

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТА ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 120 ЛЕТ

© В. Д. БОЙЦОВ

ФБГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии», Новгородский филиал, Великий Новгород  
E-mail: vboitsovd@mail.ru

В динамике годовой температуры воздуха Великого Новгорода за 120 лет выявлены умеренно-холодная (1899—1970 г.) и теплая (1988—2018 г.) климатические фазы. Средняя скорость повышения температуры воздуха в период современного потепления составила  $0.47^{\circ}\text{C}/10$  лет. Максимальный рост температуры наблюдался весной и осенью. Установлено, что этот процесс в остальных субъектах Северо-Западного федерального округа РФ также начался в конце 1980-х гг. Самая высокая средняя положительная аномалия температуры воздуха в 1988—2018 г. наблюдалась в Великом Новгороде и Нарьян-Маре ( $1.3^{\circ}\text{C}$ ), а самая низкая — в Вологде ( $0.9^{\circ}\text{C}$ ). Показано, что начало современного потепления климата на северо-западе Европейской России совпало с ослаблением меридионального типа атмосферной циркуляции и усилением западного переноса теплых воздушных масс с акватории Северной Атлантики.

Ключевые слова: Великий Новгород, температура воздуха, климат, потепление, тренд.

**Введение.** Потепление климата на нашей планете, которое наблюдается в последние несколько десятилетий, привлекло внимание не только ученых, изучающих его причины и возможности адаптации к этому процессу, но и широких слоев населения в связи с озабоченностью возможным негативным влиянием на природу и социально-экономические условия.

Несмотря на то что текущее потепление отмечается на всех континентах, его интенсивность не одинакова. Так, по данным Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, среднегодовая температура воздуха на территории Российской Федерации в 1976—2017 гг. увеличивалась быстрее средней планетарной более чем в 2.5 раза. При этом наибольшая скорость ее роста наблюдалась в северной полярной области («Арктическое усиление» потепления). На остальной территории страны также наблюдалась пространственная и сезонная неоднородность динамики климата [6]. Из этого следует, что существуют региональные различия параметров интенсивности потепления, исследования которых для отдельных территорий страны являются актуальной научной и практической задачей.

Для оценки текущего состояния климата и его многолетней динамики наиболее часто используются данные по температуре воздуха, которая оказывает существенное влияние на все геосферы планеты как один из наиболее важных внешних факторов. Кроме того, ряды инструментальных наблюдений температуры воздуха являются наиболее продолжительными.

Новгородская область, расположенная на северо-западе Европейской России, имеет умеренно-континентальный климат. Он определяется в основном количеством поступающей солнечной радиации на поверхность, преобладанием западного переноса воздушных масс атлантического происхождения, периодическим вторжением холодного арктического воздуха и повышенной циклонической активностью по сравнению с более южными районами России. Заметное влияние на климат оказывает близость Балтийского моря.

Наиболее подробные сведения об индикаторах климата Новгородской области и ее областного центра были опубликованы в 1980-х гг. [1, 7, 8]. В этих из-

даниях не представлен анализ многолетних колебаний метеорологических параметров. Только в работе [10] анализируются межгодовые изменения температуры воздуха В. Новгорода в холодный и теплый сезоны по данным до 2000 г.

Цель настоящего исследования — выявить продолжительные периоды потепления и похолодания климата В. Новгорода по данным наиболее длительной на момент подготовки статьи выборки за период 1899—2018 г., оценить уровень аномальности климатических фаз, сравнить скорость увеличения температуры воздуха, которая наблюдалась в последние десятилетия в областном центре и в других регионах страны.

**Исходные данные и методы.** Для достижения поставленной цели использовались среднемесячные и среднегодовые значения температуры воздуха В. Новгорода за 1899—2018 гг., данные о которых размещены на сайте [11]. Пропуски значений параметра за отдельные месяцы 1904—1905, 1918—1919 и 1942—1944 гг. нами были восстановлены по уравнениям регрессии между температурами воздуха В. Новгорода и Санкт-Петербурга, имеющими высокий уровень стохастической положительной связи ( $r = 0.91—0.98$ ). Эти данные дополнены матрицами температуры воздуха на метеорологических станциях центров субъектов Северо-Западного федерального округа РФ с 1945 по 2018 г. [5]. Для оценки изменения климата использовались нормы температуры воздуха, рассчитанные за период 1961—1990 гг.

