

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

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

В Руководящем документе Росгидромета [1] 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 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 ФГБУ «Гидрометцентр России» и изложенная в данной статье технология составления предупреждения об ОЯ –

аномально жаркой погоде в теплое время года реализуется следующим образом. В период с апреля по сентябрь в ФГБУ «Гидрометцентр России» составляется прогноз аномалий средней суточной температуры воздуха и максимальной температуры воздуха днем по субъектам Российской Федерации. При наличии в прогнозе аномалии средней суточной температуры (выше 7°C в течение пяти суток и более [1]) составляется предупреждение для *Правительственной комиссии по обеспечению безопасности энергоснабжения (Федеральный штаб)*. 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 высокими положительными 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 (ОКПП 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 максимальной 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 жаркая погода.

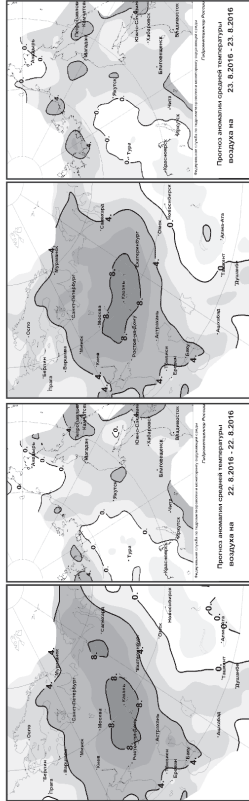
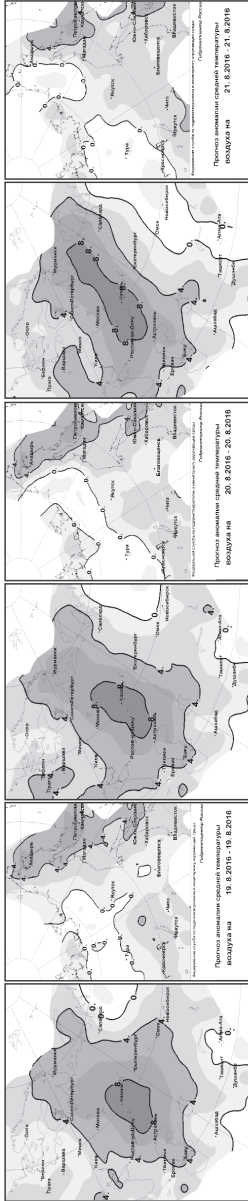
Работу синоптика по выявлению и прогнозу зон с аномалиями температуры воздуха рассмотрим на примере прогноза экстремально высоких температур.

Используются следующие данные наблюдений и прогнозов:

1. Карта синоптического анализа за 00 ч ВСВ текущих суток.
2. Прогностические карты Н-500 и Р0 по модели Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) на 24–168 ч.
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 (5 карт, рисунок).
 - 4.2. Прогностическая карта по территории России аномалий температуры на пентаду.
 - 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 субъектам Российской Федерации (табл. 1).
 - 4.5. Таблица прогноза экстремально высокой температуры воздуха по пунктам (содержащая соответствующие нормы температуры, индекс станции, значения ожидаемой температуры воздуха и ее аномалии, преобладающей температуры воздуха в данном регионе) по субъектам Российской Федерации (табл. 2).

Последовательность работы синоптика

Проводя анализ 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 территории, на которых может установиться жаркая погода. Изучаются синоптические процессы, при которых могут сформироваться высокие антициклоны, блокирующие западно-восточный перенос воздушных масс и благоприятные для продолжительного и чрезмерного прогрева подстилающей поверхности и атмосферы. Далее синоптический анализ подкрепляется анализом расчетных данных по схеме РЭП (материалы 4.1–4.5).



a)

