

*С.С. Баранова¹, Г.А. Шепоренко¹, Д.И. Абзалилова²,
Л.В. Веприкова², И.А. Козлова³, Н.В. Ячменева³*

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДА ПРОГНОЗА
АНОМАЛЬНО ХОЛОДНОЙ ПОГОДЫ НА 48–144 ЧАСА
ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ СВЕРДЛОВСКОЙ, ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ
И ПЕРМСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗА РЭП
И КАРТ АНОМАЛИИ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
НА 1–5 СУТОК В СРАВНЕНИИ С СИНОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

*¹ Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды, г. Екатеринбург;*

² Пермский ЦГМС – филиал ФГБУ «Уральское УГМС», г. Пермь;

³ Челябинский ЦГМС – филиал ФГБУ «Уральское УГМС», г. Челябинск

19

Согласно Плану испытания новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических прогнозов Росгидромета, в течение двух холодных периодов 2017–2018 гг. в ФГБУ «Уральское УГМС» и двух его филиалах – Пермском ЦГМС и Челябинском ЦГМС проходил испытание метод прогноза аномально холодной погоды на 48–144 ч, разработанный в ФГБУ «Гидрометцентр России» на основе прогноза РЭП и карт аномалии среднесуточной температуры воздуха на 1–5 суток (сайт ФГБУ «Гидрометцентр России», <https://meteoinfo.ru/>). Исходная прогностическая информация представлена на рис. 1, 2.

Согласно Положению [4], под аномально-холодной погодой (АХП) понимается холодный период в октябре – марте продолжительностью 5 и более суток со среднесуточной температурой воздуха ниже климатической нормы на 7 °С и более. Явление было введено в перечень опасных природных явлений с 2009 года. Необходимость в дополнительном термине, характеризующем морозную погоду, обусловлена тем, что продолжительный мороз, хотя и не достигающий критерия опасного явления (ОЯ) по температуре (-40 °С для территории Урала), может приводить к серьезным проблемам в работе систем жизнеобеспечения, перерасходу энергоресурсов, к возникновению ЧС.

