

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“  
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ  
Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ  
Том 114

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”  
FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY  
Book 2 – GEOGRAPHY  
Volume 114

---

## ХРОНОЛОГИЧНИ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРИТЕ НА ВЪЗДУХА В ГОЛЕМИТЕ ГРАДОВЕ НА БЪЛГАРИЯ ПРЕЗ ПЕРИОДА 1961–2020 Г.

СИМЕОН МАТЕВ<sup>1</sup>, НИНА НИКОЛОВА<sup>1</sup>, АННА-МАРИЯ ГЕОРГИЕВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>СУ „Св. Климент Охридски“, ГГФ,  
Катедра „Климатология, хидрология и геоморфология“  
e-mail: smatev@gea.uni-sofia.bg

<sup>2</sup>студент в бакалавърска програма География, СУ „Св. Климент Охридски“, ГГФ

*Simeon Matev, Nina Nikolova, Anna-Mariya Georgieva. CHRONOLOGICAL CHANGES IN AIR TEMPERATURES IN THE BIG CITIES OF BULGARIA DURING THE PERIOD 1961–2020,*

The present study aims to contribute to the clarification of current trends in air temperature change in big Bulgarian cities Sofia, Varna and Plovdiv. To achieve this goal, the annual and seasonal values of air temperature for the period 1961–2020 are analyzed by comparing two 30-years periods (1961–1990 and 1991–2020). Chronological changes are revealed by using temperature anomalies and trend analysis (linear regression). The results of the study show a statistically significant positive trend of annual and seasonal values with strong warming in summer. The highest annual and seasonal air temperatures are observed in the last decade of the investigated period.

*Key words:* seasonal temperature, annual temperature maximal and minimal values, trend

### УВОД

Температурата на въздуха е основен елемент на климата, който оказва влияние върху редица стопански дейности – земеделие, строителство, горско стопанство, туризъм. Хронологичните изменения на температурата на въздуха –

краткосрочните колебания и многогодишните тенденции, както и редица индекси за екстремни температури, са най-често използвани показатели при изследване на изменението на климата в регионален и глобален мащаб (Велев 2002, Н. Рачев и Димитрова 2016; Г. Рачев и Асенова 2018; Abbasnia and Toros 2018; Burić et al. 2015; Chenkova and Nikolova 2015; IPCC 2018; Ji et al. 2014; Jones et al. 2012). Изменението на климата и в частност повишаването на температурата на въздуха са сред най-значимите предизвикателства пред съвременното общество. Според IPCC (2014) изчисленията на линейния тренд на глобалната температура показват затопляне с  $0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$  за периода от 1880 до 2012 г. Десетте най-топли години за периода 1880–2020 г. са били след 2005 г., а глобалната температурна аномалия за 2020 г. е била  $0,98\text{ }^{\circ}\text{C}$ , само с  $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$  по-ниска от тази за най-топлата година за 141-годишния период (NOAA 2020).

През последните години нараства интересът към изследване на сезонните температури, като редица публикации посочват увеличаване на летните температури, особено характерно за Южна Европа, което се очаква да продължи и през XXI век (Della-Marta et al. 2007, Fischer and Schär 2010, Parey et al. 2010).

Независимо от различните пространствени мащаби, градските територии не могат да бъдат разглеждани изолирано от регионалния климат, защото урбанизираната среда изменя климатичните фактори. Поради концентрация на значителен брой население градовете са уязвими към последиците от климатичните промени като наводнения, топлинни адвекции, засушавания. От друга страна, урбанизираните територии имат огромна роля по отношение на дейностите, свързани с адаптацията към климатичните промени и намаляване на емисиите на парникови газове в атмосферата.

Въпреки актуалността на въпросите относно климата на градовете, в България изследванията на градския климат са недостатъчни, особено през последните години. Първи изследвания на климата на София са направени от колектив автори под редакцията на Киров (1959), а по-късно разширени проучвания правят Христов и Танев (1970) и Мартинов и Богачев (1978). Топлийски (1992) изяснява структурата на хронологичните колебания на средномесечните и годишните температури на въздуха в град София. Велев (2011) разглежда антропогенното влияние върху някои климатични елементи за град София и доказва наличие на остров на топлина в рамките на града, който най-осезателно влияе върху средните месечни температури. Като цяло, резултатите от изследванията на градския климат в България показват повишаване на температурата на въздуха.

