

ОСОБЕННОСТИ ДАТ УСТОЙЧИВОГО ПЕРЕХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ +5 И 0 °С ОСЕНЬЮ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ*

В.П. Садоков, В.Ф. Козельцева, Н.Н. Кузнецова

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации
vsadokov@mecom.ru*

Знание особенностей устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации весной и осенью необходимо, так как они определяют наступление этих сезонов в природе. От перехода температуры воздуха через 0 °С весной зависят сход снежного покрова, просыхание почвы, вскрытие рек. С переходом через +5 °С начинается вегетация озимых и холодоустойчивых культур. Осенью переход средней суточной температуры воздуха через +5 °С указывает на смену летнего сезона на осенний, а переход через 0 °С – на прекращение вегетации растений, появление первых заморозков, окончание полевых и сельскохозяйственных работ. Этими данными пользуются синоптики, агрометеорологи, гидрологи Гидрометцентра России [1–5, 7] и специалисты других организаций.

Для определения дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации использовалась методика, предложенная Д.А. Педем [7]. Днем устойчивого перехода температуры воздуха через определенные пределы принимается тот день, после которого обратного перехода не наблюдается, а если он был, то короткие периоды относились весной к похолоданию, а осенью – к потеплению.

В отделе долгосрочных прогнозов погоды Гидрометцентра СССР постоянно определялись и изучались указанные переходы. Результаты публиковались [5]. Однако эта работа была приостановлена из-за прекращения публикации ежегодников [6], по которым визуально определялись фактические даты переходов температуры воздуха. Эти исследования были возобновлены под руководством В.П. Садокова. Им была составлена программа определения фактических и прогностических дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации весной и осенью по 19 станциям территории СНГ. Изучение полученных дат (сравнение дат, полученных визуально и на ЭВМ) показало, что предложенная методика дает объективные результаты.

Определение осенних дат устойчивого перехода температуры воздуха $+5$ и 0 °С начинается с отсчета дней от первого сентября и до перехода температуры для каждой станции в отдельности и ежегодно. В первом случае суммируются положительные значения температур от $+5$ °С и ниже, а во втором – от 0 °С, включая все отрицательные значения.

Разность между нормами ГГО [9] за 1881–1960 гг. и вычисленными на ЭВМ [8] (1949–2012 гг.) составила от 2 дней в Казани и Оренбурге до 10 – в Усть-Цильме. При этом следует учесть, что средние квадратические отклонения (σ) колеблются от 9 до 14 дней, а амплитуда между ранними и поздними датами – от 41 до 69 дней. Проведенный анализ обобщен таблицами: климатические характеристики осенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через $+5$ °С (табл. 1) и 0 °С (табл. 2).

Табл. 1 дает понятие о средних датах устойчивого перехода через $+5$ °С (норма 1891–1960 гг.) по данным ГГО, опубликованным в справочниках по Климату СССР [9], сведения о ранних и поздних датах, их амплитуде и изменчивости – по фактическим данным за 1891–2012 гг. Ранние даты были перекрыты только на двух станциях: Мурманск, где вместо 10.09.1973 г. стало 06.09.1993 г., и Вологда, где 12.09.1973 г. сменилось на 11.09.1993 г. Поздние даты изменились на пяти станциях: Екатеринбург с 22.10.1934 г. на 28.10.1991 г.; Кустанай с 25.10.1931 г. на 02.11.1981 г.; Курск с 24.11.1923 г. на 26.11.2010 г.; Астана с 25.10.1958 г. на 03.11.1997 г.; Гурьев с 27.11.1909 г. на 02.12.2010 г.

Для наглядности даты переходов по территории и во времени представлены рис. 1 и 2. Рис. 1 а дает представление о распределении средних дат перехода температуры воздуха через $+5$ °С (норма), откуда видно, что средние даты перехода через $+5$ °С устанавливаются сначала на северо-востоке Европейской территории России (Усть-Цильма – 20.09), а далее они плавно перемещаются в юго-западном направлении приблизительно через города Кемь, Сыктывкар, Чердынь. К северу от перечисленных городов осень приходит в сентябре. В Санкт-Петербурге, Москве, Казани, Ижевске и севернее Тургая она наступает в первой декаде октября. Границей между переходами во второй и третьей декадах октября являются Таллинн, Курск, Воронеж, Саратов, Уральск и Казалинск, севернее которых переход происходит до 21 октября, а южнее – после данного числа, так, в Астрахани – 3 ноября.