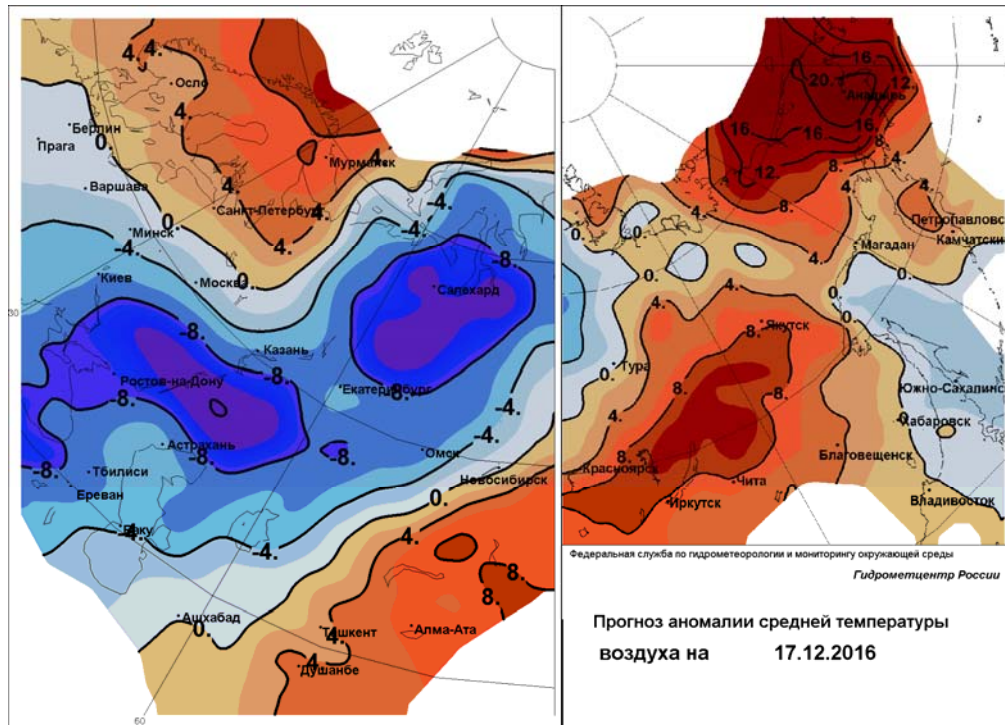


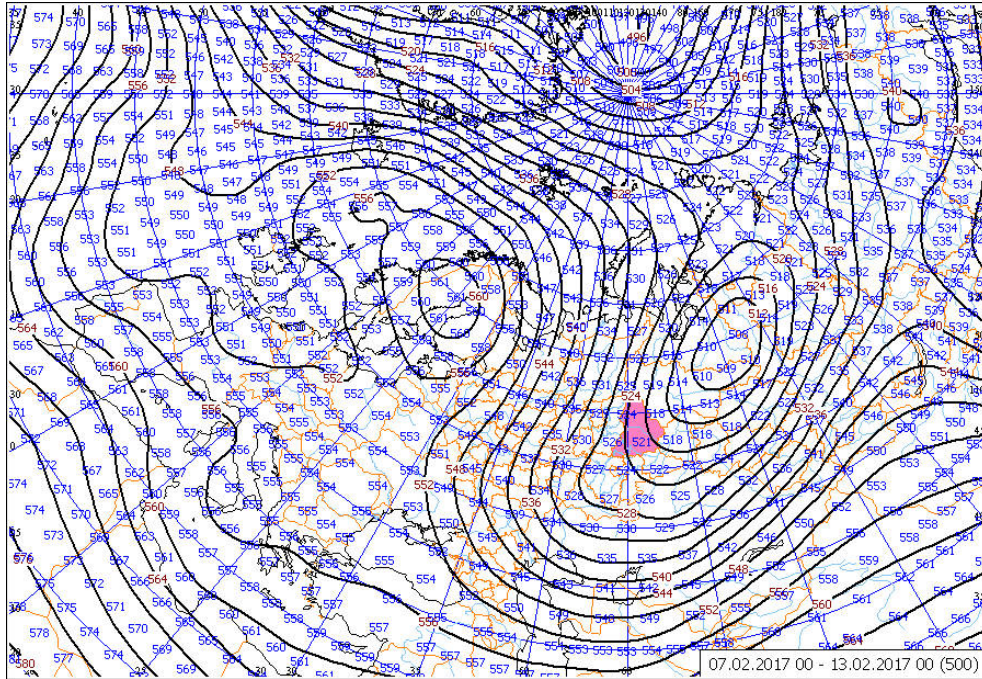
Рис. 1. Карта аномалии среднесуточной температуры воздуха на 1–5 суток (<https://meteoinfo.ru/>).

ЗЦЗЦ 035 210540/=H245
 ЭфЕЕ50 МСВЦ 270410
 ПРОГНОЗ МИНИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЗА НОЧЬ, ВЕРОЯТНОСТИ И КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ ЗА СУТКИ, МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЗА ДЕНЬ С 28.06.2018 ПО 02.07.2018 СОСТАВЛЕН 27.06.2018 В 04.10 УТЦ