Настоящото изследване има за цел да допринесе за изясняване на съвременните тенденции в изменението на температурата на въздуха в големите градове в България. За постигане на тази цел са анализирани годишните и сезонните стойности на температурата на въздуха за периода 1961–2020 г. в градовете София, Варна и Пловдив.

## ИЗСЛЕДВАНА ТЕРИТОРИЯ, ИЗПОЛЗВАНИ ДАННИ И МЕТОДИ

Анализите се базират на данни за средномесечни стойности на температурата на въздуха за станциите София, Варна и Пловдив. Изборът на станциите е определен от целта на изследването, а също така и от наличието на метеорологични данни. Станциите са разположени в територии с различни топографски и климатични условия. Станциите София и Пловдив се включват към две подобласти на Европейско-континенталната климатична област: София – Същинска Европейско-континенталната климатична подобласт, а Пловдив – Преходна Европейско-континенталната климатична подобласт. Станция Варна е в Континентално-средиземноморската климатична област (Топлийски 2006, Рачев и Николова 2008). Според класификацията на Кьопен Варна и Пловдив имат един тип климат – *умерено топъл климат* без ясно изразен сух сезон и средна температура на въздуха на най-топлия месец над 22 °С – “Cfa”, докато София е с *умерено топъл климат* без ясно изразен сух сезон и средна температура на въздуха на най-топлия месец под 22 °С, но с най-малко четири месеца, които да имат температура на въздуха над 10 °С. – “Cfb”.

Основният изследван период е 1961–2020 г., като за разкриване на измененията на температурата този период е разделен на два 30-годишни периода: 1961–1990 г. и 1991–2020 г. Анализирани са годишните и сезонните стойности на температурата. Сезонните стойности са изчислени като средна температура, както следва: зима – декември, януари и февруари; пролет – март, април и май; лято – юни, юли и август; есен – септември, октомври и ноември.

Статистическата структура на редиците от данни е изследвана чрез метода на централните моменти (средна стойност, стандартно отклонение, коефициент на асиметрия и коефициент на ексцес).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (1)$$

където:

$\sigma$  е средно квадратично (стандартно) отклонение

$x_i$  – всеки отделен член от редицата

$\bar{x}$  – средната стойност на анализираната редица данни

$n$  – броят на членовете в редицата

$$As = \frac{1}{n\sigma^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3, \quad (2)$$

където:

$As$  е коефициент на асиметрия;

$x_i$  – всеки отделен член от редицата;

$\bar{x}$  – средната стойност на анализирания редица данни;  
 $n$  – броят на членовете в редицата;  
 $\sigma$  – средното квадратично отклонение.

$$Ex = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^4}{n \sigma^4} - 3, \quad (3)$$

където:

$Ex$  е коефициент на ексцес

Хипотезата за нормалност на разпределението на данните е проверена чрез коефициентите на асиметрия и ексцес и техните грешки, изчислени по формулите:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}}, \quad (4)$$

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{24(n-2)(n-3)}{(n-2)^2(n+3)(n+5)}}, \quad (5)$$

където:

$\sigma_A$  – средна квадратична грешка на коефициента на асиметрия

$\sigma_E$  – средна квадратична грешка на коефициента на ексцес

$n$  – броят на членовете в редицата

При  $As < 3\sigma_A$  и  $Ex < 3\sigma_E$  може да се приеме хипотезата за нормалност на разпределението, т.е. средната стойност е представителна величина.

Хронологичните изменения на температурата на въздуха са анализирани чрез температурните аномалии на годишните температури и коефициентите на тренда на сезонните и годишните стойности за трите периода – 1961–2020; 1961–1990 и 1991–2020 г. Температурните аномалии на годишните температури на въздуха са изчислени като разлика от средните стойности за периодите 1961–1990 и 1991–2020 г. На базата на тези изчисления са определени периоди с положителни и с отрицателни аномалии на температурата. Използването на двата периода за изчисление на температурните аномалии цели да покаже значението на времевото усреднение на изходните данни и базовата година за сравнение при изследване на многогодишния ход на климатичните елементи.