Для выделения климатических фаз был использован метод преобразования исходных значений температуры воздуха в выборку, представляющую собой последовательную сумму ее аномалий. В графическом виде данные этого формата позволяют установить наличие или отсутствие продолжительных восходящих и нисходящих участков кривой, которые появляются, когда в течение достаточно длительного времени доминируют аномалии одного знака.

В работе также анализировались средние за декабрь—февраль индексы Северо-Атлантического колебания (САК) за период 1899—2018 гг. [12], которые используются в качестве характеристики крупномасштабной перестройки основных термодинамических полей в атмосфере Северного полушария.

Выделение линейного тренда и нелинейных компонент, расчеты коэффициентов корреляции и уравнений регрессии, статистических характеристик выборок проводились с помощью MS Excel 2007. Спектральный анализ временных рядов был выполнен с помощью программного комплекса «AutoSigs-nals» [13].

**Результаты и обсуждение.** В межгодовых колебаниях годовой температуры воздуха В. Новгорода в 1899—2018 гг. хорошо выражен линейный положительный тренд, который вносит около 26 % в ее изменчивость (рис. 1, а). Его наличие определяется тем, что в многолетней изменчивости температуры можно выделить две основные климатические фазы: умеренно-холодную (1899—1970 гг.) и теплую (1988—2018 гг.). Их разделил 17-летний (1971—1987 гг.) переходный период (рис. 1, б). Кроме тренда, в колебаниях температуры присутствует долгопериодная нелинейная компонента, которая была аппроксимирована полиномом 4-ой степени, период и устойчивость которой по данным 120-летнего ряда оценить нельзя.

В колебаниях температуры воздуха В. Новгорода при похолодании 1899—1970 гг. тренд отсутствует. В этот период лишь в течение 19 лет она превышала норму, что составляет 26 % от выборки в 72 года. Расчеты средних декадных аномалий температуры воздуха относительно нормы показали, что только в 1930-е гг. тепловой фон превысил норму на  $0.34\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 2). Причиной этого

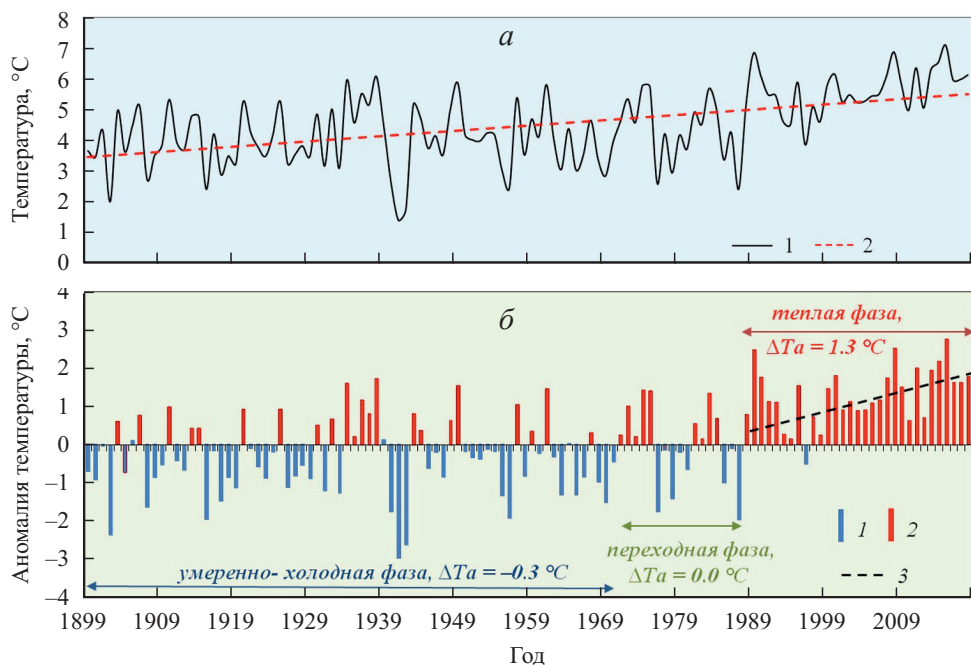


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха В. Новгорода (1) и ее линейный тренд (2) за период 1899—2018 гг. (а); отрицательные (1), положительные (2) аномалии и линейный тренд (3) для теплой климатической фазы 1988—2018 гг. (б).

$\Delta T_a$  — средняя аномалия температуры выделенной фазы.

Fig. 1. Annual mean air temperature in V. Novgorod (1) and its linear trend (2) for the period 1899—2018 (a); negative (1), positive (2) anomalies and linear trend (3) for the warm climatic phase 1988—2018 (b).