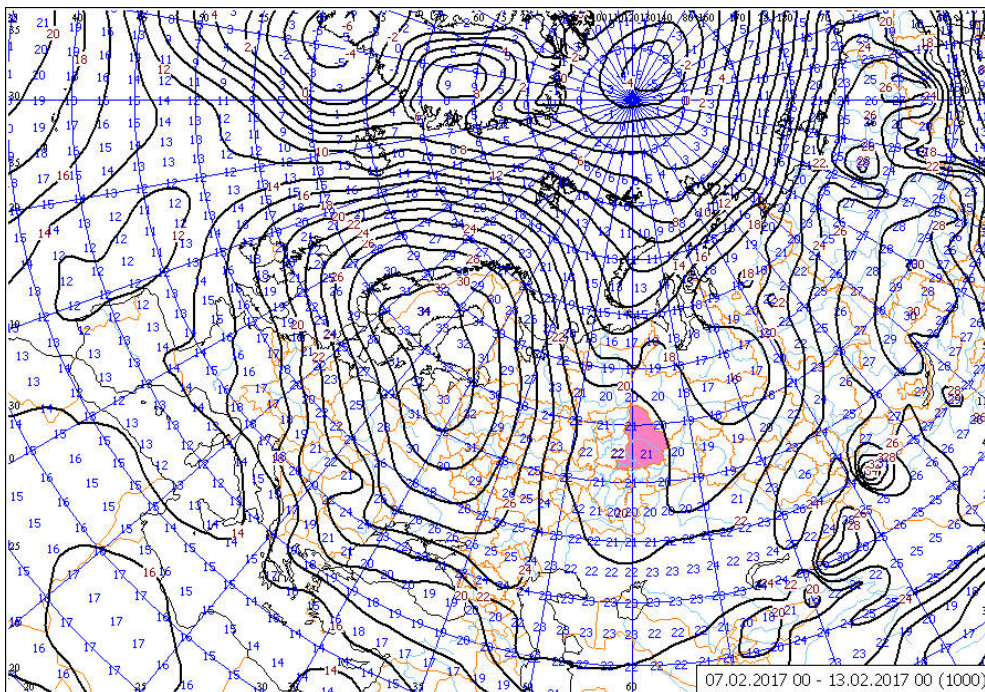
1.	17995	90	266;	14491	0	237;	12587	0	260;
	13783	0	283;	15579	0	289;			
2.	17295	28	285;	17291	23	227;	13787	0	249;
	13883	0	281;	15579	0	313;			
3.	15895	31	283;	17191	61	247;	14087	4	252;
	13583	0	269;	15079	0	303;			
4.	15495	60	264;	16591	42	244;	14287	9	227;
	12783	0	252;	13679	0	282;			
5.	18295	8	283;	15491	0	260;	12787	0	275;
	15283	0	297;	19066	6	307;			
6.	15895	99	264;	17291	67	231;	13887	12	225;
	12183	0	251;	13679	0	284;			
7.	18795	157	258;	13091	0	219;	11787	0	255;
	13583	0	278;	15156	23	256;			
8.	17795	116	258;	13789	1	221;	12087	0	255;
	13183	0	273;	15768	8	279;			
9.	16295	96	254;	13891	11	218;	10987	0	233;
	10883	0	261;	14155	36	284;			
10.	16795	38	272;	12591	0	239;	10487	0	260;
	13383	0	284;	16179	0	299;			
11.	16695	70	271;	13891	0	245;	11487	0	265;
	13783	0	285;	15971	4	298;			
12.	17595	38	277;	14291	0	248;	11487	0	265;
	14283	0	285;	16455	5	300;			
13.	16895	65	253;	13591	4	215;	9587	0	244;
	10483	0	284;	14155	2	216;			
14.	17595	86	269;	15891	23	221;	11287	0	236;
	11383	0	273;	15559	18	268;			
15.	17695	91	264;	15391	19	217;	11987	0	230;

Рис. 2. Прогнозы РЭП по экстремальной температуре, детализированные по дням пентады.

Как правило, anomalно-холодные периоды вызывались арктическими вторжениями с последующим стационарированием холодного ядра (рис. 3), усилением Сибирского (рис. 4) или Северо-Казахстанского антициклона (рис. 5).