Статистическите характеристики и коефициентите на тренда са изчислени чрез специализирания софтуер AnClim (Štěpánek 2008). Оценката на тренда е извършена на базата на линеен регресионен модел ( $y = b_0 + b_1 * x$ ) на сезонните и годишните стойности на температурата, а статистическата значимост на тренда е определена чрез T-test.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

*Статистически характеристики на редиците от сезонни температури на въздуха*

Статистическите характеристики на редиците от средни месечни и годишни стойности на температурата на въздуха (табл. 1) са изчислени за целия изследван период (1961–2020 г.) и са направени изводи относно нормалност на разпределението на данните.

Таблица 1

Table 1

Статистически характеристики на редиците от сезонни и годишни температури на въздуха за 1961–2020 г.

Statistical characteristics of time-series of seasonal and annual air temperatures for the period 1961–2020

Станция	Стандартно отклонение	Коеф. на асиметрия ( $A_s$ )	Коеф. на ексцес ( $E_x$ )
зима			
София	1,34	-0,11	-0,41
Варна	1,42	-0,10	-0,18
Пловдив	1,32	-0,19	0,05
пролет			
София	1,16	-0,08	-0,89
Варна	1,15	-0,42	-0,39
Пловдив	1,03	-0,26	-0,49
лято			
София	1,27	0,13	-0,21
Варна	1,11	0,27	-0,83
Пловдив	1,10	-0,01	-0,53
есен			
София	1,16	-0,16	0,23
Варна	1,13	0,27	0,57
Пловдив	0,93	0,07	-0,16
годишна			
София	0,77	0,39	-0,82
Варна	0,85	0,45	-0,33
Пловдив	0,67	0,40	-0,25

При 60-годишна редица от данни грешката на коефициента на асиметрия  $\sigma_A = 0,31$ , а грешката за коефициента на ексцес е  $\sigma_E = 0,08$ .

Според изчисленията за всички сезонни и годишни стойности редиците имат нормално разпределение и средната стойност е представителна величина, с изключение на есенните температури в станция Варна, където коефициентът на ексцес не отговаря на този критерий. Въпреки това, с оглед направените проверки в базата данни, с които се установи липса на нелогични

стойности за есенните температури на град Варна, смятаме, че тези данни могат да се приемат за достоверни.

### *Средни годишни и сезонни температури*

Средногодишната температура в изследваните станции е най-ниска в София и най-висока в Пловдив, като за 60-годишния период 1961–2020 г. варира от 10,4 °C до 12,6 °C (табл. 2). Тези стойности отразяват закономерностите в разпределението на температурата на въздуха, свързани с физикогеографското положение на градовете – значително по-голяма надморска височина на София и по-северно положение на Варна спрямо Пловдив, въпреки близостта на морската повърхност.

Таблица 2  
Table 2

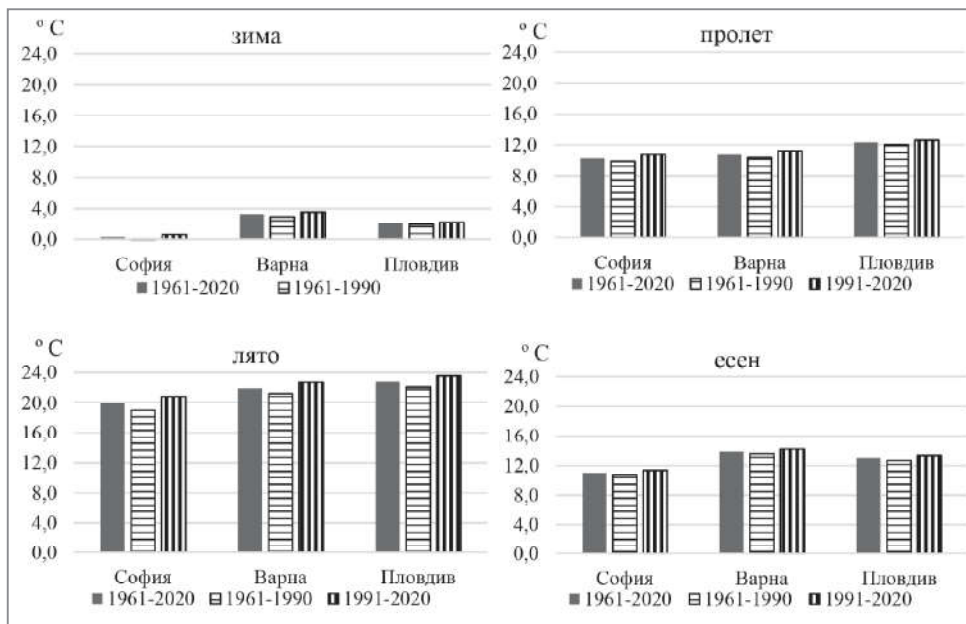
Средни годишни температури на въздуха Mean annual air temperatures			
	София	Варна	Пловдив
1961–2020	10,4	12,4	12,6
1961–1990	9,8	12,0	12,1
1991–2020	10,9	12,8	13,0
$\Delta t$	1,0	0,9	0,8

