

- [4] *Isachenko A. G.* Principy istoriko-geograficheskogo rajonirovanija (na primere Severo-Zapada Evropejskoj Rossii) // *Izv. RGO*. 2013. T. 145, vyp. 1. S. 3—20.
- [5] *Isachenko A. G.* Zapadnaja Sibir' kak objekt istoriko-geograficheskogo issledovanija i opisanija. Stat'ja II // *Izv. RGO*. 2014. T. 146, vyp. 2. S. 1—29.
- [6] *Istoricheskaja geografija Rossii*. Mater. V Mezhdunar. konf. (S.-Peterburg, 2015). Ch. I. 357 s.; Ch. II. 395 s. SPb., 2015.
- [7] *Lappo G. M.* Rasskazy o gorodah. M.: Mysl', 1976. 223 s.
- [8] *Ljubavskij M. K.* Istoricheskaja geografija Rossii v svjazi s kolonizaciej. SPb.: Lan', 2000. 302 s.

Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 5

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ СЕЗОНОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

© В. Н. МАЛИНИН*,¹ Д. А. ГУРЬЯНОВ,²**

* Российский государственный гидрометеорологический университет

** Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

e-mail: ¹ malinin@rshu.ru

² dm.gurjanov@yandex.ru

Предложен комбинированный метод определения дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 и 15 °С, представляющих собой границы климатических сезонов года. За период с 1881 по 2013 г. для Санкт-Петербурга осуществлено выделение климатических сезонов. Показано значительное сокращение зимнего периода (на 28 дней) за счет увеличения продолжительности других сезонов, которое обусловлено более ранним наступлением весны (на 16 дней) и более поздним наступлением осени (12 дней). Выполнена оценка продолжительности погодных аномалий внутри климатических сезонов (оттепелей, заморозков, жаркой погоды весной и осенью, прохладной погоды летом). Показано, что оттепели в среднем отмечаются 23 дня в течение зимы, а реже всего — заморозки весной и жаркая погода осенью (3 дня).

Ключевые слова: температура воздуха, изменения климата, Санкт-Петербург, сезоны года, тренды.

Введение. Гидрометеорологическую информацию принято усреднять по календарным периодам времени: месяц, сезон, год. Указанные периоды используются при решении конкретных задач. Но если месячный и годовой периоды осреднения относительно неплохо отражают физическую сущность многих гидрометеорологических процессов, то календарные сезоны года, как правило, не совпадают с естественными фазами развития этих процессов и не позволяют проследивать их начало, продолжительность, окончание. Тем не менее во многих исследованиях выполняется усреднение среднемесячных данных по календарным сезонам, которое, вообще говоря, не имеет под собой какого-либо физического обоснования. Понятно, что выделение реальных естественных (климатических) сезонов года возможно лишь по срочным данным. Выделение и изучение их изменчивости дают более содержательную информацию о характере гидрометеорологических процессов во времени, позволяют проследивать их продолжительность, решать актуальные практические задачи.

На наш взгляд, важнейшим параметром, определяющим смену климатических сезонов года, является температура воздуха (T). Естественно, выделение сезонов целесообразно выполнять на основе физических критериев. Обычно в качестве зимы понимается промежуток времени, в течение которого отмечается устойчивая отрицательная температура воздуха. За лето будем принимать устойчивый период времени со среднесуточной температурой выше $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]. Тогда в переходные сезоны (весна и осень) среднесуточная температура должна меняться в пределах от 0 до $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Впервые предварительные результаты оценки изменчивости климатических сезонов года в Санкт-Петербурге за период 1950—2011 гг. представлены в работе [7], они показали значительное уменьшение продолжительности зимы (на 26 дней) за счет увеличения продолжительности других сезонов года (весны на 5 дней, лета на 12 дней, осени на 9 дней). Данная работа посвящена уточнению методики выделения границ продолжительности климатических сезонов, анализу их межгодовой изменчивости за более длительный интервал времени (1881—2013 гг.) в Санкт-Петербурге и выявлению продолжительности погодных аномалий внутри климатических сезонов.

Исходные данные и методы. Исходными данными для выполнения расчетов послужили 4-срочные значения температуры воздуха за период 1881—2013 гг. на метеостанции, расположенной на Аптекарском острове Петроградской стороны Санкт-Петербурга [1]. С целью исключения внутрисуточных вариаций предварительно выполнялось усреднение данных за суточные интервалы времени. На графике (рис. 1) приводится среднеегодевое за период 1881—2013 гг. годовое ход среднесуточных температур воздуха в Санкт-Петербурге. Он представляет собой сравнительно гладкую кривую, на которой можно однозначно выделить переходы температуры через 0 и $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Переход через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит 30 марта и 18 ноября, а через $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 14 июня и 27 августа. Таким образом, среднеегодеовая продолжительность зимы составляет 133 сут, весны — 76, лета — 72, осени — 84 сут.