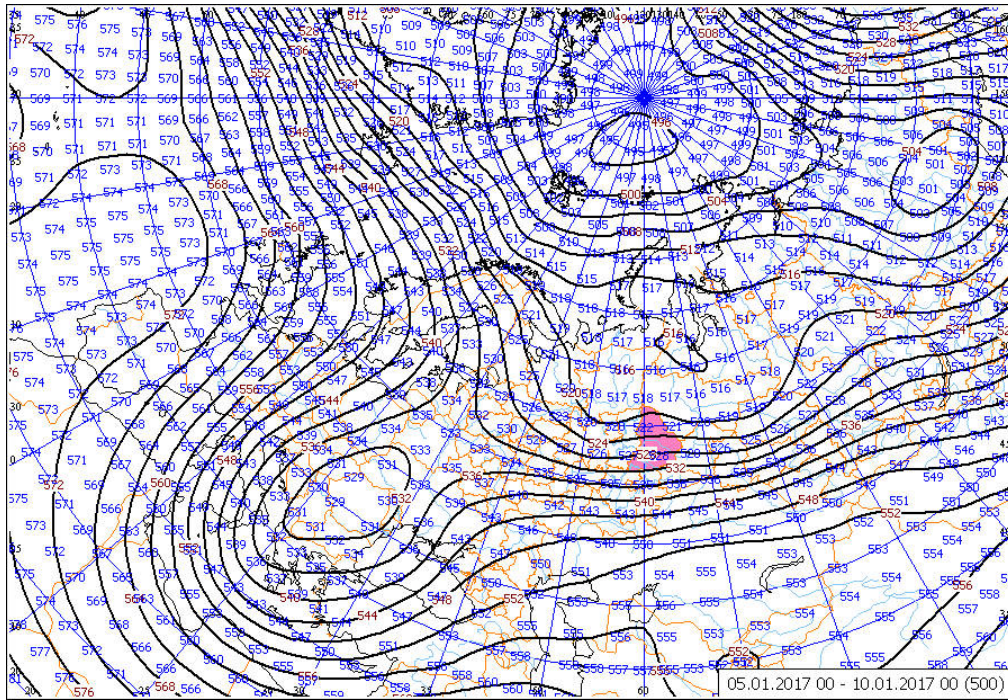


AT-500 гПа

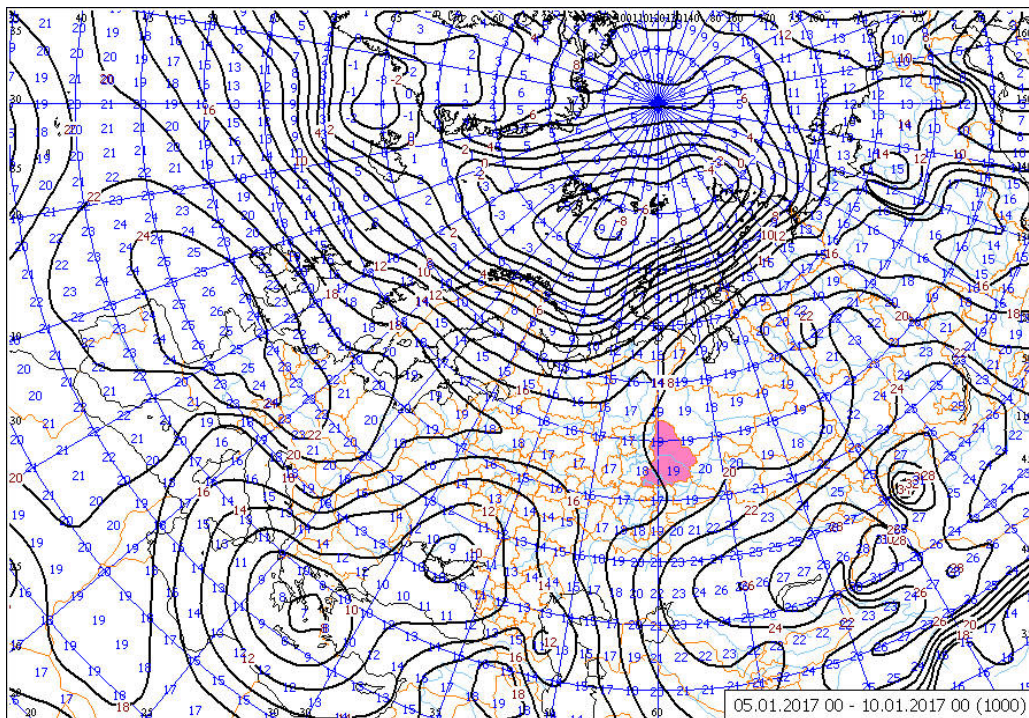


AT-1000 гПа

Рис. 3. Средние карты anomalно-холодной погоды при ультраполярном вторжении.