$\Delta T_a$  — average anomaly for each selected phase.

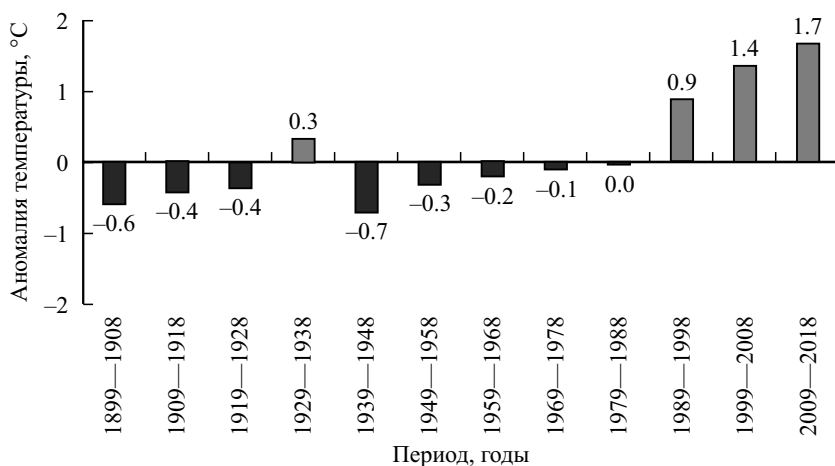


Рис. 2. Средние декадные аномалии температуры воздуха В. Новгорода за период с 1899 по 2018 г.

Fig. 2. Average decade anomalies of air temperature in V. Novgorod for the period from 1899 to 2018.

могло быть региональное проявление известного процесса потепления Арктики 1930—1940 гг., которое в районе исследований оказалось менее продолжительным и более слабым, чем в арктическом секторе. В остальные десятилетия средняя температура В. Новгорода была ниже нормы ( $-0.20 \div -0.71$  °C), как и за весь умеренно-холодный период 1899—1970 гг. ( $-0.34$  °C).

С 1971 по 1987 г. в колебаниях годовой температуры воздуха В. Новгорода через 4—5 лет отмечалась смена фаз с повышенным и пониженным тепловым фоном относительно многолетнего уровня, то есть в ее динамике наблюдалось доминирование 10-летней цикличности. Средняя аномалия лет с температурой, превышающей климатическую норму, составила  $0.79$  °C. В остальные годы этого периода температура была ниже многолетнего уровня со средним значением аномалии  $-0.90$  °C. В связи с этим средняя температура воздуха в 1971—1987 гг. оказалась около нормы (см. рис. 1, б). Это позволило нам считать данный период переходным от умеренно-холодной климатической фазы к теплой, которая наблюдается в настоящее время.

После 1987 г. в течение 31 года средняя годовая температура воздуха В. Новгорода была выше климатической нормы, и только в 1996 г. она оказалась ниже ее на  $0.63$  °C. В 1989, 2008, 2011 и 2014 гг. аномалии превышали  $2$  °C, а в 2015 г. зафиксирован максимум отклонения температуры от нормы ( $2.76$  °C) за весь период наблюдений. Средняя аномалия температуры теплой климатической фазы 1988—2018 гг. составила  $1.3$  °C, при этом в ее колебаниях присутствует восходящий тренд (см. рис. 1, б), который вносит около  $24$  % в дисперсию данных этого периода.

Поскольку наибольший интерес представляют результаты исследований современного потепления климата, нами был выполнен анализ интенсивности развития этого процесса по величине коэффициента  $b$  уравнения линейного тренда, рассчитанного с использованием данных годовой и сезонной температуры воздуха В. Новгорода с 1988 по 2018 г. Результаты представлены в табл. 1.

После 1987 г. каждые 10 лет годовая температура воздуха в В. Новгороде увеличивалась осенью на  $0.83$  °C, а весной на  $0.55$  °C. Зимой и летом ее линейные тренды также были положительными, однако они статистически не значимы. Следовательно, основной вклад в текущее потепление климата вносили переходные сезоны от зимы к лету и наоборот. Скорость увеличения годовой температуры воздуха за 1988—2018 гг. составила  $0.47$  °C за каждые 10 лет или  $1.46$  °C за 31 год.