$$\Delta t = T_{1991-2020} - T_{1961-1990}$$

При сравняване на двата 30-годишни периода се наблюдава осезаемо повишение на средната годишна температура и в трите станции, като стойностите на повишение са сходни – от 0,8 °C в Пловдив до 1,0 °C в София. Тези изменения на средногодишните стойности са близки до установените от Рачев и Асенова, (2018) и Рачев и Димитрова (2016), като разликите могат да се обяснят с различните периоди на изследване. Малките разлики между отделните станции при промяната на средните годишни температури за двата различни 30 годишни периода са само 0,2 °C и най-вероятно се дължат на чисто циркулационни причини, които обикновено засягат големи територии. От друга страна, по-малката разлика за Пловдив потвърждава заключението на Велев (2002), Топлийски (2006), Рачев и Димитрова (2016), Рачев и Асенова (2018) за по-малки изменения на средните годишни температури в Южна България спрямо останалите райони на страната. Този факт се потвърждава и от анализа на средните сезонни температури. Най-малки са измененията на температурата в Пловдив, а най-големи в София, като тази зависимост е валидна за всички сезони.

През зимния сезон се наблюдават най-малките различия между температурата на въздуха в анализираниите станции за трите периода (фиг. 1). Причините

за по-малкото изменение на зимните температури са свързани с условията за температурна инверсия, които са сравнително чести в равнинната част на България, особено през студеното полугодие и успяват частично да компенсират породените от атмосферната циркулация условия за по-високи температури.



Фиг. 1. Сезонни температури на въздуха за 1961–2020; 1961–1990; 1991–2020 г.  
 Fig. 1. Seasonal air temperatures for 1961–2020; 1961–1990; 1991–2020

Със стойности от порядъка на 0,6 °C до 0,9 °C са настъпилите промени в температурата за отделните периоди през пролетта и есента. Чувствително по-големи са измененията през летния сезон, когато средната температура се е повишила с 1,5 °C в Пловдив и Варна и с 1,8 °C в София. Подобни изменения се наблюдават и в изброените по-горе научни разработки за България. Значителното изменение на средните температури през летния сезон за умерените и полярните ширини се потвърждава и от IPCC (2018). Според Della-Marta et al. (2007) и Fischer and Schär (2010) една от причините за голямата промяна на средните температури през лятото, в сравнение с предходни периоди, са зачестилите топли вълни и увеличената тяхна продължителност.

## *Тренд на сезонните температури на въздуха*

Резултатите от изследването на средните сезонни температури се потвърждават и от анализа на коефициентите на тренда, които показват величината на многогодишните изменения. За целия период, както и за периода 1991–2020 г. трендът е положителен за всички станции през всички сезони. За периода 1961–2020 г. и в трите града температурите се повишават с приблизително еднакъв статистически значим тренд, вариращ от 0,2 °C до 0,5 °C на десетилетие (табл. 3), като по-високите стойности на тренда се установяват за лятото.

Таблица 3

Table 3

Тренд на сезонните температури на въздуха, °C/10 год.  
Trend of seasonal air temperatures, °C/10 yr.

Станция	Зима	Пролет	Лято	Есен
		1961–2020		
София	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>
Варна	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>
Пловдив	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
		1961–1990		
София	0,5	0,3	0,3	-0,4
Варна	0,2	-0,1	-0,2	<b>-0,6</b>
Пловдив	0,3	0,1	0,4	-0,2
		1991–2020		
София	0,5	<b>0,7</b>	0,3	<b>0,6</b>
Варна	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>
Пловдив	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	0,2	<b>0,4</b>