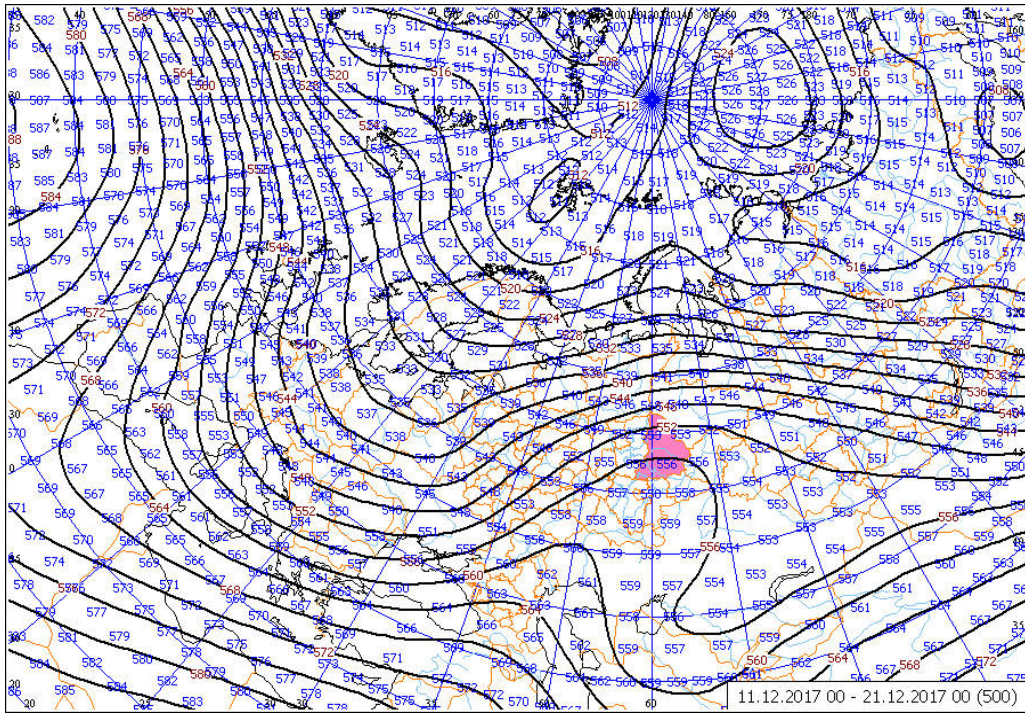


AT-500 гПа

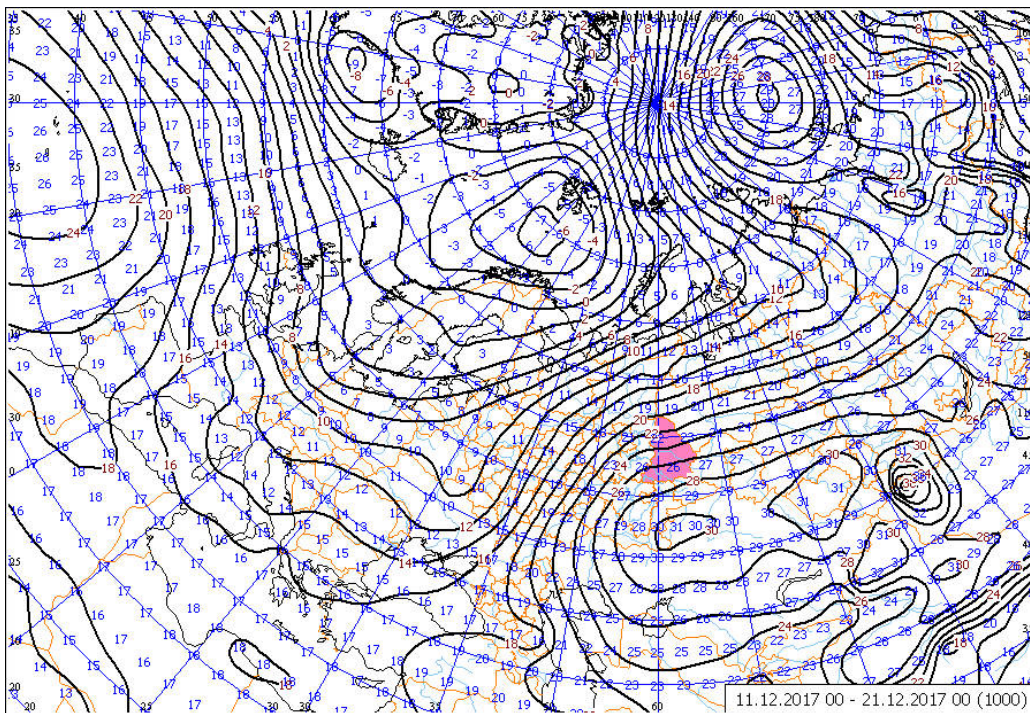


AT-1000 гПа

**Рис. 4. Средние карты аномально-холодной погоды
адвективно-радиационного характера.**



AT-500 гПа



AT-1000 гПа

Рис. 5. Средние карты аномально-холодной погоды при стационарировании Северо-Казахстанского антициклона

В ФГБУ «Гидрометцентр России» впервые был разработан метод и технология прогноза аномально-холодных периодов для территории России (авторы метода и технологии Р.М. Вильфанд, П.П. Васильев, В.И. Лукьянов, А.Д. Голубев, Е.Л. Васильева) [1]. Технология прогноза состоит из двух последовательных этапов: первый – численный расчет по оперативным метеорологическим данным статистической модели РЭП (расчет элементов погоды) – прогноз температуры воздуха по территории Российской Федерации, картографирование районов с прогнозом наличия в них ОЯ; второй – составление окончательных прогностических предупреждений об ОЯ – аномально-холодной погоде прогнози-стом-синоптиком. Метод был испытан для территории России, результаты одобрены Центральной методической комиссией по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета. С 2016 года метод применяется в прогностических подразделениях Росгидромета.

При испытании метода в подразделениях Уральского УГМС сопоставление проводилось с прогнозами синоптиков, в качестве исходных материалов использовались:

- прогнозы РЭП по экстремальной температуре, детализированные по дням пентады (см. рис. 2);

- карты аномалии температуры на 1–5 суток на сайте Гидрометцентра России (рис. 1, <https://meteoinfo.ru/>);

- прогнозы-предупреждения синоптиков;

- фактические данные о средней суточной температуре по пунктам наблюдения и об ее отклонении от климатической нормы (норма 1961–1990 гг. в суточном разрешении).

Проводилась оценка прогнозов на пять суток ежедневно согласно Наставлению [3], а также по факту наличия и отсутствия явления согласно Методическим указаниям [2].

Сбор материала происходил в период с ноября 2016 по март 2018 года. Число прогнозов каждого вида (РЭП, карт аномалий температуры, синоптических) составило в Уральском УГМС – 217, Челябинском ЦГМС – 241, Пермском ЦГМС – 275. Оценивались прогнозы по пунктам, входящим в блок прогнозов РЭП по Уральскому УГМС, поступающие по каналу АСПД в 04.10 ч ВСВ.

