

*Р.М. Вильфанд, П.П. Васильев, В.И. Лукьянов,
А.Д. Голубев, Е.Л. Васильева, С.Л. Мищенко*

МЕТОД ПРОГНОЗА ОПАСНОГО ПРИРОДНОГО ЯВЛЕНИЯ – АНОМАЛЬНО ХОЛОДНОЙ ПОГОДЫ НА 48–144 ЧАСА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ИСПЫТАНИЯ

В Руководящем документе Росгидромета [1] аномально холодная (аномально жаркая) погода отнесена к опасным природным явлениям (ОЯ) и определена как сохранение над данной территорией в течение пяти суток и более значений среднесуточной температуры воздуха ниже (выше) климатической нормы на 7 °С и более. Необходимо отметить, что впервые в прогностической практике гидрометобеспечения речь идет о такой большой заблаговременности прогноза ОЯ, как 48–144 часа.

В ФГБУ «Гидрометцентр России» разработана, реализована на комплексе ЭВМ и в последние годы используется в оперативной практике прогностическая технология расчета элементов погоды (РЭП) численной интерпретации гидродинамических моделей атмосферы (ГДМА) для среднесрочного прогноза экстремальной температуры воздуха у поверхности Земли с детализацией по дням [2]. В некоторый момент времени и в данной точке пространства значение температуры воздуха можно представить в виде суммы климатической нормы и ее аномалии. Исходя из многолетнего опыта обеспечения прогнозами температуры воздуха различных отраслей экономики, в том числе связанных с энергопотреблением, мы видим большую эффективность в использовании прогнозов аномалий температур воздуха наряду с использованием прогнозов абсолютных значений температуры воздуха.

Созданная в Гидрометцентре России и изложенная в данной статье технология составления предупреждения об ОЯ – аномально холодной погоде в холодные (отопительные) периоды реализуется следующим образом. В период с октября по апрель в Гидрометцентре России составляется прогноз аномалий средней суточной температуры воздуха и минимальной температуры воздуха ночью по субъектам Российской Федерации. При наличии в прогнозе аномалии средней суточной температуры (ниже минус 7 °С в течение пяти суток и более [1]) составляется предупреждение для Правительственной комиссии по обеспечению безопасности энергоснабжения [3]. Основой для данного прогноза ОЯ (как уже отмечалось выше) являются прогностические материалы, подготовленные по схеме РЭП [2].

Первый этап составления прогноза опасного природного явления для территории Российской Федерации, включая пересылку результатов прогнозисту (синоптику) для окончательной коррекции, полностью автоматизирован и осуществляется следующим образом. После расчета по прогностической технологии РЭП [2] прогноза температуры воздуха (по оперативным данным) осуществляется численная обработка прогностических метеорологических полей с целью ранжирования районов с сильными отрицательными аномалиями. Осуществляется автоматическое составление соответствующих текущих каталогов для систематизации полученных значений. Для удобства использования прогнозистами-синоптиками данные визуализируются в виде текстовых таблиц и карт изолиний. Эти материалы пересылаются на ПЭВМ в отдел краткосрочных прогнозов погоды ФГБУ «Гидрометцентр России» для дальнейшей коррекции.

Прогнозист анализирует синоптическую обстановку на территории тех субъектов России, которые по рассчитанным значениям аномалии температуры воздуха входят в критерии потенциально опасных для обеспечения безопасности энергоснабжения. При этом анализируется весь комплекс аэросиноптических материалов, доступных на данный момент времени и с максимальной заблаговременностью. Проводится анализ прошедшей погоды, где основное внимание уделяется значениям минимальной температуры воздуха. При необходимости прогнозист вносит изменения в выходные данные расчетов по схеме РЭП и формирует список субъектов

Российской Федерации, на территории которых ожидается аномально холодная погода.