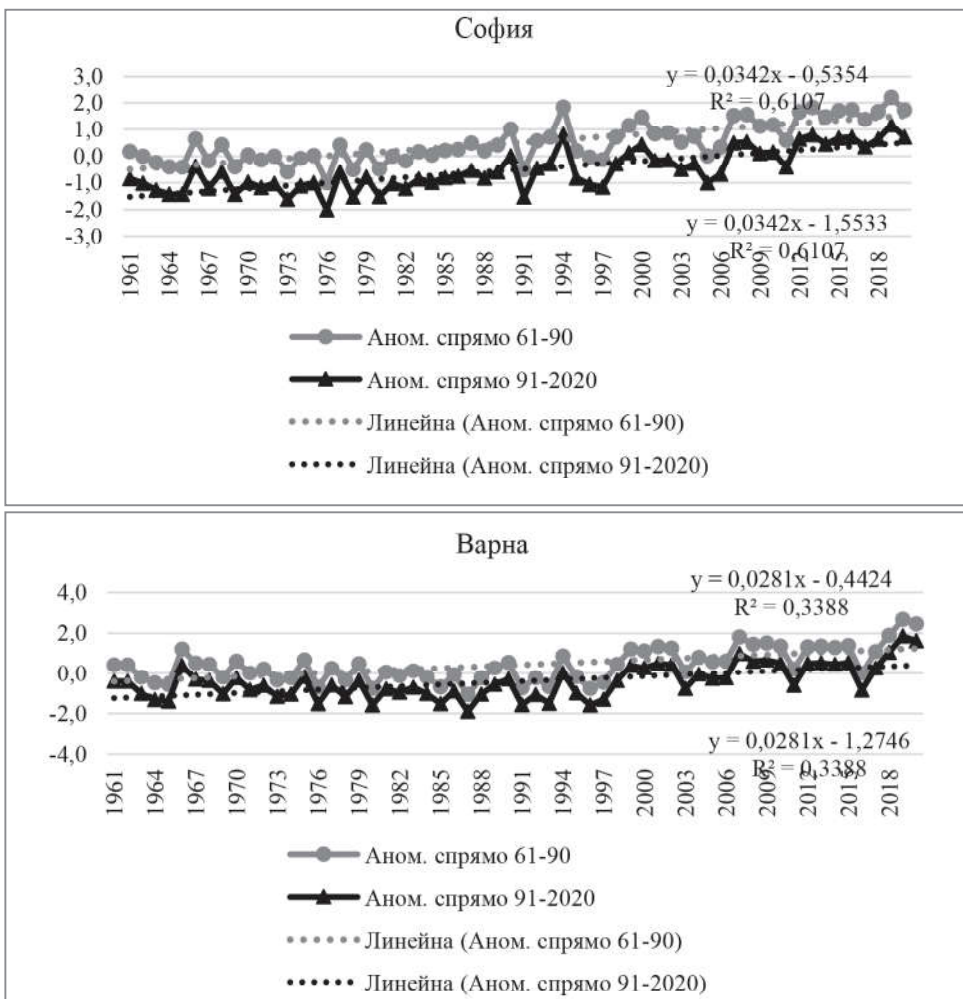
\*статистически значимите стойности са дадени в **Bold**

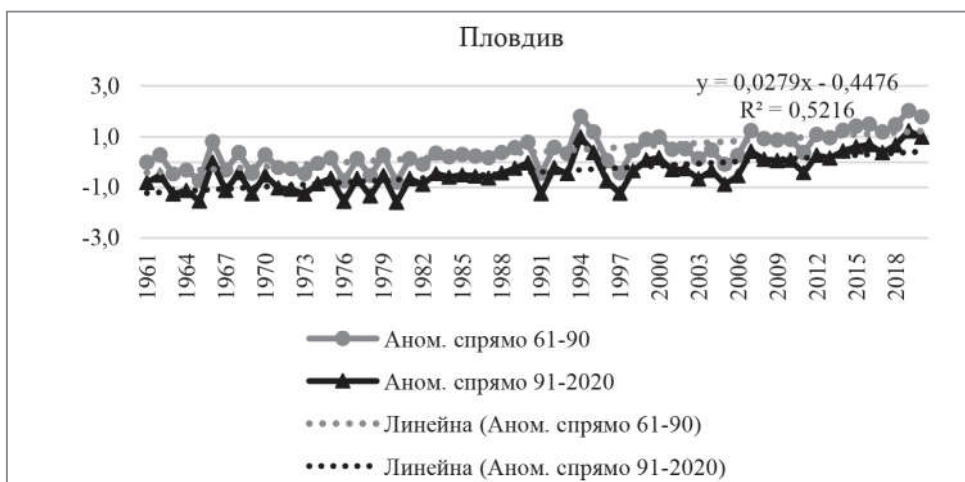
През периода 1961–1990 г. и в трите станции се наблюдава отрицателен тренд на средните температури през есента, като във Варна той е статистически значим. Това понижение на температурите е резултат от студените лета и есени през повечето години на 70-те и 80-те на XX в. За периода 1991–2020 г. са характерни по-големи положителни стойности на коефициентите на тренда (0,7–0,9 °C/10 год.), които са статистически значими в повечето случаи (табл. 3). Според IPCC (2013) тенденцията на повишение на средната температура над сушата за периода 1979–2012 г. е 0,26 °C на десетилетие. Взимайки под внимание различните периоди, може да направим заключение, че резултатите от настоящото изследване показват по-високи стойности на тренда на температурата на въздуха в анализираните станции за последните 30 години (1991–2020 г.).