Кроме того, на графике (рис. 1) нанесены кривые среднеквадратического отклонения ($\pm\sigma$) T , а также ее абсолютные максимумы и минимумы для каждого дня года. Как и следовало ожидать, максимальная изменчивость T отмечается в январе—феврале, причем в отдельные дни она превышает $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Минимальная изменчивость T характерна для августа, когда T составляет примерно $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Размах колебаний ($R = X_{\max} - X_{\min}$) максимален в январе, в отдельные дни которого T достигает почти $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а минимален со второй половины августа по первую половину октября, когда T не превышает $17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Однако если рассматривать конкретные годовые интервалы времени, то выделение сезонов вызывает серьезные затруднения. Это связано с тем, что T может неоднократно переходить через 0 и $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Например, в зимний период возможно наступление длительных оттепелей, когда среднесуточная температура становится положительной, а весной, наоборот, возможен возврат заморозков. Существуют различные способы оценки даты устойчивого перехода T через заданные границы [3, 4, 6, 8, 10, 11]. Однако ни один вычислительный алгоритм не в состоянии обеспечить однозначное выделение границ сезонов. Дело в том, что многочисленные переходы температуры через 0 и $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение года формируют «бесконечное» множество вариантов отклонений температуры от этих значений, которое не поддается количественной систематизации, а следовательно, и алгоритмизации.

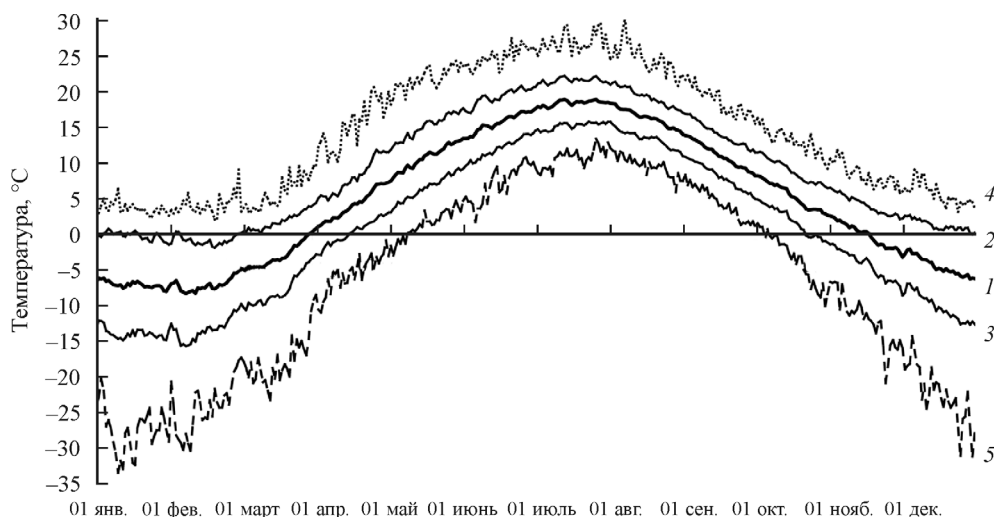


Рис. 1. Годовой ход среднесуточных значений температуры воздуха в Санкт-Петербурге, среднеквадратического отклонения ($\pm\sigma$) температуры, абсолютных максимумов и минимумов для каждого календарного дня за период 1881—2013 гг.

1 — среднее значение, 2 — $\sigma+$, 3 — $\sigma-$, 4 — максимальное значение температуры, 5 — минимальное значение температуры.

Поэтому наиболее подходящим для практических целей способом оценки границ климатических сезонов может служить комбинированный подход, состоящий из нескольких последовательных этапов. *За границу климатического сезона принимался такой устойчивый переход среднесуточной T воздуха через 0 или 15 °C, что после него отклонения T в противоположную сторону уже не являлись возвратом к предшествующему сезону.* Так, в последние десятилетия продолжительные оттепели формируются практически в течение всего зимнего сезона, но это не значит, что наступает осень. Первоначально выделение границ осуществлялось экспертным путем, суть которого состояла в следующем. Каждый автор осуществлял данную процедуру самостоятельно. При этом каждый случай перехода T через граничные значения рассматривался с учетом ее последующих и предыдущих значений, при необходимости рассчитывались суммы градусов дней мороза и тепла, принимался во внимание характер синоптических ситуаций и т. п.