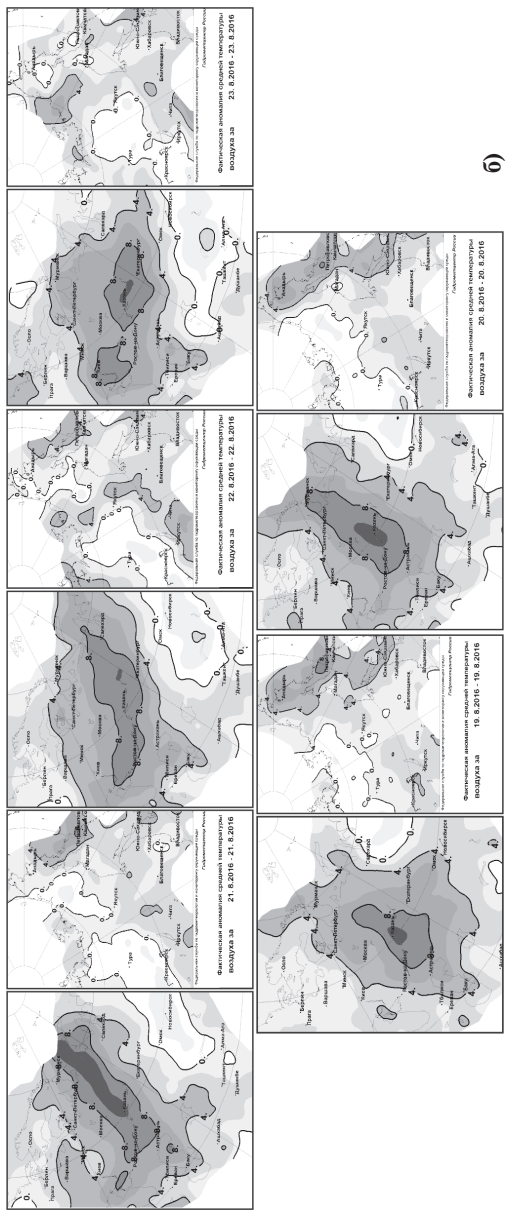


Рис. Ежедневные фактические (а) и прогностические (б) аномалии среднесуточных температур воздуха по территории Российской Федерации с 19 по 23 августа 2016 г.

Таблица 1

**Прогноз средней температуры воздуха и ее аномалии на пентаду
19–23 августа 2016 года (данные приведены для административных центров
субъектов Российской Федерации)**

№ п/п	Субъект федерации	Средняя температура, °С	Аномалия температуры, °С	Норма, °С
1	Архангельская область	18...20	+6,9	11,8
2	Ненецкий А.О.	15...17	+7,0	9,1
3	Мурманская область	15...17	+5,7	9,8
4	Республика Карелия	17...19	+5,4	12,8
5	Вологодская область	19...21	+6,3	13,3
6	Республика Коми	19...21	+7,7	12,0
7	Ленинградская область	18...20	+4,1	15,1
8	Новгородская область	18...20	+4,4	14,3
9	Псковская область	17...19	+3,9	14,6
10	Калининградская область	17...19	+2,4	15,9
...	...			
83				

Синоптику необходимо решить две задачи.

1. Выявить наличие зон экстремально высоких температур, где прогностические значения (материалы 4.5) максимальных температур выше порога, определенного для данных территорий как критерий ОЯ (сильная жара). При выявлении таких зон разрабатывается штормовое предупреждение.

2. Определить территории (субъекты России), где фактические и ожидаемые значения среднесуточной температуры воздуха в течение пяти суток и более выше 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 выше;

– 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 выше. Определяется направление перемещения таких зон и продолжительность периода высоких значений аномалий температуры.

Таблица 2

Прогноз экстремального значения положительной аномалии среднесуточной температуры воздуха ΔT (и соответствующей максимальной температуры воздуха днем T_{max}) с указанием индекса пункта, в котором оно наблюдалось, и прогноз преобладающей среднесуточной температуры воздуха по территории субъекта РФ на 19–23 августа 2016 года