Таблица 1

**Оценки параметров линейного тренда в колебаниях температуры воздуха в В. Новгороде в календарные сезоны и за год по данным 1987—2018 гг.**  
**Table 1. Estimates of linear trend parameters in air temperature fluctuations in V. Novgorod in calendar seasons and for the year according to 1987—2018 data**

Сезон	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Месяцы	XII—II	III—V	VI—VIII	IX—XI	I—XII
Вклад тренда в дисперсию, %	2	13	6	32	24
Угловой коэффициент тренда $b$ , °C/10 лет	<i>0.34</i>	0.55	<i>0.29</i>	0.83	0.47

Примечание. Курсивом выделены незначимые величины при 95 % уровне доверительной вероятности.

Для того чтобы оценить уровень современного потепления климата в В. Новгороде, необходимо провести сравнительный анализ параметров его проявления в других регионах. В качестве таковых были выбраны остальные девять административных центров субъектов Северо-Западного федерального округа РФ, данные температуры воздуха которых использовались с 1945 по 2018 г. Этот период был выбран потому, что в некоторых городах наблюдения за этим параметром до 1945 г. не проводились.

Анализ межгодовых колебаний температуры воздуха показал, что, как и в В. Новгороде, в остальных административных центрах Северо-Западного федерального округа устойчивое повышение уровня теплового состояния воздушных масс началось в конце 1980-х гг. Однако параметры этого процесса имели некоторые различия. На рис. 3 в качестве примера представлены графики аномалий температуры воздуха в Санкт-Петербурге, Вологде, Сыктывкаре и Калининграде.

Средняя скорость повышения температуры воздуха в 1988—2018 гг. по данным 10 административных центров Северо-Западного федерального округа составила  $0.47\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ . Выше этого значения она отмечена в северных регионах (Мурманск, Архангельск) с максимумом  $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  на северо-востоке (Нарьян-Мар). Медленнее процесс потепления климата наблюдался на западе (Псков) и на юго-западе (Калининград) округа ( $0.31\text{—}0.34\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ). По данным остальных административных центров скорость повышения температуры изменялась в диапазоне  $0.40\text{—}0.47\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  (табл. 2).

Важной характеристикой потепления 1988—2018 гг. является величина превышения средней температуры воздуха ее нормы. Самая высокая ее положительная аномалия, рассчитанная относительно средней за 1961—1990 гг., оказалась в В. Новгороде и Нарьян-Маре ( $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), а самая низкая — в Вологде ( $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), то есть пространственные различия этого показателя были незначительными (см. табл. 2).

Ранее по данным наблюдений за температурой воздуха на четырех прибрежных станциях Балтийского моря нами также был выявлен один продолжительный холодный и один теплый периоды. Современное потепление климата на побережье моря, как и в В. Новгороде, началось после 1987 г. [4]. Температура воздуха в Баренцевом море и на северо-востоке Норвежского моря также чаще всего стала превышать норму с 1988—1989 гг. [2, 3]. Следовательно, одновременное начало потепления климата в В. Новгороде и на остальной территории Северо-Западного федерального округа РФ, на побережье Балтийского моря, а также в Северо-Европейском бассейне могло быть вызвано крупномасштабными процессами. В северном полушарии погоду и климат Европы и прилегающих морских акваторий во многом определяет САК, которое регулирует интенсивность и направленность переноса тепла и влаги воздушными массами между Северной Атлантикой и Арктикой [9].

Как было показано выше, климат В. Новгорода в 1899—1970 гг. был умеренно-холодным, когда средний индекс САК в этот период имел отрицательное значение ( $-0.23$ ). Это указывает на преобладание меридионального типа атмосферной циркуляции, что привело к понижению температуры воздуха в Европе. Высокий уровень теплового состояния воздушных масс В. Новгорода в 1988—2018 гг. наблюдался при среднем положительном ( $0.62$ ) индексе САК (рис. 4). В работе [9] показано, что в результате перестройки режима взаимодействия океана и атмосферы в конце 1980-х гг. начался рост значений