После этого выполнялась сверка всех переходов, и в случае расхождений проводилось их дополнительное уточнение. В качестве критерия точности было принято условие, что даты переходов по среднемноголетней кривой должны соответствовать среднему значению переходов, вычисленных для каждого года (табл. 1). Заметим, что все даты переходов были пронумерованы от 1 до 365. Как видно из табл. 1, результаты таких переходов практически совпадают. Кроме того, была выполнена дополнительная проверка, согласно которой для каждого временного ряда переходов температуры рассчитывались линейные тренды. По уравнениям тренда несложно вычислить его значения на любой день года, которые соответствуют средним многолетним условиям за рассматриваемый период времени. Из табл. 1 следует, что вычисленные таким образом значения тренда почти в точности совпадают с аналогичными оценками переходов температуры воздуха через 0 и 15 °C, определенными другими способами.

Таблица 1

Сопоставление определенных разными способами дней среднего многолетнего перехода температуры воздуха через 0 и 15 °С для Санкт-Петербурга за период 1881—2013 гг.

Переход температуры воздуха через ...	День среднего многолетнего перехода (от начала года)		
	по данным среднемноголетней кривой	по данным осреднения переходов за каждый год	рассчитанный по линейному тренду
0 °С весной	89 (30 марта)	88.9	89.0
15 °С весной	165 (14 июня)	164.9	164.9
15 °С осенью	237 (27 августа)	237.6	237.6
0 °С осенью	321 (18 ноября)	321.4	321.4

Статистический анализ временных рядов переходов температуры и продолжительности сезонов состоял преимущественно в оценке линейного тренда. Помимо основного тренда, т. е. за весь промежуток времени, рассчитывались скользящие по 30-летиям тренды и строились скользящие трендовые кривые, длина которых на 30 значений меньше длины временного ряда.

Результаты. В результате выполненных расчетов были сформированы 4 временных ряда дат (N) перехода температуры воздуха (через 0 и 15 °С весной и осенью) и 4 временных ряда продолжительности (D) сезонов года за период времени 1881—2013 гг. Для них были рассчитаны первичные статистические характеристики (табл. 2). Максимальная межгодовая изменчивость свойственна датам перехода T через 0 °С осенью, наименьшая — переходу через 15 °С осенью. Поэтому и размах колебаний максимален для перехода T через 0 °С осенью (76 дней). Наибольшая устойчивость свойственна датам перехода T через 15 °С осенью, размах колебаний которых составляет 48 дней.

Как видно из табл. 2, продолжительность климатических сезонов очень сильно отличается от календарных сезонов, причем $D_{\text{лето}}$ почти в 2 раза меньше $D_{\text{зима}}$, которая в среднем составляет 133 дня. Именно для $D_{\text{зима}}$ свойственна наибольшая изменчивость (20 дней). Для остальных сезонов она примерно одинакова. Максимальный размах колебаний D также свойствен зиме (105 дней). Самая длинная зима была в 1941/42 г. (179 дней), самая короткая — в 2006/07 г. (74 дня), самое длинное лето — в 2013 г. (110 дней), самое короткое — в 1892 г. (20 дней). Сопоставление рассчитанных ранее оценок продолжительности сезонов по предшествующей версии переходов T за 1950—2011 гг. [7] с оценками, полученными в данной работе за этот же период, показало, что они различаются для всех сезонов. При этом наибольшее расхождение отмечается для зимы и составляет 10 дней. Это связано со сложностями однозначного определения переходов T через 0 °С осенью и весной.

Для всех временных рядов были рассчитаны основные линейные тренды ($n = 133$ года), а также скользящие тренды по 30-летиям, которые позволяют более детально выявлять структуру скорости изменений данной характеристики в течение рассматриваемого периода времени. В табл. 3 представлены характеристики основного линейного тренда для дат переходов T и продолжительности сезонов. На уровне значимости $\alpha = 0.05$ критическое зна-

Таблица 2

Оценки первичных статистических характеристик дат (N) перехода температуры воздуха через 0 и 15 °С весной и осенью и продолжительности (D) сезонов года за период времени 1881—2013 гг.

Параметр	$N_{0, \text{весна}}^*$	$N_{15, \text{весна}}$	$N_{15, \text{осень}}$	$N_{0, \text{осень}}$	$D_{\text{зима}}$	$D_{\text{весна}}$	$D_{\text{лето}}$	$D_{\text{осень}}$
Среднее	89	165	237	321	133	76	72	84
Медиана	89	164	238	320	134	76	72	83
Стандартное отклонение	12.6	12.7	10.9	14.5	19.8	15.1	17.3	16.6
Размах колебаний	72	60	48	76	105	76	90	80
Минимум	45	136	213	283	74	42	20	44
Максимум	117	196	261	359	179	118	110	124

Примечание. * $N_{0, \text{весна}}$ — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С весной, $N_{15, \text{весна}}$ — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 15 °С весной, $N_{15, \text{осень}}$ — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 15 °С осенью, $N_{0, \text{осень}}$ — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С осенью, $D_{\text{зима}}$ — продолжительность зимы, $D_{\text{весна}}$ — продолжительность весны, $D_{\text{лето}}$ — продолжительность лета, $D_{\text{осень}}$ — продолжительность осени.

