

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСЕННИХ ДАТ УСТОЙЧИВОГО ПЕРЕХОДА СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ 0, +5 °С, ИХ ПРОГНОЗ И ОЦЕНКА

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

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

Введение

Даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и т.п.) относятся к важным характеристикам погоды, указывающим на климатические особенности конкретного года. Так, весенний переход средней суточной температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ связан с ранним или поздним сходом снежного покрова, просыханием почвы, вскрытием рек. От даты наступления устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ зависит вегетация озимых и холодостойких растений. Прогноз дат перехода оказывает существенную помощь в планировании деятельности ряда отраслей народного хозяйства. В связи с этим многие ученые занимались их изучением [1–4] для различных времен года (весна, осень), территорий. Опубликованные работы различаются между собой и методами определения.

В 1987 году Гидрометцентр России издал сборник данных о весенних переходах средней суточной температуры воздуха через 0 , $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ по станциям западной части территории России за 1890–1979 гг. [5]. Авторы сборника под устойчивым переходом температуры воздуха через определенную градацию принимали тот день, после которого обратного перехода не наблюдалось, или он был, но сумма положительных отклонений средней суточной температуры от соответствующей градации превышала сумму отрицательных отклонений (для весны).

С момента издания этого сборника прошло более 30 лет, поэтому возникла необходимость в пополнении и уточнении ранее опубликованных данных данными за 1980–2012 гг.

Нами были рассчитаны на ЭВМ даты перехода температуры воздуха с 1 января каждого года.

Определение дат проводилось по 19 репрезентативным станциям западной части России за 1949–2012 гг. Период с 1949 по 1979 г. использовался для сравнения. Сравнение показало, что более чем на 80 % опубликованные данные [5] совпали с рассчитанными на ЭВМ. Для примера, в Москве переход температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ совпадение

отмечалось в 16 случаях из 31. Расхождение в 1 день было в шести случаях; в 2 дня – в одном; в 3 дня – в трех случаях. Аналогичными оказались различия при устойчивом переходе через +5 °С. В результате данные за два периода были объединены в единую базу данных за 1890–2012 гг.

Полученные данные использовались для уточнения ранних, средних и поздних дат устойчивого перехода температуры воздуха в период с 1890 по 2012 год, амплитуд между ними и расчета среднего квадратического отклонения σ .

Климатические характеристики дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С

С 1980 года ранний весенний переход через 0 °С (табл. 1), по сравнению с данными до 1979 г., наступал раньше на 11 станциях из 19. На пяти (Москва, Курск, Саратов, Оренбург, Гурьев) это произошло в 2002 г., что свидетельствует о более раннем наступлении весны. Для поздних дат этот факт отмечен только в Вологде: в сборнике указана дата 25.04.1890 г., в 1981 г. она сдвинулась на 27.04.

Таблица 1

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

Станция	Средняя	Ранняя		Поздняя		Амплитуда	σ
		Дата	Год	Дата	Год		
Мурманск	24.04	26.03	1973	25.05	1917	61	14
Архангельск	18.04	16.03	1921	16.05	1899	62	11
Троицко-Печерское	17.04	20.03	1972	13.05	1978	55	13
Сыктывкар	11.04	19.03	1990	12.05	1952	55	11
Санкт-Петербург	03.04	14.02	1995	01.05	1952	77	13
Рига	26.03	13.01	1975	16.04	1892	94	16
Вильнюс	22.03	09.01	1989, 1990	16.04	1929	98	15
Вологда	06.04	07.03	1975	27.04	1981	85	10
Казань	04.04	08.03	1975	26.04	1979	81	8
Москва	03.04	03.02	2002	24.04	1893	81	10
Екатеринбург	06.04	14.03	1985	29.04	1902	47	8
Кустанай	09.04	21.03	1961	27.04	1898	38	8
Киев	18.03	10.01	1989, 1990	11.04	1929	92	14
Курск	27.03	03.02	2002	19.04	1929	79	12
Саратов	30.03	08.02	2002	20.04	1929	72	9
Астрахань	16.03	29.01	2000	01.04	1908	63	12
Оренбург	05.04	12.03	2002	25.04	1894	76	8
Астана	10.04	22.03	1920	29.04	1905	34	8
Гурьев	23.03	06.02	2002	08.04	1896	62	11

Рис. 1а дает представление о распределении средних дат весеннего перехода через 0°C . В среднем, на юге весна наступает во второй половине марта (Киев – 18.03; Астрахань – 16.03). К северо-востоку от Риги, Курска, Саратова даты раннего перехода наблюдаются в апреле и заканчиваются в Мурманске 24.04.

Однако иногда эти даты устанавливаются раньше или позже средних. Встречаются годы, когда переход через 0°C осуществлялся в январе (рис. 1б): Вильнюс – 09.01; Киев – 10.01; Рига – 13.01; Астрахань – 29.01, а в Мурманске – 26.03.

Рис. 1в демонстрирует поздние даты перехода через 0°C . Этот переход южнее Архангельска и Сыктывкара наступал в апреле, а к северу от этих станций – в мае, заканчиваясь в Мурманске 25.05.

Амплитуда между ранними и поздними датами колебалась от 34 дней в Астане до 98 в Вильнюсе (рис. 1г). На большей части исследуемой территории она была более 50 дней и только на юго-востоке Западной Сибири – 34–47 дней.

Среднее квадратическое отклонение (табл. 1) составляет менее 10 дней в центральной части изучаемого региона, а на севере, западе и юге – от 10 до 16 дней.

Климатические характеристики дат устойчивого перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$

Рассмотрим переход средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ (табл. 2). Здесь также, как и при переходе через 0°C , уточнились только ранние даты на 14 станциях из 19. Выделяется 1990 год, когда на четырех станциях (Рига, Киев, Курск, Саратов) наблюдался более ранний переход, а поздний был уточнен только в Вильнюсе и Вологде.

На рис. 2 изображены даты устойчивого перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$. В среднем переход (рис. 2а) на большей части территории осуществлялся в мае-апреле, и только на двух станциях – в марте (Астрахань – 18.03 и Гурьев – 29.03)

Ранние даты перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ (рис. 2б) начинаются в Киеве с 22.02 и Астрахани с 24.02. В центральной части до Вологды это происходит в марте, а севернее Вологды – в апреле. Крайняя дата 16.04 отмечена в Мурманске.

Поздние даты (рис. 2в) в южных районах сдвигаются на апрель, в центре – на май, а в Сыктывкаре, Троицко-Печорском, Астрахани, Мурманске – на июнь.

Амплитуда дат раннего и позднего переходов отмечена в пределах от 38 дней в Астане до 70 в Мурманске (рис. 2г).

Средние квадратические отклонения (табл. 2) почти всюду от 7 до 10 дней, за исключением Екатеринбурга, Мурманска (12 дней) и Риги (11 дней).

**Климатические характеристики дат устойчивого перехода средней
суточной температуры воздуха через +5 °С за 1890-2012 гг.**

Станция	Средняя	Ранняя		Поздняя		Амплитуда	σ
		Дата	Год	Дата	Год		
Мурманск	29.05	16.04	1920	25.06	1893	70	12
Архангельск	13.05	15.04	1921	12.06	1899	59	10
Троицко-Печерское	12.05	11.04	1995	06.06	1978	56	10
Сыктывкар	03.05	09.04	1920, 1991	01.06	1940	54	12
Санкт-Петербург	23.04	22.03	2010	18.05	1900	51	10
Рига	16.04	17.03	1990	19.05	1941	64	11
Вильнюс	12.04	17.03	1921	14.05	2000	59	10
Вологда	25.04	06.04	2001	20.05	2000	45	9
Казань	18.04	31.03	1975	10.05	1923	41	8
Москва	18.04	21.03	2007	11.05	1912	52	8
Екатеринбург	23.04	29.03	1983	21.05	1936	54	12
Кустанай	20.04	29.03	2008	11.05	1890	44	8
Киев	06.04	22.02	1990	30.04	1893	67	10
Курск	13.04	19.03	1990	01.05	1902	44	8
Саратов	11.04	21.03	1990	28.04	1948	69	7
Астрахань	18.03	24.02	2002	20.04	1898	56	8
Оренбург	16.04	26.03	2008	04.05	1898	40	7
Астана	22.04	02.04	1893	09.05	1934	38	8
Гурьев	29.03	14.03	2002, 2008	24.04	1896	42	8

**Составление прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха
через 0 и +5 °С и их оценка**

При составлении прогноза аномалии дат перехода температуры воздуха ΔD через 0 и +5 °С привлекается двухмесячный прогноз на март–апрель. Для расчета используется формула линейной регрессии

$$\Delta D = a \cdot \Delta T_{III-IV} + b, \quad (1)$$

где a , b – постоянные параметры; ΔT – прогноз аномалии температуры воздуха на март–апрель.

Вычисленные значения наносятся на карту и анализируются. Отрицательные значения аномалии дат перехода ΔD указывают на ранний, положительные – на поздний переход.

В июне определяются фактические величины ΔD и оценивается прогноз:

– по знаку ρ :

$$\rho = \frac{n_+ - n_-}{N}, \quad (2)$$

где n_+ – число случаев, когда прогнозируемый знак аномалии совпадает с фактическим; n_- – число случаев, когда эти знаки не совпадали; N - общее число случаев, включая и «0»;

– по оправдываемости прогноза P , %:

$$P = \frac{n_+}{N} \cdot 100; \quad (3)$$

– по величине средней ошибки ($Cp. \delta$):

$$Cp. \delta = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_i}{N}; \quad (4)$$

– по величине относительной средней ошибки ($\delta \leq \sigma$, %):

$$(\delta \leq \sigma, \%) = \frac{\sum_{i=1}^{n^+} (Cp. \delta)_i}{N} \cdot 100. \quad (5)$$

Обратим внимание, что раньше для определения величины ошибки использовали параметр Q , который при больших ΔD на небольшом числе станций не давал реального представления. В этом случае большие ошибки приводили к отрицательному результату на всей изучаемой территории.

Проанализируем оценки прогноза дат перехода через 0 °С (табл. 3).

Таблица 3

Оценки прогнозов дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С на 1971–2012 гг.

Станция	ρ	P , %	$Cp. \delta$	$\delta \leq \sigma$, %
Мурманск	0,38	69	8	82
Архангельск	0,44	72	10	56
Троицко-Печерское	–	–	–	–
Сыктывкар	0,46	73	8	80
Санкт-Петербург	0,86	93	11	72
Рига	0,70	85	17	63
Вильнюс	0,50	75	12	78
Вологда	0,37	68	7	78
Казань	0,55	78	6	68
Москва	0,80	90	9	74
Екатеринбург	0,46	73	7	71
Кустанай	0,78	89	5	93
Киев	0,69	84	15	55
Курск	0,58	79	8	85
Саратов	0,58	79	11	80
Астрахань	0,70	85	10	70
Оренбург	0,62	81	5	81
Астана	0,38	69	5	82
Гурьев	0,67	83	6	88
Средняя	0,59	80	9	76

Средняя оценка для 19 станций по ρ равна 0,59. Ниже средней она оказалась в Мурманске, Астане (0,38) и Вологде (0,37). Хорошо оправдался прогноз в Санкт-Петербурге (0,86), Москве (0,80), Кустанае (0,78), Астрахани и Риге (0,70). На остальных станциях они колебались от 0,44 до 0,69. Оправдываемость прогнозов P составила 69–93 %. Средняя ошибка ($Ср. \delta$) равнялась 9 дням. Только на трех станциях (Рига, Киев, Саратов) ошибки превысили σ . По величине ($\delta \leq \sigma, \%$) прогноз оправдался в среднем на 76 %.

В табл. 4 помещены оценки прогноза устойчивого перехода через +5 °С. Среднее ρ оказалось немного меньше, чем при переходе через 0°С, и равнялось 0,49. На шести станциях (Киев, Астрахань, Астана, Курск, Гурьев, Мурманск) ρ составил 0,60–0,81. Низкие оценки отмечены в Астрахани (0,09) и Сыктывкаре (0,22). На остальных станциях они были в пределах 0,34–0,54. Средняя оправдываемость P составила 74 %, она согласуется с ρ . Самая высокая оправдываемость прогноза в Киеве (90 %), Астане (86 %), Астрахани (84 %), Мурманске (83 %), в Курске и Гурьеве (80 %).

Средняя ошибка прогноза ($Ср. \delta$) составила 7 дней. Средняя ошибка на станциях ($\delta \leq \sigma, \%$) равна 78 %. Менее 70% отмечалось в Архангельске (51 %), Сыктывкаре (68 %) и Риге (69 %).

Таблица 4

Оценки прогнозов дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через +5 °С на 1971–2012 гг.

Станция	ρ	$P, \%$	$Ср. \delta$	$\delta \leq \sigma, \%$
Мурманск	0,65	83	8	85
Архангельск	0,09	55	10	51
Троицко-Печерское	-	-	-	-
Сыктывкар	0,22	61	8	68
Санкт-Петербург	0,46	73	7	85
Рига	0,49	74	10	69
Вильнюс	0,40	70	11	78
Вологда	0,34	67	7	73
Казань	0,45	73	5	80
Москва	0,40	70	7	70
Екатеринбург	0,51	76	7	88
Кустанай	0,54	77	5	88
Киев	0,81	90	8	79
Курск	0,61	80	7	71
Саратов	0,45	73	5	85
Астрахань	0,67	84	5	81
Оренбург	0,32	66	8	78
Астана	0,73	86	9	85
Гурьев	0,60	80	5	83
Средняя	0,49	74	7	78

Заключение

Таким образом, в результате проделанной работы

– разработан прием автоматизированного расчета весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 , $+5$ °С. Прием показал свою надежность при расчете дат перехода и сравнении с опубликованными [5] за период 1949 по 1979 г.;

– уточнены ранние, поздние даты переходов средней суточной температуры через различные градации и амплитуда между ними.

Оценки прогнозов дат перехода свидетельствуют о возможности их использования при составлении сезонных прогнозов погоды.

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. *Деревянко 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 °С, ± 5 °С по станциям западной части территории СССР. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987. – 59С.

Поступила в редакцию 12.09.2012 г.

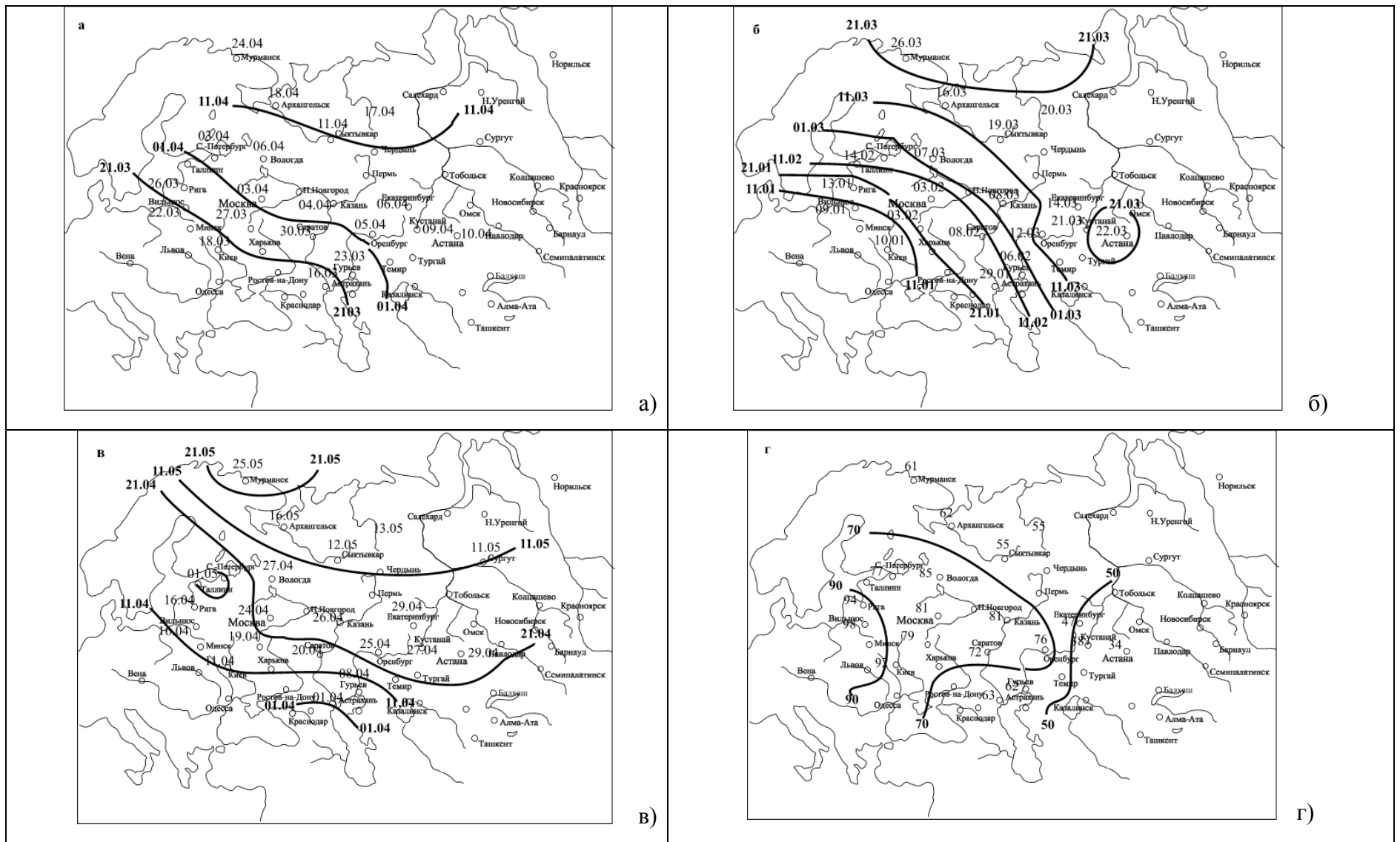
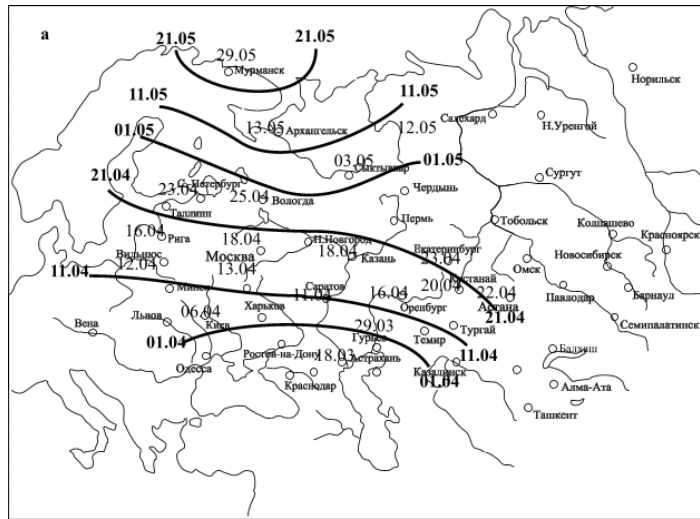
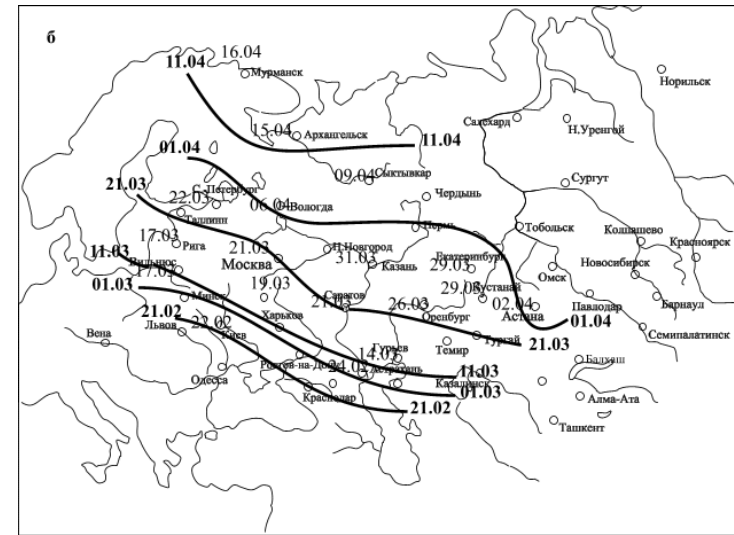


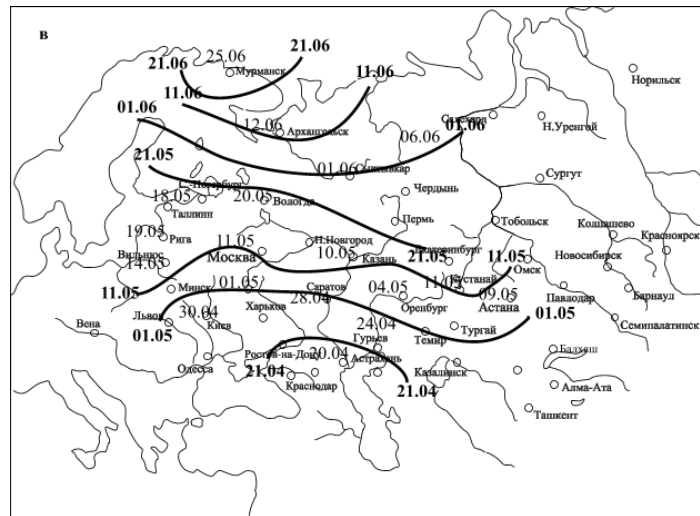
Рис. 1. Весенние даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, в 1890-2012 гг.: средние (а); ранние (б); поздние (в); амплитуда (г).



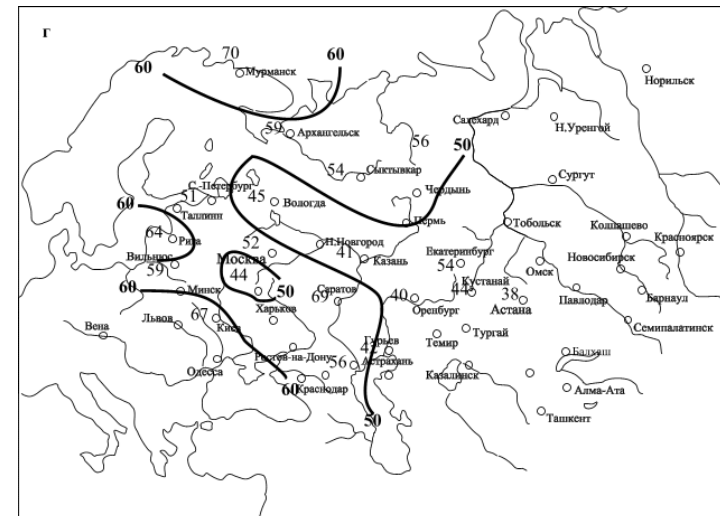
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Весенние даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через +5 °С, в 1890-2012 гг.: средние (а); ранние (б); поздние (в); амплитуда (г).