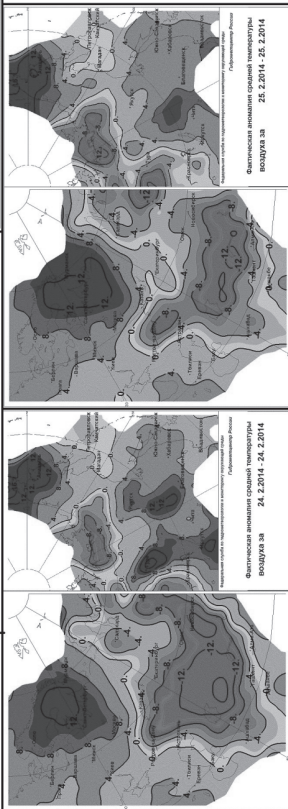
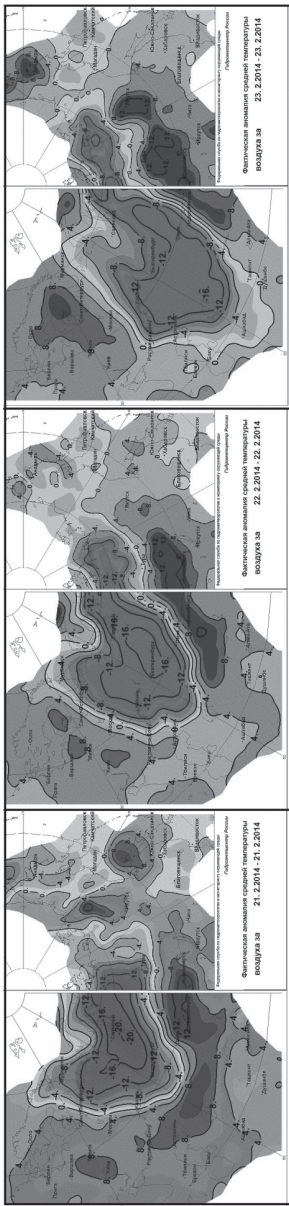
Работу синоптика по выявлению и прогнозу зон с аномалиями температуры воздуха рассмотрим на примере прогноза экстремально низких температур.

Используются следующие данные наблюдений и прогнозов:

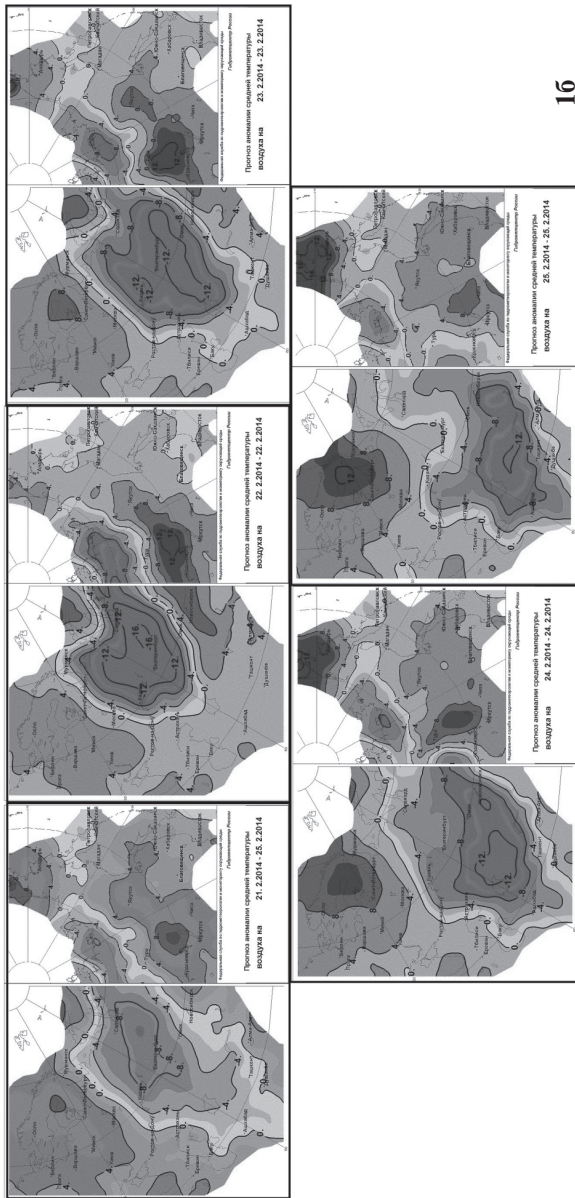
1. Карта синоптического анализа за 00 ч ВСВ текущих суток.
2. Прогностические карты H500 и P0 по модели Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) на 24–168 часов.
3. Карты максимальных значений температуры по территории России за предшествующий день и минимальных температур за прошедшую ночь.
4. Прогностические материалы, полученные по схеме РЭП:
 - 4.1. Прогностические карты по территории России ежедневной аномалии температуры воздуха на 48–144 ч (пять карт, рис. 1);
 - 4.2. Прогностическая карта по территории России аномалий температуры на пентаду (рис. 2);
 - 4.3. Прогностическая карта по территории России аномалий температуры на декаду с нулевой заблаговременностью;
 - 4.4. Таблица прогноза средней пентадной температуры воздуха и ее аномалии по 83 субъектам Российской Федерации (табл. 1).
 - 4.5. Таблица прогноза экстремально низкой температуры воздуха по пунктам (содержащая соответствующие нормы температуры, индекс станции, значения ожидаемой температуры воздуха и ее аномалии, преобладающей температуры воздуха в данном регионе) по 83 субъектам Российской Федерации (табл. 2).