чение $R_{\text{кр}}^2 = 0.03$. На этом уровне все тренды в переходах T являются значимыми. Максимальный тренд свойствен переходу T через 0 °С весной, благодаря которому весна стал наступать раньше на 16 дней. Отметим, что в монографии [4] по методике [9] рассчитан переход T через 0 °С весной и осенью за период 1891—2006 гг. В частности, показано, что переход T через 0 °С весной в Санкт-Петербурге происходит в конце периода на 22 дня раньше, чем в начале. По нашим данным, для этого периода весна в 2006 г. наступает на 14.6 дней раньше, чем в 1891 г.

Из табл. 3 также видно, что тренд отсутствует для $D_{\text{осень}}$. Остальные тренды являются значимыми. Максимальный вклад в изменчивость исходного ряда вносит тренд в $D_{\text{зима}}$ ($R^2 = 0.16$). В уменьшении $D_{\text{зима}}$ (28 дней) наибольший вклад принадлежит переходу T через 0 °С весной, который сдвигается в сторону зимы на 16.4 дня. Еще на 11.6 дней в сторону зимы сдвигается переход T через 0 °С осенью. В увеличение продолжительности лета (20 дней) наибольший вклад дает сдвиг T через 15 °С осенью (12 дней). Весной этот сдвиг составляет около 8 дней. Продолжительность весны и осени формируется из двух однонаправленных процессов: если весной переход T через 0 и 15 °С имеет одинаковый сдвиг в сторону начала года, то осенью, наоборот, в сторону конца года, причем эти сдвиги практически равны. В результате осень — это единственный сезон, продолжительность которого практически не изменилась.

На рис. 2 представлена межгодовая изменчивость продолжительности сезонов (в днях) и скользящие по 30-летиям кривые линейного тренда за период 1881—2012 гг. (рис. 2, a — $г$). Из рис. 2, a видно, что до 1940 г. величина $D_{\text{зима}}$ менялась сравнительно мало, однако затем отмечается ее резкое уменьшение вплоть до настоящего времени, которое прерывается десятилетним периодом некоторого роста в 1991/92—2001/02 гг. Наиболее мощный этап уменьшения $D_{\text{зима}}$ отмечается между 1940—1991 гг., при этом абсолютный максимальный тренд имеет место в течение 1950/51—1980/81 гг. и составля-

Таблица 3

**Характеристики линейного тренда для дат переходов температуры воздуха
через 0 и 15 °С весной и осенью и продолжительности сезонов года
за период времени 1881—2013 гг.**

Параметр	Величина тренда, дней/год ⁻¹	Начальное значение тренда, дни	Конечное значение тренда, дни	Приращение по тренду, дни	Среднее значение тренда, дни	R^2
N_0 , весна *	-0.126	97.1	80.7	-16.4	89	0.149
N_{15} , весна	-0.059	168.8	161.1	-7.7	165	0.031
N_{15} , осень	0.091	231.7	243.8	12.0	237	0.105
N_0 , осень	0.089	315.6	327.2	11.6	321	0.056
$D_{зима}$	-0.210	146.7	118.7	-28.0	133	0.165
$D_{весна}$	0.067	71.5	80.2	8.7	76	0.031
$D_{лето}$	0.150	62.4	82.2	19.8	72	0.112
$D_{осень}$	-0.002	84.2	83.7	-0.5	84	0.000

Примечание. * N_0 , весна — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С весной, N_{15} , весна — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 15 °С весной, N_{15} , осень — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 15 °С осенью, N_0 , осень — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С осенью, $D_{зима}$ — продолжительность зимы, $D_{весна}$ — продолжительность весны, $D_{лето}$ — продолжительность лета, $D_{осень}$ — продолжительность осени, R^2 — коэффициент детерминации.

ет -1.3 дней. Второй сильный очаг уменьшения $D_{зима}$ был между 1896—1955 гг. Если за весь рассматриваемый период 1881—2013 гг. величина $D_{зима}$ уменьшилась на 28 дней, то именно за 1940—1991 гг. она уменьшилась на 22 дня, причем наибольший вклад принадлежит $D_{весна}$ (16 дней) и примерно одинаковый вклад — другим сезонам ($D_{лето}$ — 4 дня, $D_{осень}$ — 2 дня). При этом уменьшение $D_{зима}$ идет исключительно за счет перехода T через 0 °С весной, который к концу рассматриваемого периода происходит раньше на 26 дней.