## *Многогодишни изменения на годишните температури на въздуха. Аномалии на годишните температури на въздуха*

Резултатите от анализа на аномалиите на годишните температури на въздуха, изчислени спрямо двата 30-годишни периода – 1961–1990 г. и 1991–2020 г. (фиг. 2), показват положителен тренд и за трите изследвани станции със стойност 0,3 °C/10 год.





Фиг. 2. Аномалии на годишните температури на въздуха, изчислени като разлика от средните температури за 1961–1990 и за 1991–2020 г.

Fig. 2. Anomalies of annual air temperature, calculated as a difference of mean temperatures for 1961–1990 and 1991–2020

Отклоненията на средните годишни температури от средната многогодишна стойност за периода 1961–1990 г. показват периоди с най-дълго задържане на положителни стойности на аномалиите от края на ХХ в. (1998 г.) за ст. Варна и началото на ХХІ в. за станциите Пловдив (2006 г.) и София (2012 г.). Според аномалиите, изчислени спрямо 1991–2020 г., началото на последния период с положителни стойности на отклоненията се измества към 2007 г. за станциите Варна и София и 2012 г. за ст. Пловдив.

Като най-топла година, с най-висока положителна аномалия, се очертава 2019 г., когато превишението на годишната температура над средната за периода 1961–1991 г. е било между 2,0 °С (станция Пловдив) и 2,7 °С (станция Варна). Сравнението със средната многогодишна за периода 1991–2020 г. показва най-високи аномалии също за 2019 г., но със стойности от 1,2 °С за Пловдив и София и 1,9 °С за Варна.

Най-студените години са наблюдавани през 60-те и 70-те години, а за станция Варна и през 90-те години. Отрицателните отклонения за десетте най-студени години са със стойности между – 0,2 °С и – 1,1 °С спрямо средната за 1961–1990 г. и – 1,1 и – 2,0 °С спрямо средната за 1991–2020 г.

## *Най-ниски и най-високи сезонни и годишни температури за периода 1961–2020 г.*

Периодът 1991–2020 г. е несъмнено по-топъл от предишния 30-годишен период 1961–1990 г., като основен принос за това има последното десетилетие. Това се потвърждава и от проявата на най-високите и най-ниските стойности на средната годишна температура и на средните сезонни температури за изследвания период (табл. 4).

Таблица 4

Table 4

Най-ниски и най-високи сезонни и годишни температури на въздуха за периода 1961–2020 г.  
The lowest and the highest seasonal and annual air temperatures for the period 1961–2020

Станция	Най-висока стойност и година на случване	Най-ниска стойност и година на случване
	зима	
София	3,0 (2016)	–3,2 (1963)
Варна	6,5 (2020)	0,1 (1985)
Пловдив	4,8 (2020)	–1,8 (1963)
	пролет	
София	12,8 (2018)	7,8 (1987)
Варна	12,8 (2018)	7,5 (1987)
Пловдив	14,2 (2018)	9,8 (1987)
	Лято	
София	23,3 (2012)	16,6 (1976)
Варна	24,4 (2007)	20,0 (1984)
Пловдив	25,2 (2012)	20,0 (1976)
	есен	
София	13,8 (2019)	8,3 (1988)
Варна	17,1 (2019)	11,1 (1988)
Пловдив	15,1 (2019)	11,1 (1972)
	годишна	
София	12,1 (2019)	8,9 (1976)
Варна	14,7 (2019)	10,9 (1987)
Пловдив	14,2 (2019)	11,4 (1980)