Последовательность работы синоптика

На основе анализа фактической синоптической обстановки с использованием карт синоптического анализа, карт фактических значений максимальной и минимальной температуры за ближайшие день и ночь, прогностических карт ЕЦСПП на 24–168 ч (материалы 1, 2, 3) выявляются синоптические процессы и территории, где существует угроза вторжения холодных воздушных масс и дальнейшего понижения температуры за счет радиационного выхолаживания. Далее синоптический анализ подкрепляется анализом расчетных данных по схеме РЭП (материалы 4.1–4.5).



1a



16

Рис. 1. Ежедневные фактические (1а) и прогностические (1б) аномалии средних температур воздуха по территории Российской Федерации с 21 по 25 февраля 2014 г.

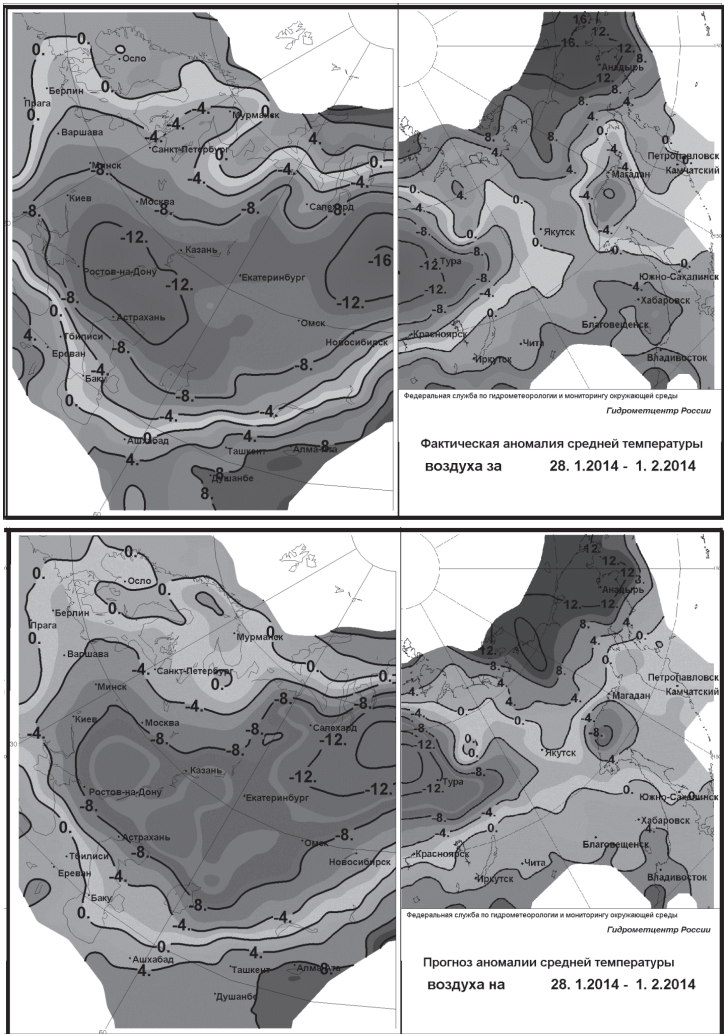


Рис. 2. Фактическая и прогностическая аномалии средних температур воздуха по территории Российской Федерации, осредненные за пентаду с 28 января по 1 февраля 2014 г.

**Прогноз средней температуры воздуха и ее аномалии на пентаду
8–12 ноября 2015 г. (данные приведены для административных центров
субъектов Российской Федерации)**

№ п/п	Субъект федерации	Средняя температура, °С	Аномалия температуры, °С	Норма, °С
1	Архангельская область	–8 ... –6	–3,6	–3,5
2	Ненецкий А.О.	–15 ... –13	–4,9	–8,6
3	Мурманская область	–2 ... 0	+3,0	–4,1
4	Республика Карелия	0 ... 2	+2,0	–1,5
5	Вологодская область	–2 ... 0	+0,9	–2,3
6	Республика Коми	–13 ... –11	–6,7	–5,3
7	Ленинградская область	4 ... 6	+3,6	0,9
8	Новгородская область	2 ... 4	+3,2	0,1
9	Псковская область	4 ... 6	+4,0	0,9
10	Калининградская область	8 ... 10	+5,0	4,0
...	...			
83				

Синоптику необходимо решить две задачи:

1. Выявить наличие зон экстремально низких температур, где прогностические значения (материалы 4.5) минимальных температур ниже порога, определенного для данных территорий как критерий ОЯ (сильный мороз). При выявлении таких зон разрабатывается штормовое предупреждение независимо от продолжительности периода.

2. Определить территории (субъекты России), где фактические и ожидаемые значения среднесуточной температуры воздуха в течение пяти суток и более ниже климатической нормы на 7 °С и более.

Анализ производится в следующей последовательности:

– по прогностической карте (материалы 4.2) выявляются регионы, где аномалия температуры составляет –4 °С и ниже;

– по ежедневным прогностическим картам аномалии температуры воздуха на 48–144 ч (материалы 4.1) по территории России уточняются регионы, где ежесуточные аномалии температуры составляют –6 ... –8 °С и ниже. Определяется направление перемещения таких зон и продолжительность периода низких значений аномалий температуры.

Таблица 2

Прогноз экстремального значения отрицательной аномалии среднесуточной температуры воздуха ΔT (соответствующей минимальной температуры воздуха ночью T_{min}) с указанием индекса пункта, в котором оно наблюдалось, и прогноз преобладающей среднесуточной температуры воздуха по территории субъекта РФ на 8–12 ноября 2015 года