Межгодовая изменчивость скользящей трендовой кривой $D_{весна}$ (рис. 2, б) носит в основном случайный характер. Небольшие очаги скорости повышения и понижения $D_{весна}$ следуют друг за другом. На этом фоне выделяется лишь интенсивный очаг с положительными трендами в течение 1945—1996 гг., который в основном и обеспечил рост $D_{весна}$.

Несмотря на общий случайный характер межгодовой изменчивости скользящей трендовой кривой $D_{лето}$ (рис. 2, в), можно отметить две закономерности. Это четко выраженный положительный тренд и наличие длительного интенсивного очага роста $D_{лето}$ в течение 1896—1956 гг., благодаря которым и отмечается значительный рост $D_{лето}$ за рассматриваемый промежуток времени. Что касается трендовой кривой в $D_{осень}$ (рис. 2, г), то отмечается чередование положительных и отрицательных очагов локальных трендов. Поэтому основной тренд в $D_{осень}$ оказывается близким к нулю.

Представляет интерес оценка степени сопряженности колебаний продолжительности сезонов между собой и с другими характеристиками температуры. $D_{зима}$ имеет значимую отрицательную корреляцию с $D_{осень}$ ($r = -0.55$), при этом связь с другими сезонами года отсутствует (табл. 4). Четко выраженная связь прослеживается между колебаниями $D_{зима}$ и ее началом: чем раньше заканчивается осень, тем длиннее зима ($r = -0.77$). В то же время связь $D_{зима}$ с

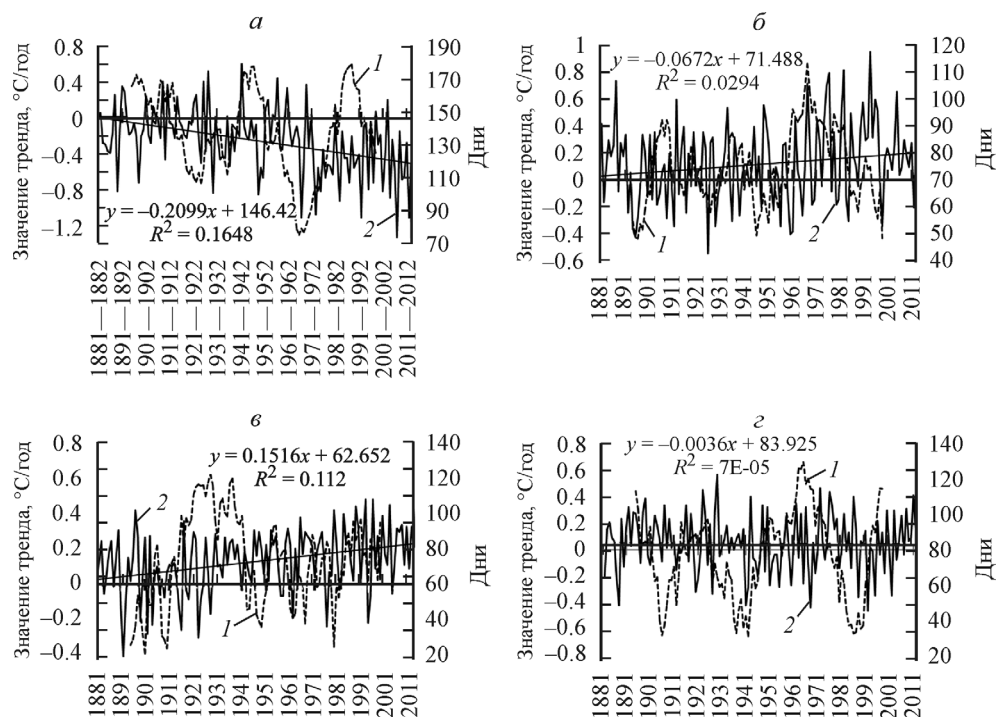


Рис. 2. Межгодовая изменчивость продолжительности зимы (а), весны (б), лета (в), осени (г) в днях и скользящая по 30-летиям кривая линейного тренда за период 1881—2012 гг.

1 — скользящая по 30-летиям кривая линейного тренда, 2 — продолжительность сезона года.

ее окончанием отсутствует. $D_{\text{лето}}$ не только очень четко реагирует на окончание весны ($r = -0.78$), но также зависит от наступления осени ($r = 0.68$) и даже от окончания зимы ($r = -0.41$). Межгодовая изменчивость продолжительности переходных сезонов (весны и осени), как и следовало ожидать, имеет высокую корреляцию с их началом и концом. Что касается колебаний переходов температуры воздуха через 0 и 15 °C весной и осенью, то эти характеристики практически не связаны между собой. Наиболее высокая корреляция отмечается между $N_{0, \text{весна}}$ и $N_{15, \text{осень}}$ ($r = -0.32$), т. е. существует какая-то вероятность более позднего наступления осени при более раннем наступлении весны.