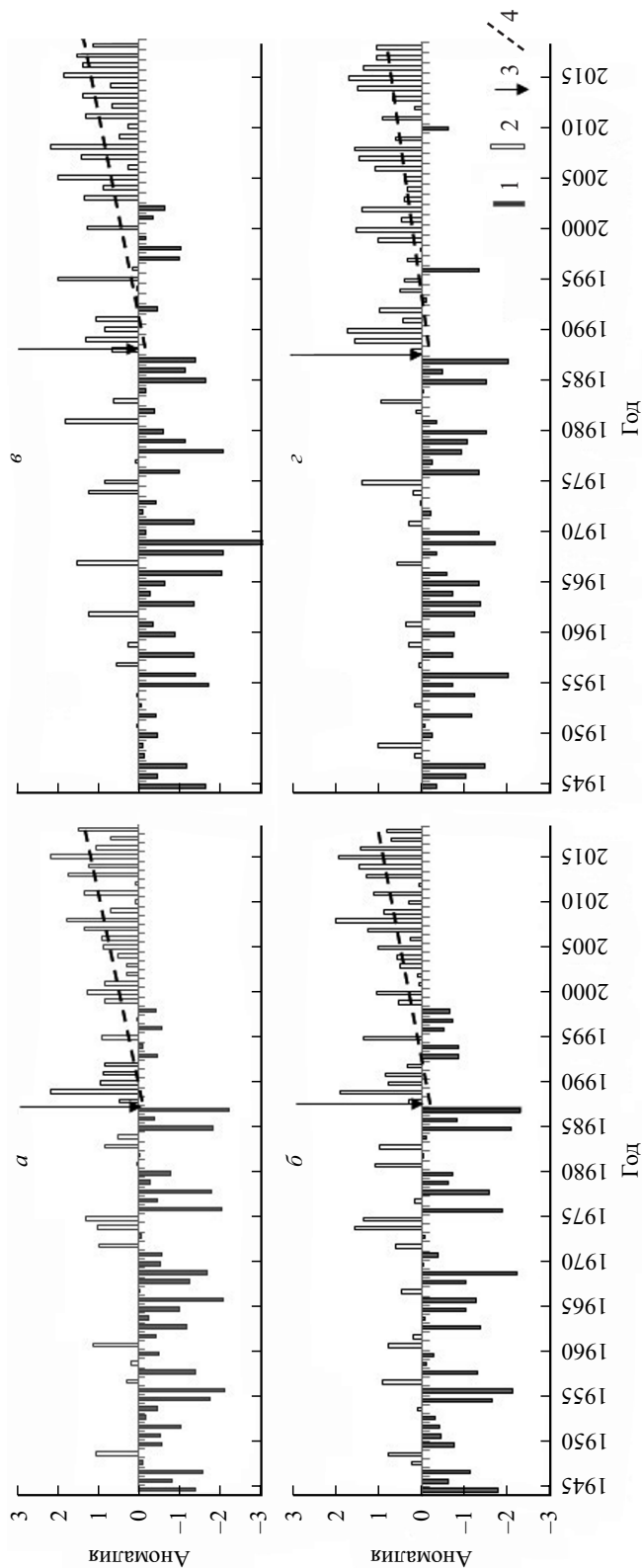


Рис. 3. Аномалии температуры воздуха в Санкт-Петербурге (а), Вологде (б), Сыктывкаре (в), Калининграде (г) в 1945—2018 гг.  
1 — отрицательные, 2 — положительные аномалии температуры, 3 — начало фазы потепления климата 1988—2018 гг., 4 — линейный тренд.

Fig. 3. Anomalies of air temperature in St. Petersburg (a), Vologda (б), Syktyvkar (в), Kaliningrad (г) in 1945—2018.

1 — negative, 2 — positive temperature anomalies, 3 — beginning of the 1988—2018 climate warming phase, 4 — linear trend.



Таблица 2

Оценки коэффициента линейного тренда  $b$ , его вклада в динамику годовой температуры воздуха в 1988—2018 г. в административных центрах субъектов Северо-Западного федерального округа РФ и средняя аномалия годовой температуры воздуха

Table 2. Assessments on of linear trend coefficient  $b$  and its contribution to dynamics of the annual air temperature in 1988—2018 in administrative centers of subjects of the North-Western federal district of Russia and average anomaly of annual air temperature

Показатель	Административный центр субъекта Северо-Западного федерального округа РФ										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Коэффициент тренда $b$ , °C/10 лет	0.47	0.40	0.52	0.54	0.47	0.70	0.44	0.46	0.34	0.31	0.47
Вклад тренда в дисперсию, %	24	18	24	26	22	18	19	22	13	12	20
Средняя аномалия температуры воздуха, °C	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.1	0.9	1.2	1.1	1.1

Примечание. цифрами в столбцах обозначены: 1 — В. Новгород, 2 — Санкт Петербург, 3 — Мурманск, 4 — Архангельск, 5 — Петрозаводск, 6 — Нарьян-Мар, 7 — Сыктывкар, 8 — Вологда, 9 — Псков, 10 — Калининград.