За последните 60 години (1961–2020 г.) най-високите средни температури през зимата пролетта, есента, както и най-високата средногодишна температура са отбелязани през последните 5 години. Най-топлият сезон са отчетени през 2007 г. за Варна и 2012 г. за София и Пловдив. Характерното за най-високите температури е фактът, че всички те са отбелязани след 2007 г. Друга характерна черта е, че най-топлият сезон или година се проявяват в една и съща година за трите изследвани станции или най-малкото за две от станциите. Причината, най-вероятно, отново е атмосферната циркулация, засягаща го-

леми територии и водеща до по-високи температури, които не могат да бъдат компенсирани с местните условия. Трябва все пак да отбележим, че някои от най-студените сезони също се случват в една и съща година за трите станции, както е пролетта на 1987 г., или най-малкото в две от станциите, както през останалите сезони (табл. 4). От друга страна, най-ниската годишна средна температура за трите града е отбелязана в различни години, което се дължи на факта, че годишните стойности се формират от по-голям брой различни месечни данни. От данните за най-ниски средни температури, както по сезони, така и за годината, добре личи по-студеният период 1961–1990 г. – всички най-ниски стойности за изследвания времеви интервал са отбелязани през този период. Прави впечатление, че годините с ниски стойности са сравнително равномерно разпределени през трите десетилетия на периода 1961–1990 г., докато най-високите стойности, с изключение на най-топлото лято във Варна през 2007 г., са отчетени изключително и само през последното десетилетие. Това добре кореспондира и със заключението на Copernicus, 2021 (<https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-january-2021>), че десетилетието 2011–2020 г. е най-топлото от началото на инструменталните изследвания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направеното изследване за хронологичните изменения на температурите на въздуха в трите най-големи града на България за периода 1961–2020 г. установи повишение на средногодишните и сезонните температури. Средногодишните температури за периода 1991–2020 г. са се повишили с 0,8 °C в Пловдив, с 0,9 °C във Варна и с 1,0 °C в София, спрямо периода 1961–1990 г. Най-голямо повишение на сезонните температури се наблюдава през лятото, а най-малко през зимата.

В трите изследвани града изчисленият тренд на повишение на температурите през всички сезони за периода 1961–2020 г. е статистически значим и варира от 0,2 °C до 0,5 °C на десетилетие. Статистически значим тренд на повишение се наблюдава и при установените аномалии на средната годишната температура за всяка година спрямо средните многогодишни температури и за двата периода 1961–1990 г. и 1991–2020 г. По-високи стойности на положителните аномалии се отчитат през XXI в. Тази тенденция се потвърждава и от регистрираните най-топли години и сезони. За целия 60-годишен изследван период най-високата средна годишна температура и в трите станции е за 2019 г., а най-топлите сезони са отчетени през десетилетието 2011–2020 г. Регистрираните най-ниски стойности, както за средногодишна температура, така и за най-студени сезони, са през различни години на периода 1961–1990 г. Получените резултати потвърждават заключенията на IPCC и редица автори за повишение на температурите в глобален и регионален мащаб.