Естественно, во время каждого сезона неоднократно отмечались ситуации, когда температура становилась меньше (больше) относительно заданного критерия. Например, зимой, особенно в последние десятилетия, довольно часто имели место оттепели ($T > 0$ °C), весной и осенью наблюдались заморозки ($T < 0$ °C) и жаркая погода ($T > 15$ °C), а летом — прохладная погода ($T < 15$ °C). Для каждого календарного года рассчитывались D указанных аномальных периодов. При этом дни с 0 и 15 °C учитывались только в том случае, если они входили внутрь этих периодов. Продолжительность оттепелей оценивалась отдельно для начала и конца года, а также для зимы в целом. В табл. 5 приводятся первичные статистические характеристики D аномальных периодов погоды за период 1881—2013 гг. Как и следовало ожидать, максимальная продолжительность свойственна оттепелям зимой (23 дня). На

Таблица 4

Оценки выборочных коэффициентов корреляции дат (N) перехода температуры воздуха через 0 и 15 °С весной и осенью и продолжительности (D) сезонов года за период времени 1881—2013 гг. (значимые коэффициенты корреляции на уровне $\alpha = 0.05$ соответствуют $|r_{кр}| > 0.17$)

	N_0 , весна	N_{15} , весна	N_{15} , осень	N_0 , осень	$D_{зима}$	$D_{весна}$	$D_{лето}$
N_0 , весна	1						
N_{15} , весна	0.288	1					
N_{15} , осень	-0.317	-0.069	1				
N_0 , осень	-0.001	0.088	0.171	1			
$D_{зима}$	0.157	0.017	-0.197	-0.770	1		
$D_{весна}$	-0.589	0.604	0.206	0.076	-0.118	1	
$D_{лето}$	-0.411	-0.777	0.681	0.042	-0.139	-0.313	1
$D_{осень}$	0.207	0.123	-0.506	0.762	-0.547	-0.068	-0.409

Примечание. N_0 , весна — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С весной, N_{15} , весна — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 15 °С весной, N_{15} , осень — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 15 °С осенью, N_0 , осень — день перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С осенью, $D_{зима}$ — продолжительность зимы, $D_{весна}$ — продолжительность весны, $D_{лето}$ — продолжительность лета, $D_{осень}$ — продолжительность осени.

втором месте продолжительность прохладной погоды летом (11 дней). Реже всего отмечаются заморозки весной и жаркая погода осенью (3 дня). Наибольшая межгодовая изменчивость также характерна для зимних оттепелей, а наименьшая — для весенних заморозков и жаркой погоды осенью.

Расчет линейных трендов для указанных параметров показал, что хотя они и отличаются от нуля, но тем не менее являются незначимыми. Так, продолжительность оттепелей в начале зимы возросла на 6 дней, а в конце зимы уменьшилась на 2 дня, т. е. за 133 года она повысилась на 4 дня. Для других параметров изменения в продолжительности еще меньше.

Для всех климатических сезонов были также рассчитаны временные ряды средних за каждый год значений суточной температуры воздуха и затем вычислены линейные тренды, которые оказались незначимыми, причем для весны и осени они отрицательные. Это означает, что средняя в каждом сезоне T

Таблица 5

Оценки первичных статистических характеристик суммарной продолжительности зимой оттепелей ($T > 0$ °С), весной и осенью заморозков ($T < 0$ °С) и жаркой погоды ($T > 15$ °С), летом — прохладной погоды ($T < 15$ °С) за период 1881—2013 гг. в днях

Параметр	$T > 0$ °С		$T < 0$ °С		$T > 15$ °С		$T < 15$ °С	$T > 0$ °С
	Начало года	Конец года	Весна	Осень	Весна	Осень	Лето	Зима
Среднее	13.4	9.9	3.2	4.9	7.0	3.2	11.1	23.3
Медиана	12	9	2	4	6	3	10	20
Стандартное отклонение	9.3	7.1	3.3	4.5	5.1	3.3	7.3	11.7
Размах колебаний	45	28	15	24	29	16	46	70

почти не изменилась к концу рассматриваемого периода и практически не влияет на рост средней годовой температуры воздуха, который за 1881—2013 гг. составил 2,4 °С.