индекса САК, что вызвало усиление потока воздушных масс с запада и потепление климата в Атлантико-Европейском регионе. В Великом Новгороде эти две разные по знаку климатические фазы разделил временной диапазон 1971—1987 гг. со средним значением индекса САК близким к нулю (0.02), так же как и значение аномалии температуры воздуха в городе ( $-0.01$  °C). Для всего рассматриваемого нами 120-летнего периода между температурой воздуха В. Новгорода и индексами САК, величины которых были сглажены методом последовательного суммирования аномалий, существует достаточно высокий положительный коэффициент корреляции ( $r = 0.77$ ).

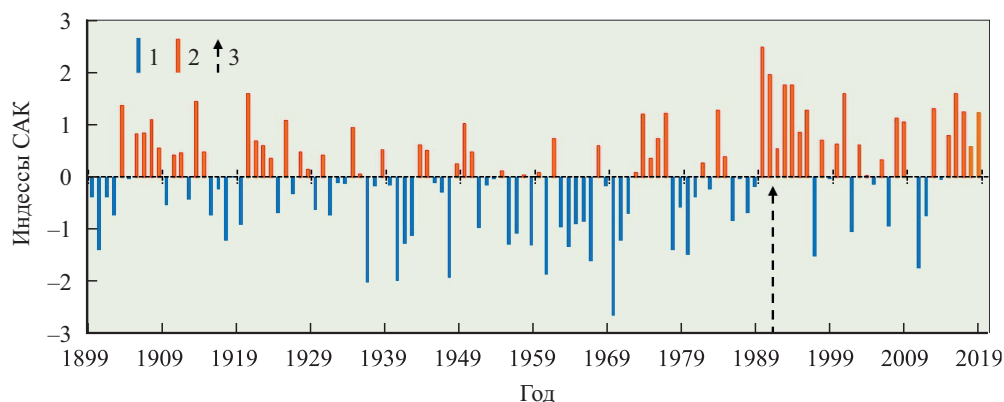


Рис. 4. Средние за декабрь-февраль положительные (1) и отрицательные (2) индексы САК в 1899—2018 гг. и начало доминирования его положительных значений в 1988—2018 гг. (3).

Fig. 4. The average NOA indices in 1899—2018 for December-February: positive (1), negative (2); the beginning of NOA indice positive values dominance in 1988—2018 (3).

Таблица 3

**Коэффициенты линейного тренда  $b$  ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) в колебаниях температуры воздуха В. Новгорода, их средние значения для Северо-Западного федерального округа и европейской части России за 1976—2017 гг. по сезонам и за год**

**Table 3. Linear trend coefficients  $b$  ( $^{\circ}\text{C}/10$  years) in air temperature fluctuations in V. Novgorod, their average values for the North-Western federal district and European part of Russia for 1976—2017 by season and year**

Город, регион	Календарный сезон				Год
	Зима	Весна	Лето	Осень	
В. Новгород	0.91	0.54	0.50	0.43	0.60
Северо-Западный федеральный округ РФ	0.71	0.47	0.43	0.52	0.55
Европейская часть России	0.54	0.46	0.52	0.52	0.53

Нами также был выполнен сравнительный анализ оценок интенсивности потепления климата В. Новгорода на территории Северо-Западного федерального округа и европейской части России за период с 1976 по 2017 г. Данные средней скорости роста годовой температуры воздуха для крупных территорий страны приведены в издании Росгидромета [6]. Считается, что глобальное потепление на планете стало проявляться с 1976 г. Однако начало климатического сдвига в пределах локальных территорий может не совпадать с таковым в масштабах всей планеты, поскольку на изменения теплового состояния воздушных масс оказывают влияние не только процессы планетарного масштаба, но и региональные особенности циркуляции атмосферы.

Скорость увеличения температуры приземного воздуха В. Новгорода в 1976—2017 гг. во все сезоны и в среднем за год была выше, чем на территории Северо-Западного федерального округа и европейской части России, за исключением осени. Наиболее существенные различия имели место зимой, тогда как в теплую часть года (весна и лето) они оказались незначительными, так же как и в целом за год (табл. 3).

Поскольку в настоящей статье для исследования особенностей многолетних колебаний климата В. Новгорода анализировались наиболее продолжительные данные наблюдений за температурой воздуха на метеорологической станции областного центра, важно было определить, являются ли полученные результаты репрезентативными и для Новгородской области в целом. Поскольку на ее территории только в Старой Руссе с 1945 г. проводились регулярные наблюдения за температурой воздуха, был выполнен поиск метеостанций за пределами области, расположенных недалеко от ее административных границ.