№ п/п	Субъект Федерации	8.11.2015	9.11.2015	10.11.2015	11.11.2015	12.11.2015
		ΔT (T_{min}), индекс и назв. пункта, преобл. Тср.	ΔT (T_{min}), индекс и назв. пункта, преобл. Тср.	ΔT (T_{min}), индекс и назв. пункта, преобл. Тср.	ΔT (T_{min}), индекс и назв. пункта, преобл. Тср.	ΔT (T_{min}), индекс и назв. пункта, преобл. Тср.
1	Архангельская область	-3,5 (-10,1) 22798 Яренск -6 ... -1	-5,6 (-13,0) 22798 Яренск -9 ... -4	-7,1 (-14,1) 22798 Яренск -10 ... -5	-8,9 (-16,5) 22798 Яренск -11 ... -6	-8,1 (-17,1) 22798 Яренск -11 ... -6
2	Ненецкий АО	-3,1 (-13,3) 23207 Коткино -8 ... -3	-5,5 (-15,9) 23207 Коткино -10 ... -5	-7,4 (-18,6) 23207 Коткино -11 ... -6	-7,7 (-18,8) 23207 Коткино -13 ... -8	-8,5 (-19,8) 23207 Коткино -14 ... -9
3	Мурманская область	-1,7 (-5,2) 22133 О. Харлов -4 ... 1	-2,0 (-5,4) 22349 Пялица -4 ... 1	-1,7 (-5,2) 22349 Пялица -4 ... 1	-2,1 (-5,6) 22349 Пялица -4 ... 1	-1,5 (-5,4) 22349 Пялица -5 ... 0
4	Республика Карелия	отрицательная аномалия отсутствует 0 ... 5	отрицательная аномалия отсутствует -1 ... 4	отрицательная аномалия отсутствует -2 ... 3	-0,5 (-4,6) 22738 Куганаволок -3 ... 2	-0,4 (-5,3) 22738 Куганаволок -3 ... 2

Таблица 2 (окончание)

№ п/п	Субъект федерации	8.11.2015	9.11.2015	10.11.2015	11.11.2015	12.11.2015
5	Вологодская область	ΔТ (Tmin), индекс и назв. пункта, преобл. Тер. отрицательная аномалия отсутствует -2 ...3	ΔТ (Tmin), индекс и назв. пункта, преобл. Тер. -3,3 (-8,3) 22981 Великий Устюг -4 ...1	ΔТ (Tmin), индекс и назв. пункта, преобл. Тер. -4,0 (-9,1) 22981 Великий Устюг -4 ...1	ΔТ (Tmin), индекс и назв. пункта, преобл. Тер. -5,5 (-11,4) 22981 Великий Устюг -6 ...-1	ΔТ (Tmin), индекс и назв. пункта, преобл. Тер. -4,5 (-10,9) 22981 Великий Устюг -6 ...-1
6	Республика Коми	-4,1 (-10,6) 23804 Сыктывкар -11 ...-6	-6,2 (-14,2) 23701 Весляна -13 ...-8	-7,9 (-16,3) 23803 Усть-Кулом -16 ...-11	-9,0 (-17,7) 23701 Весляна -17 ...-12	-9,8 (-20,7) 23411 Мутный Материк -17 ...-12
7	Ленинградская область	отрицательная аномалия отсутствует 1 ...6	отрицательная аномалия отсутствует 1 ...6	отрицательная аномалия отсутствует 1 ...6	отрицательная аномалия отсутствует 1 ...6	отрицательная аномалия отсутствует 0 ...5
8	Новгородская область	отрицательная аномалия отсутствует 0 ...5	отрицательная аномалия отсутствует 2 ...7	отрицательная аномалия отсутствует 1 ...6	отрицательная аномалия отсутствует 2 ...7	отрицательная аномалия отсутствует 1 ...6
...	...					
83						

Выписываются регионы, где продолжительность таких ежесуточных аномалий температуры составляет более трех дней (желательно использовать географическое разграничение для больших субъектов Российской Федерации, если прогностические температурные характеристики существенно варьируют по территории) (табл. 3).