Заключение. Осуществлено выделение границ климатических сезонов года за период 1881—2013 гг.; за границу сезона принимался такой устойчивый переход среднесуточной T воздуха через 0 или 15 °С, что после него отклонения T в противоположную сторону уже не являлись возвратом к предшествующему сезону. Для их выделения предложен комбинированный подход. Вначале экспертным путем определялись устойчивые переходы температуры воздуха через 0 и 15 °С и рассчитывались их средние многолетние значения. Проверка их точности выполнялась путем сравнения с датами переходов по среднемноголетней кривой температуры и построением линейных трендов для каждого временного ряда переходов температуры. При совпадении дат переходов можно считать, что границы климатических сезонов определены верно. Показано, что среднеклиматическая весна в Петербурге начинается 30 марта, лето — 14 июня, осень — 25 августа, зима — 17 ноября. Соответственно продолжительность среднеклиматической зимы составляет 133 дня, весны — 76 дней, лета — 72 дня, осени — 84 дня.

Установлено значительное сокращение зимнего периода (на 28 дней) за счет увеличения продолжительности других сезонов, которое обусловлено более ранним наступлением весны (на 16 дней) и более поздним наступлением осени (12 дней). При этом лето увеличилось почти на 20 дней, весна — более чем на 8 дней, а продолжительность осени почти не изменилась. Наиболее интенсивно продолжительность зимы уменьшалась между 1940 и 1991 гг., при этом абсолютный максимальный тренд отмечался в течение 1950/51—1980/81 гг. и составлял –1,3 дня. Показано, что зимние оттепели в среднем продолжаются 23 дня. Реже всего отмечаются заморозки весной и жаркая погода осенью (3 дня).

Итак, рост средней годовой температуры воздуха в Санкт-Петербурге за 1881—2013 гг. (2,38 °С) обусловлен прежде всего уменьшением продолжительности зимы и соответственно увеличением продолжительности лета и весны, причем средняя в каждом сезоне T практически не влияет на рост средней годовой температуры воздуха.

Список литературы

- [1] Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). Режим доступа: <http://www.meteo.ru/it/178-aisori>
- [2] Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.
- [3] Карлин Л. Н., Ефимова Ю. В., Никифоров А. В. Некоторые климатические характеристики Санкт-Петербурга в эпоху глобального потепления // Уч. зап. Российского государственного гидрометеорологического университета. 2005. Вып. 1. С. 22—29.
- [4] Климат Санкт-Петербурга и его изменения / Под ред. В. П. Мелешко. СПб.: Главная геофизическая обсерватория, 2010. 254 с.
- [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. 59 с.

- [6] *Малинин В. Н., Гурьянов Д. А.* Структурные особенности формирования межгодовой изменчивости температуры воздуха в северо-западном районе России // *Общество. Среда. Развитие.* 2013. Вып. 2. С. 227—232.
- [7] *Малинин В. Н., Гурьянов Д. А.* К оценке продолжительности сезонов года в Санкт-Петербурге // *Общество. Среда. Развитие.* 2013. Вып. 3. С. 252—256.
- [8] *Мирвис В. М., Гусева А. П., Мещерская А. В.* Тенденции изменения временных границ теплого и вегетационного сезонов на территории бывшего СССР за длительный период // *Метеорология и гидрология.* 1996. Вып. 9. С. 106—116.
- [9] *Мирвис В. М., Гусева И. П.* Изменения в режиме оттепелей на территории России // *Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова.* 2007. Вып. 556. С. 101—116.
- [10] *Садоков В. П., Козельцева В. Ф., Кузнецова Н. Н.* Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5 °С, их прогноз и оценка // *Труды Гидрометцентра России.* 2012. Вып. 348. С. 162—172.
- [11] *Хайруллин К. Ш.* Оттепели на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 88 с.

Поступило в редакцию
16 марта 2015 г.

The interannual variability of climatic seasons in St. Petersburg

© *V. N. Malinin**,¹ *D. A. Gurjanov***,²

* Russian State Hydrometeorological University

** Herzen State Pedagogical University

E-mail: ¹ malinin@rshu.ru

² dm.gurjanov@yandex.ru

We propose a combined method of determining the dates of stable transition of the average daily air temperature at 0 and 15 °C, which are the boundaries of the climatic seasons. During the period from 1881 to 2013 years the selection of climatic seasons was carried out for St. Petersburg. The significant reduction was shown in the winter period (28 days) due to increase in the length of the other seasons, which is due to the earlier onset of spring (16 days) and the later onset of autumn (12 days). The estimation of the duration of weather anomalies within the climatic seasons (thaw, frost, hot weather in spring and autumn, cool weather in summer) was made. It is shown that the thaw in average is observed for 23 days during the winter, and the rarest are freeze in the spring and hot weather in autumn (3 days).

Key words: air temperature, climate change, St. Petersburg, seasons, trends.