№ п/п	Субъект Федерации	ΔT (T_{max}), индекс и название пункта преобл. Тер. по территории субъекта РФ				
		19.08.2016	20.08.2016	21.08.2016	22.08.2016	23.08.2016
1	Архангельская область	7,3 (25,8) 22768 Шенкурск 16...21	8,6 (24,5) 22546 Северодвинск 17...22	8,7 (23,1) 22563 Пинега 17...22	6,7 (23,2) 22798 Яренск 15...20	7,1 (23,8) 22641 Онега 15...20
2	Ненецкий АО	6,0 (17,8) 22193 Бугрино 11...16	8,1 (22,6) 22292 Индига 12...17	9,5 (23,2) 23205 Нарьян-Мар 14...19	8,8 (19,7) 23219 Хоседа-Хард 12...17	6,6 (20,1) 23205 Нарьян-Мар 12...17
64	Кемеровская область	3,6 (24,4) 29645 Кемерово I 15...20	2,7 (21,6) 29955 Усть-Кабырза 12...17	Положительная аномалия отсутствует 9...14	Положительная аномалия отсутствует 9...14	Положительная аномалия отсутствует 9...14
65	Алтайский край	4,4 (27,5) 29816 Хабары 17...22	2,9 (24,0) 36021 Ключи 15...20	Положительная аномалия отсутствует 12...17	Положительная аномалия отсутствует 11...16	0,7 (22,4) 29816 Хабары 11...16

Таблица 2 (окончание)

№ п/п	Субъект федерации	ΔТ (Тмах), индекс и название пункта преобладающей Тгр. по территории субъекта РФ				
		19.08.2016	20.08.2016	21.08.2016	22.08.2016	23.08.2016
66	Республика Алтай	2,9 (24,8) 36061 Турочак 14...19	3,1 (21,9) 36259 Кош-Агач 14...19	1,6 (17,6) 36259 Кош-Агач 11...16	Положительная аномалия отсутствует 9...14	Положительная аномалия отсутствует 8...13
67	Красноярский край	3,5 (22,0) 29876 Казыр 12...17	3,7 (24,7) 36091 Нижне- Усинское 10...15	1,9 (18,6) 36091 Нижне- Усинское 9...14	1,5 (17,5) 23363 Советская Речка 8...13	1,8 (18,5) 23774 Келлог 8...13
	...					
83						

Выбираются регионы с продолжительными периодами ежесуточных аномалий температуры (желательно использовать географическое разграничение для больших субъектов Российской Федерации, если прогностические температурные характеристики существенно варьируют по территории) (табл. 3).

Таблица 3

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

№ п/п	Субъект федерации	Период действия прогноза	Аномалия температуры воздуха за прогностический период, °С	Среднесуточная температура воздуха, °С
1	Ямало-Ненецкий автономный округ	12–15 июня	12...7	15...10
2	Таймырский муниципальный район Красноярского края	12–17 июня	12...7	17...12
3	Эвенкийский муниципальный район Красноярского края	13–17 июня	13...8	28...24
4	Туруханский муниципальный район Красноярского края	12–16 июня	12...7	28...23
5	Северные районы Иркутской области	14–17 июня	11...7	27...23
6	Западные районы Республики Саха (Якутия)	12–17 июня	12...7	27...22

По прогностической карте аномалий температуры воздуха по территории России на декаду (материалы 4.5) и анализу синоптической ситуации по гидродинамическим схемам (до 168 ч) оценивается продолжительность периода с аномалией +7 °С и выше. В силу объективных оценок прогностических схем, не стоит периодом действия прогноза охватывать более шести суток. При необходимости можно через 2–3 дня сделать уточнение к данному прогнозу; используя таблицы

прогноза средней пентадной температуры воздуха и ее аномалии по субъектам Российской Федерации (материалы 4.4) и прогноза экстремально высокой температуры воздуха (по пунктам) по 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 Правительственной комиссии и территориальные Управления Росгидромета, на территории которых располагаются регионы, отмеченные в табл. 3.

Учитывая опыт составления данных прогнозов ОЯ в течение прошедших теплых (летних) 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 теплых сезонов – 2015 и 2016 гг. Рассчитывались оценки оправдываемости для критерия Пирси–Обухова (1), общей оправдываемости (2) и др. (3)–(6) для 27 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:

$$T = n11 / n01 \quad n12 / n02 \quad - \text{ критерий качества Пирси–Обухова; } (1)$$

$$U = (n11 + n22) / n00 \quad - \text{ общая оправдываемость; } (2)$$

$$U_1 = n11 / n10 \quad - \text{ оправдываемость прогноза наличия ОЯ; } (3)$$

$$U_0 = n22 / n20 \quad - \text{ оправдываемость прогноза отсутствия ОЯ; } (4)$$

$$P_1 = n11 / n01 \quad - \text{ предупрежденность факта наличия ОЯ; } (5)$$

$$P_0 = n22 / n02 \quad - \text{ предупрежденность факта отсутствия ОЯ; } (6)$$

Используемая для расчета характеристик успешности прогнозов (1)–(6) таблица сопряженности имеет следующий вид:

Прогноз	Наблюдались		Сумма
	ОЯ	нет ОЯ	
ОЯ	<i>n</i> 11	<i>n</i> 12	<i>n</i> 10
нет ОЯ	<i>n</i> 21	<i>n</i> 22	<i>n</i> 20
Сумма	<i>n</i> 01	<i>n</i> 02	<i>n</i> 00

Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели оправдываемости прогнозов в теплые (летние) периоды 2015–2016 гг.
(366 дат, 2052 станции Российской Федерации)

№ п/п	Район РФ	T	U	U ₁	U ₀	Π ₁	Π ₀
1	Запад СЗФО	0,65	92,62	76,09	95,00	68,63	96,51
2	Восток СЗФО	0,75	87,43	85,00	89,32	86,08	88,46
3	Север ЦФО	0,79	97,81	70,59	99,14	80,00	98,58
4	Юг ЦФО	0,71	95,63	73,33	97,62	73,33	97,62
5	Север Приволжского ФО	0,77	95,36	89,80	96,21	78,57	98,39
6	Юг Приволжского ФО	0,71	92,08	82,81	94,04	74,65	96,27
7	ЮФО	0,78	95,36	85,11	96,87	80,00	97,78
8	СКФО	0,76	96,99	80,77	98,24	77,78	98,53
9	Ямало-Ненецкий АО	0,72	86,34	78,42	91,19	84,50	87,34
10	Ханты-Мансийский АО	0,74	92,35	81,16	94,95	78,87	95,59
11	Юг УралФО	0,80	95,08	83,33	97,12	83,33	97,12
12	Таймыр (север СибФО)	0,64	85,79	77,45	89,02	73,15	91,09
13	Туруханский и Эвенкия	0,73	89,89	81,72	92,67	79,17	93,70
14	Запад юга СибФО	0,69	91,80	78,33	94,44	73,44	95,70
15	Центр юга СибФО	0,76	94,81	83,67	96,53	78,85	97,45
16	Восток юга СибФО	0,75	89,89	90,18	89,76	79,53	95,40
17	Север Якутии (ДВФО)	0,54	82,51	65,96	88,24	65,96	88,24
18	Юг Якутии (ДВФО)	0,69	98,09	63,64	99,15	70,00	98,88
19	Запад Якутии (ДВФО)	0,58	92,08	70,00	94,79	62,22	96,26
20	Восток Якутии (ДВФО)	0,59	96,45	70,59	97,71	60,00	98,55

Таблица 4 (окончание)

№ п/п	Район РФ	T	U	U ₁	U ₀	П ₁	П ₀
21	Центр Якутии (ДВФО)	0,60	92,08	93,02	91,95	60,61	99,00
22	Амурская (ДВФО)	0,98	97,81	65,22	100,00	100,00	97,72
23	Магаданск (ДВФО)	0,71	97,54	57,14	99,15	72,73	98,31
24	Чукотка (ДВФО)	0,71	90,71	76,71	94,20	76,71	94,20
25	Камчатка (ДВФО)	0,55	97,27	75,00	98,02	56,25	99,14
26	Хабаровский край, Еврейская АО (ДВФО)	0,57	88,52	78,33	90,52	61,84	95,52
27	Приморье (ДВФО)	0,46	96,99	70,00	97,75	46,67	99,15
	Средние	0,69	92,94	77,16	94,95	73,44	95,94

Метод прогноза ОЯ и результаты испытаний (изложенные выше) докладывались на Секции метеорологических прогнозов Ученого Совета Гидрометцентра России 13 декабря 2016 г. и 15 декабря 2016 г. на заседании 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 жаркой погоды – на 48–144 часа для территории России» (Гидрометцентр России, Р.М. Вильфанд, П.П. Васильев, В.И. Лукьянов, А.Д. Голубев, Е.Л. Васильева) в качестве основного в оперативную практику Гидрометцентра 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.