Таблица 3

**Прогноз значительных отрицательных температурных аномалий
в субъектах Российской Федерации**

№ п/п	Субъект федерации	Период действия прогноза	Аномалия температуры за прогностический период, °С	Минимальная температура, °С
1	Ямало-Ненецкий автономный округ	12–15 марта	12 ... 7	41 ... 36
2	Таймырский муниципальный район Красноярского края	12–17 марта	12 ... 7	45 ... 40
3	Эвенкийский муниципальный район Красноярского края	13–17 марта	13 ... 8	45 ... 40
4	Туруханский муниципальный район Красноярского края	12–16 марта	12 ... 7	41 ... 36
5	Северные районы Иркутской области	14–17 марта	12 ... 7	41 ... 36
6	Западные районы Республики Саха (Якутия)	12–17 марта	12 ... 7	48 ... 43

По прогностической карте аномалий температуры воздуха по территории России на декаду (материалы 4.5) и анализу синоптической ситуации по гидродинамическим схемам (до 168 часов) оценивается продолжительность периода с аномалией ниже -7°C . В силу объективных оценок прогностических схем, не стоит периодом действия прогноза охватывать более 5 суток. При необходимости можно через 2–3 дня сделать уточнение к данному прогнозу. Используя таблицы прогноза средней пентадной температуры воздуха и ее аномалии по 83 субъектам Российской Федерации (материалы 4.4)

и прогноза экстремально низкой температуры воздуха (по пунктам) по 83 субъектам Российской Федерации (материалы 4.5) с учетом возможной прогностической корректировки заполняются два правых столбца табл. 3; после проверки полученных данных оформляется установленный бланк предупреждения на основании табл. 3. Отправляется информация в адреса членов Правительственного штаба и территориальные Управления Росгидромета, на территории которых располагаются регионы, отмеченные в табл. 3.

Учитывая опыт составления данных прогнозов ОЯ в течение прошедших зимних (отопительных) периодов, следует отметить высокое качество автоматизированных прогнозов по схеме РЭП. Прогнозист в большинстве случаев вносит лишь незначительные изменения в результаты расчетов по данной схеме.

Испытания метода проводились в течение двух холодных сезонов: 2013/2014 и 2014/2015 гг. Рассчитывались оценки оправдываемости для критерия Пирси–Обухова (1), общей оправдываемости (2) и другие (3)–(6) для 28 районов Российской Федерации. В основу списка районов было положено деление, принятое для прогнозов преобладающей температуры воздуха, размещаемых на 4-й странице Ежедневного гидрометеорологического бюллетеня ФГБУ «Гидрометцентр России» (ЕГМБ) с некоторой дополнительной детализацией. Количественные значения характеристик успешности рассчитывались по формулам:

Критерий качества Пирси–Обухова	$T = n11 / n01 \quad n12 / n02$	(01)
------------------------------------	---------------------------------	------

Общая оправдываемость	$U = (n11 + n22) / n00$	(02)
-----------------------	-------------------------	------

Оправдываемость прогноза наличия ОЯ	$U_1 = n11 / n10$	(03)
--	-------------------	------

Оправдываемость прогноза отсутствия ОЯ	$U_0 = n22 / n20$	(04)
---	-------------------	------

Предупрежденность факта наличия ОЯ	$\Pi_1 = n11 / n01$	(05)
---------------------------------------	---------------------	------

Предупрежденность факта отсутствия ОЯ	$\Pi_0 = n22 / n02$	(06)
--	---------------------	------

Таблица сопряженности, используемая для расчета характеристик успешности прогнозов (1) – (6) имеет следующий вид:

Прогноз	Наблюдались		Сумма
	ОЯ	нет ОЯ	
ОЯ	n_{11}	n_{12}	n_{10}
нет ОЯ	n_{21}	n_{22}	n_{20}
Сумма	n_{01}	n_{02}	n_{00}

Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Показатели оценки прогнозов в зимние (отопительные) периоды
2013/2014 и 2014/2015 гг. (320 дат, 1335 станций РФ)**