В течение рассматриваемого периода на территории Челябинской области наблюдались 3 случая АХП, в Пермском крае – 4, Свердловской области – 5 случаев, которые для оценки были разбиты на последовательные пятидневные периоды. Аномально-холодные периоды наблюдались 14–26 декабря 2016 г., 3–10 января 2017 г., 5–13 февраля 2017 г., 12–23 декабря 2017 г. и 22–27 января 2018 года.

Были составлены таблицы сопряженности (табл. 1), рассчитаны оправдываемость и предупрежденность прогнозов факта наличия, отсутствия anomalно холодной погоды в процентах по формулам (1) – (6) [2, 3]:

Таблица 1

Таблица сопряженности для прогноза anomalно холодной погоды

Прогноз	Наблюдалось		Сумма
	Явление	Без явления	
Явление	N_{11}	N_{12}	N_{10}
Без явления	N_{21}	N_{22}	N_{20}
Сумма	N_{01}	N_{02}	N_{00}

– общая оправдываемость прогноза ОЯ:

$$U = \frac{N_{11} + N_{22}}{N_{00}} \cdot 100; \quad (1)$$

– оправдываемость прогноза факта наличия ОЯ:

$$U_{\text{я}} = \frac{N_{11}}{N_{10}} \cdot 100; \quad (2)$$

– предупрежденность факта наличия ОЯ:

$$P_{\text{я}} = \frac{N_{11}}{N_{01}} \cdot 100; \quad (3)$$

– оправдываемость прогноза факта отсутствия явления:

$$U_{\text{б.я}} = \frac{N_{22}}{N_{20}} \cdot 100; \quad (4)$$

– предупрежденность факта отсутствия явления:

$$P_{\text{б.я}} = \frac{N_{22}}{N_{02}} \cdot 100; \quad (5)$$

– суммарный показатель $U + P$. (6)

Для оценки качества альтернативных прогнозов был рассчитан критерий качества Пирси – Обухова по формуле:

$$T = \frac{N_{11}}{N_{01}} - \frac{N_{12}}{N_{02}}. \quad (7)$$

Для оценки надежности альтернативных прогнозов был рассчитан критерий качества Н.А. Багрова по формуле:

$$H = \frac{U - U_0}{1 - U_0}. \quad (8)$$

В табл. 2–4 представлены характеристики успешности прогнозов аномально-холодных периодов по факту наличия и отсутствия данного явления по Челябинской и Свердловской областям и Пермскому краю.

Анализ характеристик успешности показывает, что прогнозы АХП имеют высокую общую оправдываемость. Прогнозы отсутствия явления по испытываемому методу оправдываются лучше, чем наличия явления. Низкая оправдываемость наличия явления 42–57 % наблюдалась в Челябинской области, включая синоптический метод, что может быть связано с малым количеством случаев АХП. Вследствие этого оказался низким и суммарный показатель оправдываемости – предупрежденности в Челябинской области. Невысока в целом предупрежденность факта явления – от 50 до 63 % (у синоптического метода 80–100 %).

Остальные показатели имеют высокую степень доверия к методу.

Таблица 2

**Результаты испытания метода прогноза аномально-холодной погоды
(по прогнозу аномалии среднесуточной температуры воздуха на 1–5 суток / прогнозу минимальной и максимальной температуры воздуха / синоптическому методу)
по Свердловской области**

Прогноз	Наблюдалось		Сумма	U, %	U + П, %
	Явление	без явления			
С явлением	5/6/10	1/1/0	6/7/10	83/86/100	133/146/200
Без явления	5/4/0	206/206/207	211/210/207	98/98/100	198/197/200
Сумма	10/10/10	207/209/207	217/217/217		
П, %	50/60/100	100/99/100			
Q = 1/1/1 T = 0,5/0,6/1,0 H = 0,9/0,9/0,9 U (%) = 95/95/97					