References

- [1] Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut gidrometeorologicheskoy informacii — mirovoj centr dannyh (VNIIGMI-MCD). Rezhim dostupa: <http://www.meteo-ru/it/178-aisori>.
- [2] *Isachenko A. G.* Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rayonirovanie. M.: Vysshaja shkola, 1991. 365 s.
- [3] *Karlin L. N., Efimova Ju. V., Nikiforov A. V.* Nekotorye klimaticheskie harakteristiki Sankt-Peterburga v jepohu global'nogo poteplenija // *Uchjonye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo univerasiteta.* 2005. Vyp. 1. S. 22—29.

- [4] *Klimat Sankt-Peterburga I ego ismenenija* / Pod red. V. P. Meleshko. SPb.: Glavnaja geofizicheskaja observatorija, 2010. 254 s.
- [5] *Kozel'ceva V. F., Ped' D. A. Dannye o vesennih datah ustojchivogo perehoda srednej sutochnoj temperatury vozduha cherez 0 °S, +4 °S stancijam zapadnoj chasti territorii SSSR*. Obninsk: VNIIGMI-MCD, 1987. 59 s.
- [6] *Malinin V. N., Gur'janov D. A. Strukturnye osobennosti formirovanija mezhgodovoj izmenchivosti temperatury vozduha v severo-zapadnom rajone Rossii* // *Obshhestvo. Sreda. Razvitie*. 2013. Vyp. 2. S. 227—232.
- [7] *Malinin V. N., Gur'janov D. A. K ocenke prodolzhitel'nosti sezonov goda v Sankt-Peterburge* // *Obshhestvo. Sreda. Razvitie*. 2013. Vyp. 3. S. 252—256.
- [8] *Mirvis V. M., Guseva A. P., Meshherskaja A. V. Tendencii izmenenija vremennyh gra-nic teplogo I vegetacionnogo sezonov na territorii byvshego SSSR za dlitel'nyj period* // *Meteorologija I gidrologija*. 1996. Vyp. 9. S. 106—116.
- [9] *Mirvis V. M., Guseva I. P. Izmenenija v rezhime ottepelej na territorii Rossii* // *Trudy Glavnoj geofizicheskoy observatorii im. A. I. Voejkova*. 2007. Vyp. 556. S. 101—116.
- [10] *Sadokov V. P., Kozel'ceva V. F., Kuznecova N. N. Opredelenie vesennih dat ustojchivogo perehoda srednej sutochnoj temperatury vozduha cherez 0, +5 °C, in prognoz i ocenka* // *Trudy Gidrometcentral Rossii*. 2012. Vyp. 348. S. 162—172.
- [11] *Hajrullin K. Sh. Otpepli na territorii SSSR*. L.: Gidrometeoizdat, 1969. 88 s.

Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 5

ЭВОЛЮЦИЯ И ДИНАМИКА ВЕРХНЕЙ И СРЕДНЕЙ ВЫЧЕГДЫ В ГОЛОЦЕНЕ

© **А. В. ЧЕРНОВ***,¹ **Н. Е. ЗАРЕЦКАЯ****,² **А. В. ПАНИН***,³

* Географический факультет Московского государственного университета
им. М. В. Ломоносова

** Геологический институт Российской академии наук
E-mail: ¹ Alexey.chernov@inbox.ru

² n_zaretskaya@inbox.ru

³ a.v.panin@yandex.ru

Раскрывается история развития долины р. Вычегды в верхнем и среднем течении в позднеледниковые и голоцены. Основными методами исследования были палеорусловый анализ и радиоуглеродное датирование. Палеорусловый анализ заключается в восстановлении положений русла р. Вычегды по рисунку пойменных грив и стариц на разных участках поймы — пойменных генерациях, а датируются эти участки с помощью радиоуглеродного анализа.

На протяжении поймы верхней и средней Вычегды длиной 240 км выделено шесть разновозрастных пойменных генераций. По рисунку грив и стариц на каждой из них были восстановлены положения русла р. Вычегды во время их формирования. Выяснилось, что на протяжении позднеледниковья и голоцена происходили колебательные изменения условий формирования русла и поймы — количества осадков и водности реки в половодья.

Детально эти колебания прослеживаются начиная с раннеатлантического времени, когда формировалась пойма нынешней 6-й генерации. В это время водность реки во время половодий и коэффициент стока были больше современного — в русле формировались крупные пологие излучины. Во время атлантического оптимума коэффициент стока раз и навсегда снизился из-за таяния многолетней мерзлоты; одновременно снизилось и количество осадков, в русле на уровне 5-й пойменной генерации стали формироваться крутые излучины с небольшим шагом. Следующее увеличение водности реки во время половодий произошло в середине суббореального периода: тогда