№ п/п	Район РФ	T	U	U_1	U_0	Π_1	Π_0
1	Запад СЗФО	0,39	93,12	86,67	93,44	39,39	99,30
2	Восток СЗФО	0,56	80,62	64,71	88,07	71,74	84,21
3	Север ЦФО	0,29	96,25	100,00	96,19	29,41	100,00
4	Юг ЦФО	0,47	95,94	91,67	96,10	47,83	99,66
5	Север ПФО	0,46	96,56	80,00	97,10	47,06	99,34
6	Юг ПФО	0,44	93,12	100,00	92,74	43,59	100,00
7	ЮФО и Крым	0,71	97,19	90,00	97,67	72,00	99,32
8	СКФО	0,53	97,19	80,00	97,74	53,33	99,34
9	Ямало-Ненецкий АО	0,79	90,62	82,18	94,52	87,37	92,00
10	Ханты-Мансийский АО	0,69	93,75	72,97	96,47	72,97	96,47
11	Юг УФО	0,49	93,75	80,00	94,67	50,00	98,61

Таблица 4 (окончание)

№ п/п	Район РФ	T	U	U ₁	U ₀	Π ₁	Π ₀
12	Таймыр (север СФО)	0,72	90,31	84,00	92,24	76,83	94,96
13	Туруханский и Эвенкийский МР	0,71	92,19	88,14	93,10	74,29	97,20
14	Запад юга СФО	0,80	95,94	80,56	97,89	82,86	97,54
15	Центр юга СФО	0,41	86,88	72,22	88,73	44,83	96,18
16	Восток юга СФО	0,73	91,56	89,86	92,03	75,61	97,06
17	Север Якутии (ДВФО)	0,68	88,44	75,00	92,62	76,00	92,24
18	Юг Якутии (ДВФО)	0,67	95,94	87,50	96,62	67,74	98,96
19	Запад Якутии (ДВФО)	0,47	85,62	59,62	90,67	55,36	92,05
20	Восток Якутии (ДВФО)	0,68	98,12	91,67	98,38	68,75	99,67
21	Центр Якутии (ДВФО)	0,59	86,25	79,71	88,05	64,71	94,04
22	Амурская область (ДВФО)	0,91	98,75	78,57	99,67	91,67	99,03
23	Магаданская область (ДВФО)	0,67	91,25	81,13	93,26	70,49	96,14
24	Чукотка (ДВФО)	0,52	82,19	65,38	87,60	62,96	88,70
25	Камчатский край (ДВФО)	0,68	93,44	76,32	95,74	70,73	96,77
26	Север Хабаровского края (ДВФО)	0,67	90,00	68,42	94,68	73,58	93,26
27	Юг Хабаровского края, Еврейская АО	0,71	96,56	61,11	98,68	73,33	97,70
28	Приморский край (ДВФО)	0,43	97,50	57,14	98,40	44,44	99,04
	Средние	0,60	92,47	79,45	94,40	63,89	96,39

Метод прогноза ОЯ и результаты испытаний (изложенные выше) докладывались на заседаниях Секции метеорологических прогнозов Ученого Совета ФГБУ «Гидрометцентр России» 1 декабря 2015 г. и 3 декабря 2015 г. Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП), которая приняла следующее решение: учитывая представленные результаты оперативных испытаний, внедрить «Метод прогноза опасного природного явления – аномально холодной погоды на 48–144 часа для территории России» (ФГБУ «Гидрометцентр России», Р.М. Вильфанд, П.П. Васильев, В.И. Лукьянов, А.Д. Голубев, Е.Л. Васильева) в качестве основного в оперативную практику ФГБУ «Гидрометцентр России».

Список литературы

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

2. Вильфанд Р.М., Васильев П.П., Васильева Е.Л., Веселова Г.К., Горлач И.А. Среднесрочный прогноз температуры воздуха и возникновения некоторых ОЯ по технологии Гидрометцентра России // Метеорология и гидрология. 2010. – № 10. – С. 5–14.

3. Вильфанд Р.М., Васильев П.П., Лукьянов В.И., Голубев А.Д. Методические указания по прогнозу опасного природного явления – аномально холодной (аномально жаркой) погоды на территории России. – М; Обнинск: ОАО ФОП, 2010. – 12 с.