Рис. 1 б построен по данным ранних переходов температуры воздуха через $+5$ °С. В северных широтах примерно до 60° с.ш. они отмечаются в первой декаде сентября. Со второй декады в этот переход попадают районы от Санкт-Петербурга до Курска (21.09),

далее изолиния поднимается к северу до Казани (20.09), а затем продвигается на юго-восток до Кустаная (16.09). На юге, за исключением Астрахани (11.10), переход осуществляется в первой декаде октября.

Таблица 1

Климатические характеристики осенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через +5 °С за 1891–2012 гг.

№	Станция	Норма ГГО 1891–1960 гг.	Ранняя		Поздняя		Ампли- туда	σ
			дата	год	дата	год		
1	Мурманск	22.09	06.09	1993	25.10	1931 2000	50	12
2	Архангельск	28.09	08.09	1968	24.10	1958	47	10
3	Троицко- Печерское	22.09	02.09	1968	18.10	1917 2005	47	10
4	Усть-Цильма	20.09	04.09	1956	14.10	1923	41	10
5	С.-Петербург	14.10	22.09	1901	11.11	1937	51	13
6	Рига	24.10	22.09	1913	29.11	1945	69	14
7	Вильнюс	24.10	01.10	1902	26.11	1926	57	13
8	Вологда	03.10	11.09	1993	06.11	1967	57	12
9	Казань	11.10	20.09	1977	06.11	1929	48	10
10	Москва	11.10	21.09	1902	08.11	1930	49	12
11	Екатеренбург	03.10	15.09	1973	28.10	1991	44	10
12	Кустанай	08.10	16.09	1958	02.11	1981	48	9
13	Киев	28.10	04.10	1912	28.11	1969	56	12
14	Курск	18.10	21.09	1902	26.11	2010	67	12
15	Саратов	21.10	01.10	1894 1976	17.11	1954	48	10
16	Астрахань	03.11	11.10	1941	11.12	1946	62	13
17	Оренбург	15.10	24.09	1911	10.11	1938	48	10
18	Астана	07.10	16.09	1958	03.11	1997	49	10
19	Гурьев	26.10	05.10	1959	02.12	2010	59	11

Поздний переход средней суточной температуры воздуха через +5 °С (рис. 1 в) в северных и северо-восточных областях наступает уже в октябре. К югу от Кеми до Свердловска и севернее Астаны это происходит в первой декаде ноября, а на остальной территории – во второй и третьей декадах. В Гурьеве и Астрахани он бывает 02.12 и 11.12 соответственно. Амплитуда между ранними и поздними датами перехода через +5 °С представлена на рис. 1 г. Изолиния, равная 50 дням, разделяет рассматриваемую территорию на две части. К северу от нее амплитуда колеблется от 41 дня в Усть-Цильме до 50 в Мурманске. Южнее этой линии она была в пределах от 57 дней в Киеве до 69 в Риге. Среднее квадратическое отклонение составляет 9–14 дней (рис. 1 д).

увеличилась амплитуда между ранними и поздними датами переходов (53–84) и среднее квадратическое отклонение (10–18).

Таблица 2

Климатические характеристики осенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С за 1890–2012 гг.

№	Станция	Средняя	Ранняя		Поздняя		Амплитуда	σ
			дата	год	дата	год		
1	Мурманск	17.10	26.09	1903	05.12	1932	71	15
2	Архангельск	22.10	30.09	1902	03.12	1986	65	13
3	Троицко-Печерское	11.10	23.09	1903	25.11	2005	64	14
4	Усть-Цильма	11.10	24.09	1913	21.11	2005	59	13
5	С.-Петербург	12.11	10.10	1941	01.01	2011	84	17
6	Рига	27.11	29.10	1956	01.01	1974 1975	65	16
7	Вильнюс	21.11	22.10	1946	08.01	1975	79	16
8	Вологда	28.10	08.10	1963	10.12	2008	64	13
9	Казань	31.10	09.10	1976	11.12	2008	64	11
10	Москва	04.11	12.10	1976	20.12	2006	70	15
11	Екатеренбург	20.10	26.09	1903	11.12	2008	77	13
12	Кустанай	25.10	06.10	1940	30.11	1923	56	10
13	Киев	21.11	23.10	1946	13.01	1961	83	17
14	Курск	11.11	14.10	1976	19.12	2006	67	12
15	Саратов	08.11	13.10	1976	13.12	1917 2008	62	12
16	Астрахань	23.11	26.10	1920	15.01	1902	82	18
17	Оренбург	31.10	10.10	1976	01.12	1971	53	12
18	Астана	24.10	10.10	1939	01.01	2000	84	10
19	Гурьев	14.11	16.10	1976	04.01	1914	81	16

Средние даты (рис. 2 а) перехода через 0 °С в октябре охватывают северные районы, а в ноябре – южные. Изолиния, разделяющая эти территории, имеет направление с северо-востока на юго-запад, проходя через города Таллинн, Ярославль, Нижний-Новгород, Куйбышев и далее южнее Оренбурга. Ранний переход (рис. 2 б) на большей части изучаемого региона происходит в октябре. Раздел между сентябрьскими и октябрьскими датами перехода проходит через Кемь, Тотьму, севернее Казани и далее между Екатеринбург и Кустанаем. На западе осень приходит с 22 октября (Вильнюс) по 29 октября (Рига). Поздний переход (рис. 2 в) начинался в Усть-Цильме (21.11), а заканчивался в Киеве и Астрахани, соответственно, 13.01 и 15.01 следующего года.

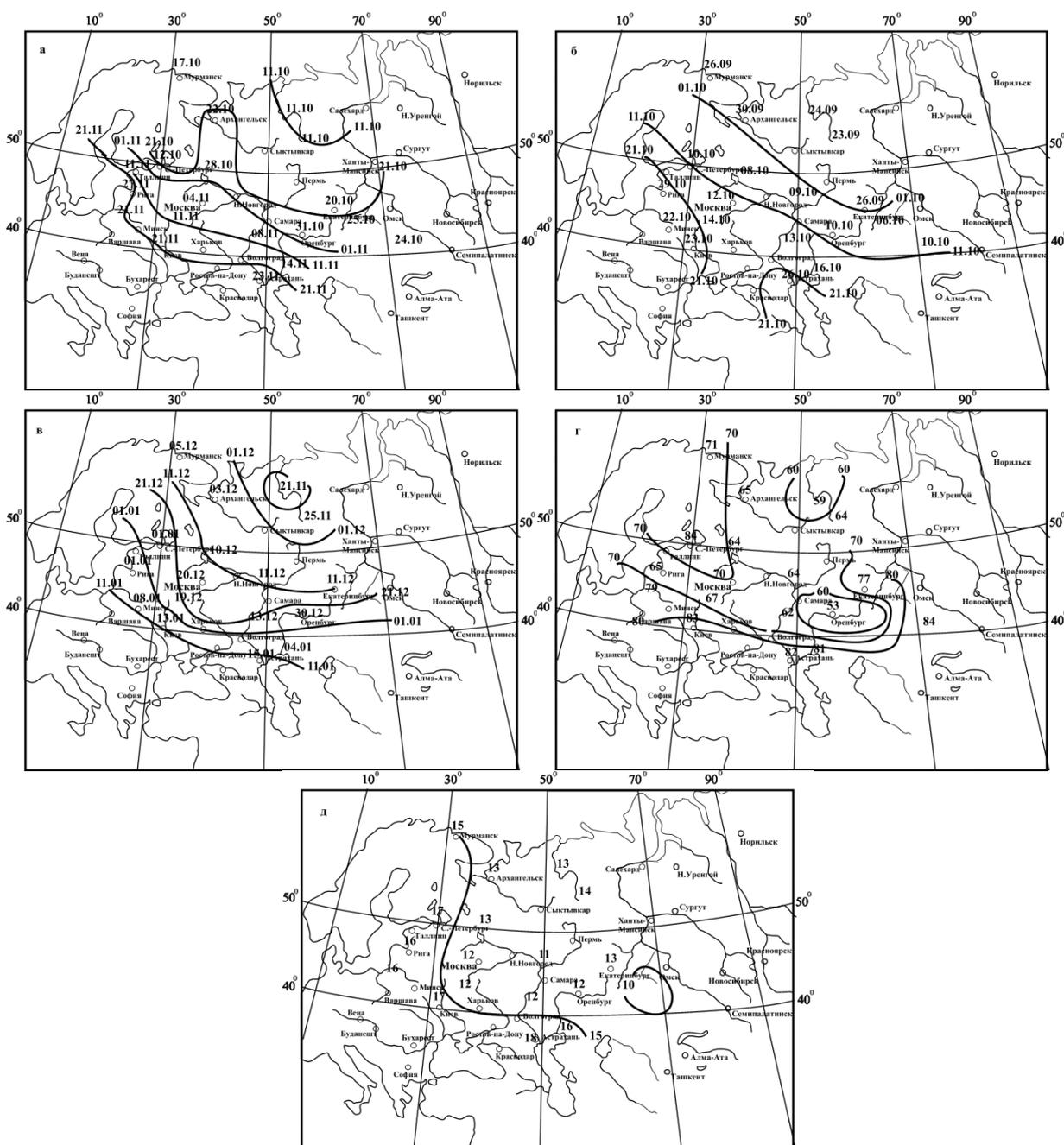


Рис. 2. Осенние даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С в период 1890–2012 гг.: средние (а); ранние (б); поздние (в); амплитуда (г); σ (дни) (д).

При изучении дат поздних осенних и ранних весенних переходов было замечено, что в ряде городов, расположенных вблизи Балтийского моря и на юге, наблюдаются годы (исключительно редко), когда всю зиму отмечаются отрицательные температуры воздуха с небольшими значениями, среди которых вклиниваются периоды с более низкими температурами, относящимися к похолоданию. Амплитуда перехода дат через 0 °С довольно большая. На основной территории она колеблется от 60 до 70 дней (рис. 2 г).

Выделяются города с амплитудой менее 60 дней: Оренбург (53), Кустанай (56), Усть-Цильма (59). Наибольшие значения наблюдались в Гурьеве (81), Астрахани (82), Киеве (83), Санкт-Петербурге и Астане (по 84). Средние квадратические отклонения на западе и юге в пределах 16–18 дней, а к востоку от Мурманска, Санкт-Петербурга, Москвы, Курска, Волгограда, Темира – от 10 до 15 (рис. 2 д).

В результате проделанной работы была создана база данных по 19 станциям с датами устойчивого перехода средних суточных температур воздуха через +5 и 0 °С за осень 1890–2012 гг. Этот архив ежегодно пополняется, а климатические характеристики уточняются.

Следующим этапом работы было создание программ определения прогнозируемых и фактических дат устойчивого перехода средних суточных температур воздуха осенью через +5 и 0 °С и его оценки. Прогнозы дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха вычислялись с помощью линейной регрессии. В качестве предиктора использовался прогноз аномалии температуры воздуха на сентябрь по каждой станции в отдельности. Подробное описание этого метода изложено в [8].

Обратимся к табл. 3 и 4, где дана оценка прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через +5 °С и 0 °С за осень 1971–2013 гг. Из перечня станций выпадает Вильнюс из-за большого количества пропусков. Данные табл. 3 указывают на совпадение аномалии прогнозируемых и фактических дат перехода через +5 °С осенью 1971–2012 гг. Параметр ρ изменяется в пределах от +1,0 при совпадении знаков за все годы до –1,0 при их полном несовпадении. Средняя оценка равнялась 0,50. Оценка выше средней отмечена на 9 станциях: от 0,30 до 0,50 – на 6, менее 0,30 – на 3. Отрицательных оценок не наблюдалось.

Оценка (P , %) в среднем составила 75 %, что также свидетельствует о высокой оправдываемости прогнозов дат перехода через +5 °С. Средняя ошибка между прогнозируемой датой и фактической составила 8 дней при средней $\sigma = 11$. Оценка $\delta \leq \sigma$ (%) в среднем равна 78 %. Даже низкие оценки по знаку ($\rho = 0,29$) оказались по величине удовлетворительными: Вологда при $\rho = 0,18$ $\delta \leq \sigma = 69$ %; Казань при $\rho = 0,23$ $\delta \leq \sigma = 62$ %; Курск при $\rho = 0,29$ $\delta \leq \sigma = 83$ %.

Оценки прогнозов дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С (табл. 4) за исследуемый период времени оказались ниже, чем для перехода через +5 °С. Так, средние оценки $\rho = 0,46$; $P = 73$ %; ошибка составила 12 дней при $\sigma = 14$ и $\delta \leq \sigma = 66$ %.

**Оценка прогнозов дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха
через +5 °С осенью (1971–2012 гг.)**

№	Станция	ρ	P%	Ср. δ	$\delta \leq \sigma$ (%)
1	Мурманск	0,58	79	9	75
2	Архангельск	0,68	84	7	76
3	Троицко-Печерское	0,64	82	6	64
4	Усть-Цильма	0,79	90	7	79
5	С.-Петербург	0,63	82	8	83
6	Рига	0,59	80	8	85
7	Вильнюс	–	–	–	–
8	Вологда	0,18	59	10	69
9	Казань	0,23	62	9	62
10	Москва	0,41	73	8	76
11	Екатеренбург	0,39	70	9	68
12	Кустанай	0,37	68	7	68
13	Киев	0,37	68	8	79
14	Курск	0,29	64	8	83
15	Саратов	0,55	77	6	88
16	Астрахань	0,33	66	10	78
17	Оренбург	0,35	68	8	78
18	Астана	0,64	82	10	52
19	Гурьев	0,88	94	7	78
	Средняя	0,50	75	8	78

Таким образом, подводя итог, можно заключить, что в процессе работы:

- были изучены климатические характеристики осенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через +5 и 0 °С на Европейской территории России и юго-западе Западной Сибири;
- подробно рассмотрены особенности переходов по 19 станциям;
- изучено распределение дат переходов в пространстве и времени;
- опубликованные ранее данные за 1890–1977 гг. уточнены и дополнены данными за 1978–2012 гг.;
- созданы программы расчета прогнозируемых и фактических дат осенних переходов и их оценки за 1971–2012 гг.

Целесообразно продолжение работы с ежегодным определением и уточнением дат переходов, увеличением территории, привлечением других параметров и методов для составления прогнозов.

**Оценка прогнозов дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха
через 0 °С осенью (1971–2012 гг.)**

№	Станция	ρ	P%	Ср. δ	$\delta \leq \sigma$ (%)
1	Мурманск	0,54	77	13	72
2	Архангельск	0,51	76	10	80
3	Троицко-Печерское	0,41	70	19	68
4	Усть-Цильма	0,45	73	9	73
5	С.-Петербург	0,34	67	16	66
6	Рига	0,47	73	13	52
7	Вильнюс	–	–	–	–
8	Вологда	-0,06	47	15	57
9	Казань	0,33	67	10	72
10	Москва	0,62	81	13	57
11	Екатеренбург	0,45	73	9	79
12	Кустанай	0,67	89	7	86
13	Киев	0,59	80	16	36
14	Курск	0,12	56	14	48
15	Саратов	0,35	68	11	58
16	Астрахань	0,60	80	11	71
17	Оренбург	0,76	88	8	83
18	Астана	0,53	76	10	69
19	Гурьев	0,55	77	13	67
	Средняя	0,46	73	12	66

Список использованных источников

1. *Гавриленко Н.М.* Особенности дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С весной на Украине // Труды НИГМИ. – 1962. – Вып. 32. – С. 18–26.
2. *Гинзбург Б.М., Коноводов Б.Н.* К методике прогноза вскрытия Оби и Енисея // Труды ЦИП. – 1955. – Вып.40 (64) . – С. 56–61.
3. *Дервянко А.Н.* Расчет сроков начала полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур в нечерноземной зоне Европейской территории РСФСР // Метеорология и гидрология. – 1969. – № 1. – С. 74–77.
4. *Козельцева В.Ф.* К проблеме прогноза дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, ± 5 °С // Труды ЦИП. – 1971. – Вып. 76. – С.73–81.

5. *Козельцева В.Ф., Педь Д.А.* Данные о весенних датах устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C , $\pm 5^{\circ}\text{C}$ по станциям западной части территории СССР. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987. – 59 с.

6. Метеорологические данные за отдельные годы. Температура. Часть I. Выпуски по республикам и УГМС. – Л.: Гидрометеиздат, 1965.

7. *Педь Д.А.* Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения // Метеорология и гидрология. – 1951. – № 10. – С. 38–39.

8. *Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н.* Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 , $+5^{\circ}\text{C}$, их прогноз и оценка // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 348. – С. 162–172.

9. *Справочник по климату СССР.* Часть II. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965.

Поступила в редакцию 5.11.2013 г.