## ЛИТЕРАТУРА

- Велев, Ст. 2002. Съвременни колебания на температурата на въздуха и валежите в България. География на България, София: БАН, 157–160.
- Велев, Ст. 2011. Променил ли се е климатът на София в края на XX и в началото на XXI век? География 21, 1.
- Киров, К. Т. 1959. Принос към климатичното райониране на Голяма София с климатични скици на VI соф. Район. Сп. „Хидрология и метеорология“, кн. 2, София.
- Мартинов, М., А. Богачев. 1978. Особености в режима на температурата в София през 20-то столетие. Сп. Хидрология и метеорология, кн. 1, София.
- Рачев, Г., Н. Асенова. 2018. Съвременни изменения на температурата на въздуха и валежите в България. – *Год. на СУ, Геол.-геогр. факултет*, кн. 2 – География, т. 110.
- Рачев, Г., Н. Николова. Климатът на България. 2008. – *Год. на СУ, Геол.-геогр. факултет*, кн. 2 – География, т. 101.
- Рачев, Н., Д. Димитрова. 2016. Изменения на средните температури и валежи в България за периода 1995–2012, – В: ГСУ, Физика.
- Топлийски, Д. 1992. Хронологични колебания и антропогенно въздействие върху температурата на въздуха в София. – *Год. на СУ, Геол.-геогр. факултет*, кн. 2 – География, т. 81.
- Топлийски, Д. 2006. Климатът на България. София. Изд. Фондация Амстелс.
- Христов, П., А. Танев. 1970. Климатът на София. София. Наука и изкуство.
- Abbasnia, M., H. Toros. 2018. Analysis of long-term changes in extreme climatic indices: a case study of the Mediterranean climate, Marmara Region, Turkey. – *Pure Appl. Geophys.* 175, 3861–3873, <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1888-8>.
- Burić, D., V. Ducić, J. Mihajlović, J. Luković, J. Dragojlović, 2015. Recent Extreme Air Temperature Changes in Montenegro. – *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, XCV, 4, 53–66.
- Chenkova N., N. Nikolova. 2015. Air temperature and precipitation variability in Northeastern Bulgaria on the background of climate change. *Thermal Science*. 19(2), 82–300.
- Della-Marta, P. M., Luterbacher, J., Weissenfluh, H. V., Xoplaki, E., Brunet, M., & Wanner, H. 2007. Doubled length of western European summer heat waves since 1880, *J. Geophys. Res.*, 112.
- Fischer, E. M., C. Schär. 2010, Consistent geographical patterns of changes in high-impact. – *European heatwaves, Nat. Geosci.*, 3(6), 398–403.
- IPCC. 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge, 2013.
- IPCC. 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
- IPCC. 2018. Intergovernmental Panel on Climate Change Global warming of 1,5 °C. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Ji, F., Wu, Z., Huang, J., & Chassignet, E. P. 2014. Evolution of land surface air temperature trend. – *Nature Climate Change*, 4(6), 462–466. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2223>

- Jones, P., Lister, D., Osborn, T., Harpham, C., Salmon, M., & Morice, C. 2012. Hemispheric and large-scale land-surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2010. – *Journal of Geophysical Research*, 117, D05127. <https://doi.org/10.1029/2011JD017139>
- NOAA. 2020. Global Climate Report – Annual 2020. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202013>
- Parey, S., Dacunha-Castelle, D. & Hoang, T. T. H. 2010. Mean and variance evolutions of the hot and cold temperatures in Europe. – *Clim. Dyn.*, 34(2–3), 345–359.
- Štěpánek, P. 2008. AnClim – software for time series analysis: Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno. 1,47 MB. <http://www.climahom.eu/AnClim.html>

## SUMMARY

### CHRONOLOGICAL CHANGES IN AIR TEMPERATURES IN THE BIG CITIES OF BULGARIA DURING THE PERIOD 1961–2020

Chronological changes in air temperature – short-term fluctuations and long-term tendencies, as well as a number of indices for extreme temperatures are the most commonly used indicators in the study of climate change on a regional and global scale. The present study aims to contribute to the clarification of current trends in air temperature change in big cities in Bulgaria. To achieve this goal, the annual and seasonal values of air temperature for the period 1961–2020 in the cities of Sofia, Varna and Plovdiv have been analyzed. To detect changes in air temperature, the study period was divided into two 30-year periods: 1961–1990 and 1991–2020. Changes in air temperature have been analyzed by interpreting temperature anomalies of annual temperatures and coefficients of trend of seasonal and annual values.

The results of the study show an increase in seasonal and annual air temperatures in the three largest cities in Bulgaria for the period 1961–2020. The average annual temperatures for the period 1991–2020 increased by 0,8 °C in Plovdiv, by 0,9 °C in Varna and 1,0 °C in Sofia, compared to the period 1961–1990. The largest increase in seasonal temperatures is observed in summer and the least in winter.

A statistically significant positive trend was identified for all seasons for the period 1961–2020 with a value from 0,2 °C to 0,5 °C per decade. Higher values of positive anomalies of annual temperatures are reported in the XXI century. This trend is confirmed by the registered warmest years and seasons. For the entire 60-year study period, the highest average annual temperature in all three stations is for 2019, and the warmest seasons were reported in the decade 2011–2020. The coldest seasons have been observed in different years of the period 1961–1990. The obtained results confirm the conclusions of the IPCC and a number of authors on rising temperatures in global and regional scale.