На севере Новгородской области ближайшая метеостанция, где также имеются данные наблюдений с 1945 г., находится в г. Тихвин Ленинградской области, на востоке – в г. Бологое Тверской области, на юге – в г. Великие Луки Псковской области. Все эти населенные пункты расположены в 25—35 км от административной границы Новгородской области. В. Новгород ближе всего расположен к ее западной границе.

Спектральный анализ данных температуры воздуха за 1945—2018 гг. показал наличие в межгодовой изменчивости всех выборок восходящего линейного тренда и близкой частотной структуры ее колебаний. Это и определило высокий уровень статистической связи между этим параметром В. Новгорода и



остальными выборками. Коэффициенты корреляции составили  $r = 0.90—0.99$  при небольшой разности их дисперсий ( $0.15—0.30$ ). Это позволило нам считать, что результаты исследований многолетней изменчивости температуры воздуха по данным наблюдений в В. Новгороде репрезентативны для Новгородской области в целом.

**Заключение.** В многолетней динамике климата В. Новгорода в 1899—2018 гг. выделены две климатические фазы: умеренно холодная с 1899 по 1970 г. (средняя аномалия температуры воздуха  $-0.34$  °C относительно нормы 1961—1990 гг.) и теплая, которая началась с 1988 г. и продолжается уже 31 год (средняя аномалия  $1.30$  °C).

В 1988—2018 гг. скорость повышения годовой температуры воздуха В. Новгорода составила  $0.47$  °C/10 лет. Наиболее интенсивно это происходило осенью ( $0.83$  °C/10 лет) и весной ( $0.55$  °C/10 лет).

В остальных административных центрах субъектов Северо-Западного федерального округа РФ потепление климата началось так же, как и в В. Новгороде, в конце 1980-х годов. Самая высокая средняя аномалия температуры воздуха в 1988—2018 гг. отмечена в В. Новгороде и Нарьян-Маре ( $1.3$  °C), а самая низкая — в Вологде ( $0.9$  °C).

Наибольшая средняя скорость увеличения температуры воздуха зафиксирована в административных центрах северных регионов Северо-Западного федерального округа ( $0.50—0.52$  °C/10 лет). Максимальный темп ее повышения ( $0.70$  °C/10 лет) оказался в самом холодном северо-восточном районе (Нарьян-Мар). Медленнее всего процесс потепления климата протекал на западе (Псков) и на юго-западе округа (Калининград).

Одновременное начало современного потепления климата 1988—2018 гг. на территории Северо-Западного федерального округа, побережье Балтийского моря и в Северо-Европейском бассейне, могло быть вызвано ослаблением меридионального типа атмосферной циркуляции и увеличением интенсивности переноса воздушных масс с акватории Северной Атлантики в Евразию.

Наличие близкой частотной структуры колебаний температуры воздуха В. Новгорода и на метеостанциях соседних областей, близко расположенных к границам Новгородской области, а также высокий уровень статистической связи между ними ( $r = 0.90—0.99$ ) позволили считать полученные результаты исследований репрезентативными для Новгородской области в целом.

### Список литературы

- [1] Барышева А. А. Температурный режим Новгородской области // География Новгородской области. Новгород, 1972. С. 26—55.
- [2] Бойцов В. Д. Долгопериодные колебания температуры воздуха в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне // Изв. РГО, 2008. Т. 140, вып. 2. С. 6—11.
- [3] Бойцов В. Д. Межгодовые колебания гидрометеорологических характеристик в Баренцевом море, Северной Атлантике и Северном Ледовитом океане и их сопряженность // Вопросы промысловой океанологии. М.: Изд-во ВНИРО, 2012. Вып. 9. № 2. С. 61—95.
- [4] Бойцов В. Д., Педченко А. П. Долгопериодная изменчивость температуры воздуха Балтийского моря в 1900—2016 гг. / Сб. материалов «XIX Международного экологического Форума «День Балтийского моря». СПб.: «Свое Издательство», 2018. С. 219—225.

- [5] Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т., Швеиц Н. В. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России, ВНИГМИ-МЦД. 2018. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature> (дата обращения: 12.10.2018).
- [6] Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2017 год. Москва, 2018. 69 с.
- [7] Климат Новгорода / Под ред. Ц. А. Швер, Е. В. Алтыкиса, Л. С. Евтеевой. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 168 с.
- [8] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, части 1—6, выпуск 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининская и Смоленская области. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 692 с.
- [9] Нестеров Е. С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. М.: Триада, лтд, 2013. 144 с.
- [10] Нехайчик В. П. Современная аномалия в многолетних колебаниях температуры воздуха в Великом Новгороде//География и экология регионов России: материалы Всероссийской науч. конф., 9—10 дек. 2004 г. Великий Новгород, 2005. С. 111—112.
- [11] <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/stdata/>.
- [12] <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>.
- [13] Users Guide, 2003 by SeaSolve Software Inc. AutoSignal.

## Climate variability of Veliky Novgorod over the last 120 years

© V. D. Boitsov

Novgorod branch of FBGNU «VNIRO», Veliky Novgorod  
E-mail: vboitsovd@mail.ru

Two climatic phases were revealed in dynamics of annual air temperature in Veliky Novgorod during last 120 years: moderate cold (1899—1970) and warm (1988—2018). Mean rate of air temperature increasing during the recent warming consisted 0.47 °C per 10 years. The highest growth of air temperature was observed in spring and autumn. It was established that this process in other regions of the North-Western federal district of Russian Federation also began in the late 1980s. The highest mean positive anomaly of annual air temperature in 1988—2018 was observed in Veliky Novgorod and Naryan-Mar (1.3 °C), while the lowest one — in Vologda (0.9 °C). It was shown that start of the recent climate warming in the North-Western European Russia coincided with weakening of meridional type of atmospheric circulation and intensification of western transfer of air masses from Northern Atlantic water area.

Key words: Veliky Novgorod, air temperature, climate, warming, trend.

## References

- [1] Barysheva A. A. Temperaturnyj rezhim Novgorodskoj oblasti // Geografiya Novgorodskoj oblasti. Novgorod, 1972. S. 26—55.
- [2] Bojcov V. D. Dolgoperiodnye kolebaniya temperatury vozduxa v Severnoj Atlan-tike i Severo-Evropejskom bassejne // Izv. RGO. 2008. T. 140, vyp. 2. S. 6—11.
- [3] Bojcov V. D. Mezhdogovye kolebaniya gidrometeorologicheskix xarakteristik v Barencevom more, Severnoj Atlantike i Severnom Ledovitom okeane i ix soprya-zhennost' // Voprosy promyslovoj okeanologii. M.: Izd-vo VNIRO, 2012. Vyp. 9. № 2. S. 61—95.
- [4] Bojcov V. D., Pedchenko A. P. Dolgoperiodnaya izmenchivost' temperatury vozduxa Baltijskogo morya v 1900-2016 gg. Sb. materialov «XIX Mezhdunarodnogo e'kologicheskogo Forumu «Den' Baltijskogo morya». SPb.: «Svoe Izdatel'stvo», 2018. S. 219—225.

- [5] *Bulygina O. N., Razuvaev V. N., Trofimenko L. T., Shvec N. V.* Opisanie massiva dannyx srednemesyachnoj temperatury vozduxa na stanciyax Rossii, VNIGMI—MCD. 2018. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature> (data obrashheniya: 12.10.2018).
- [6] Doklad ob osobennostyax klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2017 god. Moskva, 2018. 69 s.
- [7] *Klimat Novgoroda* / Pod red. C. A. Shver, E. V. Altykisa, L. S. Evteevoj. L.: Gidro-meteoizdat, 1985. 168 s.
- [8] Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Ser. 3, chasti 1—6, vypusk 3. Karel'skaya ASSR, Leningradskaya, Novgorodskaya, Pskovskaya, Kalininskaya i Smo-lenskaya oblasti. L.: Gidrometeoizdat, 1988. 692 s.
- [9] *Nesterov E. S.* Severoatlanticheskoe kolebanie: atmosfera i okean. M.: Triada ltd, 2013. 144 s.
- [10] *Nexajchik V. P.* Sovremennaya anomalija v mnogoletnix kolebaniyax temperatury vozduxa v Velikom Novgorode//Geografiya i e'kologiya regionov Rossii: materialy Vse-rossijskoj nauch. konf., 9—10 dek. 2004 g. Velikij Novgorod, 2005. S. 111—112.
- [11] <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/stddata/>.
- [12] <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>.
- [13] Users Guide, 2003 by SeaSolve Software Inc. AutoSignal.

Поступила в редакцию 24.09.2019 г.

После доработки 26.11.2019 г.

Принята к публикации 29.11.2019 г.