоздат, 1990. 557 с.
6. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. II. Вып. 2. Урал и Сибирь / Под ред. В.М. Ярковой, И.П. Фадеевой. Л.: Гидрометеоздат, 1988. С. 181–185.
7. *Ягудин Р.А.* Рекомендации к прогнозу гололеда на юго-востоке Западной Сибири // Труды ЗСРНИГМИ. 1977. Вып. 30. С. 68–69.