Таблица 3

**Результаты испытания метода прогноза аномально-холодной погоды
(по прогнозу аномалии среднесуточной температуры воздуха на 1–5 суток / прогнозу минимальной и максимальной температуры воздуха / синоптическому методу)
по Челябинской области**

Прогноз	Наблюдалось		Сумма	U, %	U + П, %
	Явление	без явления			
С явлением	5/5/8	7/6/6	12/11/14	42/45/57	92/95/137
Без явления	5/5/2	224/225/225	229/230/227	98/98/99	195/195/196
Сумма	10	231	241		
П, %	50/50/80	97/97/97			
Т = 0,5/0,5/0,8 Н = 0,4/0,4/0,7 U (%) = 95/95/97					

Таблица 4

**Результаты испытания метода прогноза аномально-холодной погоды
(по прогнозу аномалии среднесуточной температуры воздуха на 1–5 суток / прогнозу минимальной и максимальной температуры воздуха)
по Пермскому краю (без синоптического метода)**

Прогноз	Наблюдалось		Сумма	U, %	U + П, %
	Явление	без явления			
С явлением	5/4	0/0	4/5	100/100	163/150
Без явления	3/4	267/267	270/271	99/98	199/198
Сумма	8/8	267/267	275/275		
П, %	63/50	100/100			
Т = 0,6/0,6 Н = 0,6/0,5 U (%) = 99/98					

Выводы по итогам испытания

1. Всего за период испытаний на протяжении двух лет в Челябинской области отмечено 3, в Пермском крае – 4, в Свердловской области – 5 аномально-холодных периодов продолжительностью от 8 до 10 суток.

2. Показатели оправдываемости и успешности методических прогнозов ожидаемо уступают синоптическому методу (синоптик строит прогноз АХП как специалист, опираясь на знания в области общего анализа синоптического процесса, его региональных проявлений и на расчетные методы прогноза), но в целом по региону достаточно высокие, лишь в Челябинской области несколько ниже.

3. Метод прогноза аномально-холодной погоды заблаговременностью 24–144 часа имеет высокую общую оправдываемость, близкую к прогнозу синоптика, в среднем по региону 95–99 %.

4. При высокой предупреденности отсутствия явления (99 %), предупреденность факта его наличия невысока, в среднем 56 %, оправдываемость наличия АХП – 76 % (отсутствия – 98 %). Соответствующие показатели синоптического прогноза – 88–90 %.

5. Суммарный показатель оправдываемости – предупреденности в прогнозах по Свердловской области, Пермскому краю удовлетворяет критериям надежности, лишь в Челябинской области ниже 130 %. Критерии качества прогноза Пирси – Обухова и надежности Н.А. Багрова составляют во всех случаях и у всех методов 0,5 и выше, что говорит о надежности прогнозов.

Учитывая в целом хорошие показатели оправдываемости и успешности методических прогнозов (за исключением предупреденности по факту наличия АХП) и принимая во внимание, что данный метод является единственным объективным методом среднесрочного прогноза аномально-холодной погоды, Технический совет ФГБУ «Уральское УГМС» от 26.06.2018 г. рекомендовал внедрить метод в прогностическую работу подразделений ФГБУ «Уральское УГМС» в качестве основного метода. ЦМКП Росгидромета на заседании 26.09.2018 г. утвердила решение Технического совета.

Список литературы

1. Вильфанд Р.М., Васильев П.П., Лукьянов В.И., Голубев А.Д., Васильева Е.Л., Мищенко С.Л. Метод прогноза опасного природного явления – аномально холодной погоды на 48–144 часа для территории России и результаты его испытания. Информационный сборник

№ 43. Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. 2016. С. 80–93.

2. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и геофизических прогнозов.

3. РД 52.27.724-2009. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения.

4. РД 52.88.699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений.