

В.И. Воробьев, А.А. Расторгуева

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНЕГО РЕЖИМА ЕЖЕДНЕВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАКСИМАЛЬНОЙ И МИНИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ

V.I. Vorobyev, A.A. Rastorguyeva

ON CERTAIN FEATURES OF LONG-TERM VARIATIONS IN DAILY VALUES OF MAXIMUM AND MINIMUM AIR TEMPERATURES IN ST. PETERSBURG AT THE TURN OF THE CENTURY

Дается общая характеристика режима ежедневных значений экстремальных температур воздуха в Санкт-Петербурге за двадцатилетний период (1987-2006 гг). Приводятся количественные оценки вклада каждого сезона в их годовую изменчивость. Детально рассматривается осенний сезон, дающий наибольший вклад в рост экстремальных температур воздуха в Санкт-Петербурге за упомянутый период. Показано, что повышение и понижение осенних средних значений экстремальных температур воздуха тесно связано с изменениями режима атмосферной циркуляции.

Ключевые слова. Максимальная температура воздуха. Минимальная температура воздуха. Адвективное изменение температуры воздуха. Временная изменчивость экстремальных температур воздуха.

A general description of the variations in extreme daily values of air temperature in St. Petersburg for the twenty-year period (1986-2006) is given. Quantitative estimates of the contribution of each season in its annual variability are presented. Details of the fall season are considered as producing the largest contribution to the rise of extreme air temperatures in St. Petersburg in the period mentioned. The rise and fall in autumn mean values of extreme air temperatures are shown to be closely associated with changes in the atmospheric circulation regime.

Key words: maximum air temperature, minimum air temperature, advective change of air temperature, temporal variability of extreme air temperatures.

Исходными данными для описания многолетнего температурного режима какого-либо пункта или территории обычно являются результаты расчетов средней суточной температуры воздуха. Эти данные лежат в основе современных оценок изменения климата [2,6], а применительно к Санкт-Петербургу, например, в статье [4]. В тоже время есть и другие, пожалуй, не менее информативные сведения о темпе-

ратурном режиме каждых суток. Имеются в виду результаты ежедневных наблюдений за максимальной температурой воздуха днем и минимальной его температурой ночью. Эти данные для населения и некоторых предприятий и организаций представляют больший интерес, чем среднесуточная температура. Поэтому не случайно в краткосрочных прогнозах общего пользования (от 12 часов до 3-х суток) указывается не средняя суточная температура воздуха, а его минимальная температура ночью и максимальная температура днем [7].

К сожалению сведения об особенностях многолетнего режима ежедневных значений экстремальных (минимальных и максимальных) температур воздуха носят, в основном выборочный характер, как, например, в [8]. Применительно к теме настоящей статьи несомненный интерес представляет монография [5]. В главе «Температурный режим Санкт-Петербурга и его изменения» представлены некоторые результаты обработки данных о максимальной и минимальной температурах воздуха за период с 1881 по 2007 гг. Так, например, по осредненным за весь упомянутый период наблюдений данным рассчитаны средние месячные значения максимальной и минимальной температуры, их абсолютные значения и средних из них приведены данные о средних месячных значениях средней суточной амплитуде воздуха. Кроме того, даны оценки изменений во времени средних максимальных и минимальных температур зимой и летом за 1901–2006 гг. (106 лет) и за последние 32 года этого же периода (1975–2006 гг.). Сравнение результатов расчетов коэффициентов линейных трендов для этих перекрывающихся периодов позволило авторам монографии сделать вывод, что реальные временные изменения, происходящие в ряду, даже при большом временном сглаживании, не являются монотонными, а испытывают циклические колебания. Поэтому оценки тренда для коротких отрезков ряда могут существенно отличаться от общего тренда, как в большую, так и в меньшую сторону, вплоть до изменения знака.

В тоже время, поиски закономерностей в рядах характеристик температуры, длительностью 20–30 лет могут оказать помощь при разработке долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов погоды и других целей. В данной статье на основе анализа средних годовых и средних сезонных значений максимальной и минимальной температуры воздуха в Санкт-Петербурге за 20-летний (1987–2006 гг.) сделана попытка найти основную причину их значительных изменений во времени.

В качестве исходного материала за двадцатилетний период (1987–2006 гг.) послужили ежедневные значения максимальной и минимальной температуры воздуха в Санкт-Петербурге. Кроме того, за этот же период использовались ежедневные данные о направлении ветра за осенний сезон, которые использовались для оценки их роли в формировании режима ежедневных значений максимальной и минимальной температуры воздуха.

Для решения поставленной задачи в первую очередь был рассмотрен общий многолетний режим экстремальных температур воздуха в Санкт-Петербурге за 1987–2006 гг. Для этого подвергнуты анализу многолетние изменения средних годовых значений максимальной и минимальной температуры воздуха (рис.1).

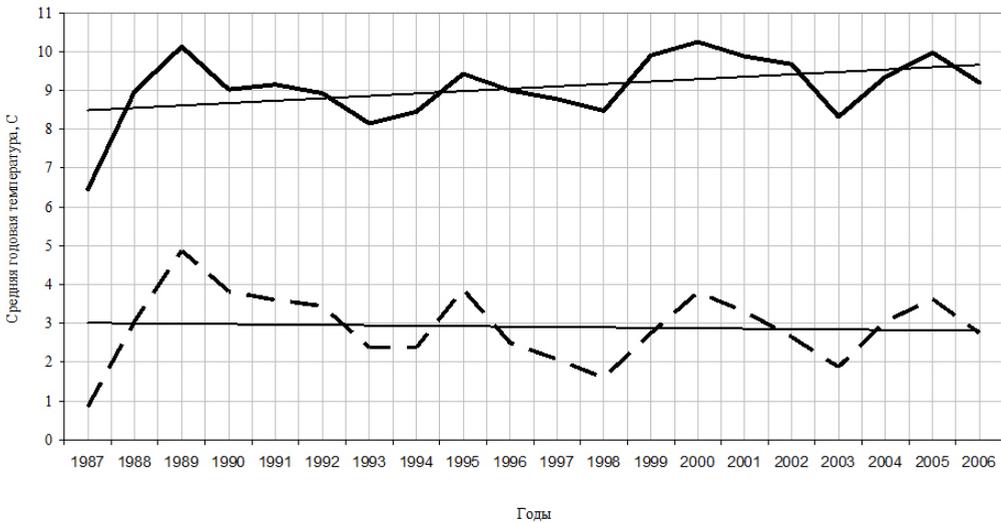


Рис.1. График временного хода среднегодовых значений и линейных трендов максимальной и минимальной температуры воздуха в Санкт-Петербурге с 1987 по 2006 г.

На рис. 1 хорошо видно, что за 20-летний период во временном ходе среднегодовых значений как максимальных, так и минимальных температур имеется по четыре максимума и минимума. Их отклонения от линии тренда, как правило, не превышают 1,0-1,5 °С. Но существенное изменение за этот промежуток времени претерпевает только максимальная среднегодовая температура воздуха. За этот период среднегодовые максимальные температуры воздуха выросли на 0,9 °С. Общий фон среднегодовых значений минимальной температуры воздуха изменился мало и характеризуется незначительным падением на 0,1 °С. Таким образом, за прошедшее двадцатилетие среднегодовая амплитуда суточного хода среднегодовых значений температуры воздуха увеличилась на 1 °С.

Такие небольшие отклонения среднегодовых значений экстремальных температур воздуха в Санкт-Петербурге от линии тренда связаны с тем, что вклад в них средних сезонных значений экстремальных температур не только различен по величине, но может быть противоположным по знаку. Об этом свидетельствуют данные, приведенные в табл. 1.

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что наибольший вклад в рост годовых значений максимальной и минимальной температуры воздуха вносит осенний сезон. Надо полагать, что именно в этот сезон наиболее четко проявятся причины, приводящие к появлению максимумов и минимумов во временном ходе максимальных и минимальных температур воздуха в Санкт-Петербурге. Поэтому выберем его для решения этой задачи.

Таблица 1

Средние годовые и сезонные характеристики режима максимальных и минимальных температур воздуха в Санкт-Петербурге за 1987-2006 гг.

Период	T °C	t_{cp}	$\beta \cdot n$	$\beta \cdot 10$
Год	max	9,1	0,90	0,45
	min	2,9	-0,1	-0,06
Зима	max	-2,1	-0,7	-0,34
	min	-6,6	-2,3	-1,17
Весна	max	9,0	0,0	0,0
	min	14	-1,1	-0,54
Лето	max	21,2	1,6	0,79
	min	13,5	1,1	0,54
Осень	max	8,2	2,6	1,32
	min	3,6	1,7	0,84

Примечание:

t_{cp} — средняя за период максимальная или минимальная температура воздуха;

$\beta \cdot n$ — суммарное изменение максимальной или минимальной температуры воздуха за 1987-2006 гг.;

$\beta \cdot 10$ — коэффициент линейных трендов.

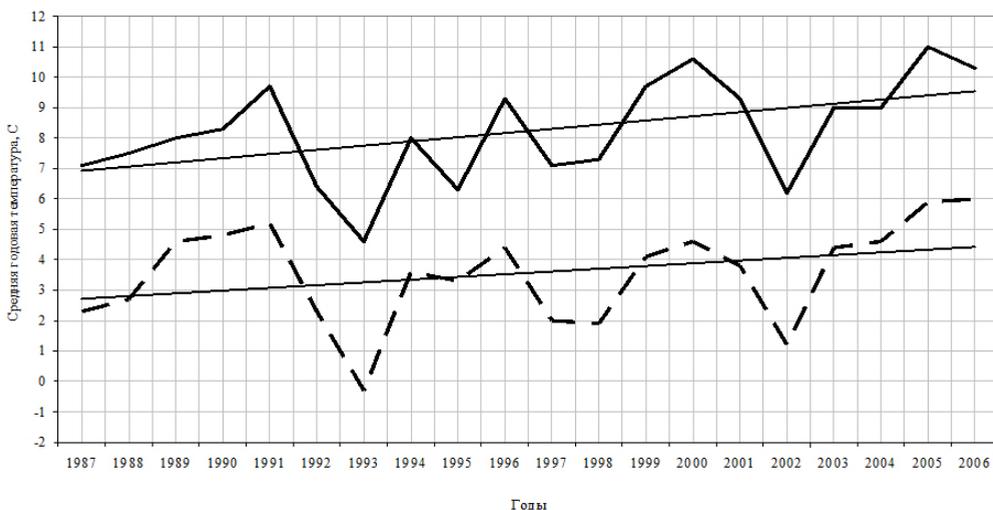


Рис.2. График временного хода средних за осенний сезон значений и линейных трендов максимальной и минимальной температуры воздуха в Санкт-Петербурге с 1987 по 2006 гг.

Известно, что изменение температуры воздуха на станции на уровне психрометрической будки состоит из адвективных и трансформационных изменений. Причем

вклад первых, как правило, существенно больше, чем вторых. На это обстоятельство было неоднократно обращено внимание не только в научных публикациях, но и в учебной литературе (см. например, [3], стр. 101-104). Адвективные изменения формируют основную часть температурного фона суток, месяца, сезона, а трансформационные изменения-внутрисуточный ход температуры, т.е. изменения максимальных и минимальных температур, При этом, максимумы и минимумы во временном ходе максимальных и минимальных температур совпадают, т.е. амплитуды меняются сравнительно мало (рис. 1 и 2).

Отсюда следует, что изменения максимальной и минимальной температуры воздуха внутри интервала осреднения, в основном, определяются, в зависимости от интервала осреднения, изменениями средней месячной, сезонной, годовой температуры, которые, в свою очередь, определяются её адвективными изменениями. Эти изменения зависят от географического положения очагов тепла и холода относительно Санкт-Петербурга и направления переноса теплого или холодного воздуха от них.

По ежемесячным картам средней температуры воздуха, приведенным в [1], были определены положения очагов тепла и холода относительно Санкт-Петербурга и направления ветра, с которым эти воздушные массы могут достигнуть города. Эти сведения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Направления ветра в Санкт-Петербурге, при которых должны наблюдаться наиболее значительное адвективное повышение или понижение максимальных и минимальных температур воздуха в Санкт-Петербурге в осенние месяцы и осенью в целом.

Период	Направление ветра	
	Адвекция тепла	Адвекция холода
Сентябрь	ЮЗ, Ю, ЮВ.	СЗ, С, СВ.
Октябрь	Ю, ЮЗ, З.	СЗ, С, СВ, В.
Ноябрь	Ю, ЮЗ, З.	С, СВ, В, ЮВ.
Осень	Ю, ЮЗ, З.	СЗ, С, СВ.

Далее, за каждый осенний сезон с 1987 по 2006 г. по осреднённым по всем срокам наблюдений были рассчитаны повторяемости направлений ветра в Санкт-Петербурге по восьми румбам (без учета штилей). Результаты приведены в табл. 3.

Данные расчетов повторяемости направлений ветра в Санкт-Петербурге в осенний сезон, приведенные в табл. 3, позволяют оценить суммарный вклад направлений ветра, при которых адвективные изменения температуры будут наиболее значительны. В соответствии с данными табл. 2 осенью при активной адвекции тепла это будут ветры южного, юго-западного и западного направлений, а при активной адвекции холода – ветры северо-западного, северного и северо-восточного направлений. Сведения о годовой повторяемости суммы этих направлений приводятся в табл. 4.

Таблица 3

Повторяемость направления ветра в осенние сезоны с 1987 по 2006 гг.

Направление ветра	Повторяемость, %									
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
С	8.9	15.5	20.2	16.3	8.2	16.3	16.9	10.2	19.3	15.6
СВ	0.0	0.0	1.2	12.8	1.4	6.9	6.7	4.5	6.8	7.8
В	8.6	0.0	4.8	14.0	0.0	16.3	0.8	9.1	3.5	8.9
ЮВ	24.1	0.0	6.0	6.9	1.4	14.0	14.6	11.1	10.2	11.1
Ю	21.6	19.7	22.6	9.3	34.2	11.6	18.0	28.9	10.2	24.3
ЮЗ	16.5	38.0	21.4	10.5	23.3	12.8	23.9	14.6	29.5	17.8
З	5.1	14.1	10.7	20.9	20.5	10.5	12.4	12.5	11.4	7.8
СЗ	15.2	12.7	13.1	9.3	11.0	11.6	6.7	9.1	9.1	6.7
Направление ветра	Повторяемость, %									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
С	10.1	7.8	15.5	6.0	10.2	12.8	6.3	9.3	5.1	10.2
СВ	6.9	5.2	5.3	3.6	3.5	11.2	4.7	7.9	2.4	6.4
В	14.1	11.4	5.1	7.2	17.8	12.4	5.7	4.1	4.9	9.8
ЮВ	11.0	15.4	9.0	13.8	15.9	7.8	11.5	5.3	2.9	7.0
Ю	15.9	27.9	19.8	31.0	13.5	8.9	18.2	24.8	33.4	15.7
ЮЗ	17.7	18.5	19.8	21.4	17.1	12.3	21.2	24.1	36.5	19.9
З	11.0	7.4	16.1	11.6	11.8	13.9	23.9	13.6	9.7	20.4
СЗ	13.3	6.4	9.4	5.4	10.2	20.7	8.5	10.9	5.1	10.6

Таблица 4

Суммарная повторяемость направлений ветра осенью в Санкт-Петербурге, с которыми связаны наиболее значительные адвективные изменения температуры.

Направление ветра	Повторяемость, %									
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Ю+ЮЗ+З	43.2	43.0	54.5	40.7	78.0	34.9	54.2	51.0	51.1	49.9
СЗ+С+СВ	24.1	28.2	34.5	38.4	20.6	34.8	30.3	23.8	35.2	30.1
Направление ветра	Повторяемость, %									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ю+ЮЗ+З	44.6	53.8	56.3	64.0	42.4	35.1	63.3	62.5	79.6	56.0
СЗ+С+СВ	30.3	19.4	30.2	15.0	23.9	44.7	19.5	25.7	19.6	27.2

Проведем сравнение данных, приведенных в табл. 4, с графическим представлением изменения осенней максимальной и минимальной температуры воздуха с 1987 по 2006 г. (рис. 2). Это сравнение показывает, что многие особенности этих изменений связаны с их адвективной составляющей, знак которой определяется направлением ветра. Повышение повторяемости ветров южных румбов (Ю+ЮЗ+З) должно приводить к росту максимальной и минимальной температуры, повышение повторяемости ветров северных румбов наоборот к понижению этих температур.

Например, повышение максимальной и минимальной температуры с 1987 по 1991 г. хорошо согласуется с повышением повторяемости ветров южных румбов с 43,2 % до 78,0 %, а также с образованием максимума в годовом ходе этих температур в 1991 г. Резкое падение экстремальных (максимальной и минимальной) температур в 1992 и 1993 гг. скорее всего связано с резким понижением повторяемости ветров южных румбов в 1992 г. и, возможно, со сравнительно высокой повторяемостью ветров северных румбов в этом же году. Превышение линии тренда в 1996 г. можно связать с сохранением высокой повторяемости ветров южных румбов и уменьшением повторяемости ветров северных направлений.

Последний десятилетний период (1997-2006 гг.) был проанализирован более детально с привлечением данных о направлении «холодных» и «теплых» ветров по 16 румбам. В этом периоде имеется два максимума (2000 и 2005 гг.) и один минимум (2002 г.). Для этих лет на рис. 3, 4 и 5 приведены гистограммы, описывающие распределение числа случаев направлений ветра. Эти гистограммы наглядно показывают, что осенью в годы максимальных значений экстремальных температур воздуха в Санкт-Петербурге имеет место явное преобладание южных и юго-западных ветров (рис. 3 и 5). В год минимальных значений экстремальных температур (2002 г.) наибольший вклад в формирование температурного режима вносят ветры с северной составляющей (рис. 4).

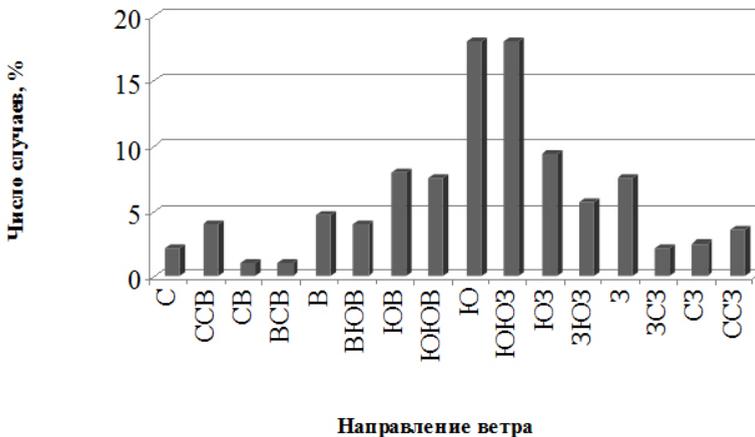


Рис. 3. Распределение повторяемости (количества случаев) направлений ветра осенью 2000 года.



Рис. 4. Распределение повторяемости (количества случаев) направлений ветра осенью 2002 года



Рис. 5. Распределение повторяемости (количества случаев) направлений ветра осенью 2005 года.

Если вновь обратиться к таблице 3, то можно прийти к аналогичным выводам. Действительно, максимум экстремальных температур в 2000 году возник при очень высокой суммарной повторяемости ветров южного и западного направлений (повторяемость 64 %) и весьма низкой повторяемости северных ветров (15 %). Второй максимум (2005 г.) возник при подобных же условиях: повторяемость ветров южного западного направлений почти 80 %.

Минимум экстремальных температур, наблюдавшийся в 2002 г., связан с высокой повторяемостью ветров северных направлений (44,7 %). Интересно, что впервые за двадцатилетний период наблюдений повторяемость ветров северной части горизонта превысила его южную часть.

В итоге можно сделать вывод, что изменение многолетнего режима максимальных и минимальных температур воздуха в Санкт-Петербурге в первую очередь определяется изменением типов и интенсивности атмосферных циркуляционных процессов. С этим связана основная (адвективная) часть изменения режима максимальных и минимальных температур.

Например, если представить, что в какой-то осенний сезон траектории западных атлантических циклонов будут проходить севернее Санкт-Петербурга, то будут преобладать «теплые» ветры южных направлений, что создаст условия для создания очередного максимума или существенного повышения значений максимальной и минимальной температуры. Если же траектории этих циклонов будут проходить южнее Санкт-Петербурга, то будут преобладать «холодные» северные, северо-западные ветры, что понизит как минимальные, так и максимальные температуры воздуха.

Литература

1. Атлас климатических характеристик температуры, плотности и давления воздуха, ветра и геопотенциала в тропосфере и нижней стратосфере Северного полушария. Вып. 1. Гидрометеиздат, 1975, 128 с.
2. Воробьев В.Н., Саруханян Э.Н., Смирнов Н.П. «Глобальное потепление»—гипотеза или реальность? / Ученые записки РГГМУ, 2010, № 1, с. 6-21.
3. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. — Л.: 1977, 711 с.
4. Карлин Л.Н., Ефимова Ю.В., Никифоров А.В. Некоторые климатические характеристики Санкт-Петербурга в эпоху глобального потепления. / Ученые записки РГГМУ, 2010, № 1, с.22-29.
5. Климат Санкт-Петербурга и его изменения. — СПб.: 2010, 256 с.
6. Оценочный доклад об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т.1. Изменение. климата. — М. 2008, 227 с
7. Руководящий документ РД.52.88.629. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. — М.2002, 42.с.
8. Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации. Изд. 2 — СПб, Гидрометеиздат, 1997, 580с.