

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ
Том 108

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”
FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY
Book 2 – GEOGRAPHY
Volume 108

МНОГОГОДИШНИ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА ВЪЗДУХА ПО БЪЛГАРСКОТО КРАЙБРЕЖИЕ НА РЕКА ДУНАВ

НИНА НИКОЛОВА, НИКОЛИНА АСЕНОВА, ВЕСЕЛИНА ДАСКАЛОВА,
ГЕОРГИ ХРИСТОВ, НИНА ДЯКОВА

Катедра Климатология, хидрология и геоморфология

Nina Nikolova, Nikolina Assenova, Veselina Daskalova, Georgi Hristov, Nina Dyakova. MANY-YEARS VARIABILITIES OF AIR TEMPERATURE AT THE BULGARIAN COAST OF DANUBE RIVER

The tendencies in seasonal temperature variabilities at selected meteorological stations situated along the Bulgarian Danube River coast are analyzed in the present paper. The assessment of statistical characteristics of seasonal temperatures and temporal distribution of temperature anomalies is made for the periods 1931–2013, 1961–1990 and 1984–2013. On the basis of data from regional climate models MPI – Germany and ETHZ – Switzerland, the future tendencies of seasonal temperatures for the periods 2021–2050 and 2051–2080 are determined. The results from the investigation show increasing of air temperature according to the observation data for the period 1984–2013, as well as for the future changes up to 2080.

Key words: seasonal air temperature, trend, regional climate models, Danube River coast, Bulgaria.

УВОД

Температурата на въздуха е основен елемент на климата, който определя редица аспекти на живота и стопанската дейност на хората. През последните десетилетия интересът към тенденциите в измененията на температурата на въздуха и причините за тези изменения все повече нараства. Изследванията показват, че от края на XIX в. до наши дни глобалната температура на въздуха непрекъснато се увеличава, а първото десетилетие на XXI в. е най-топлото за периода на инструменталните наблю-

дения (Hartmann et al., 2013). Наблюдаваните промени в температурата на въздуха в България съответстват на глобалните климатични промени – като цяло се наблюдава позитивна тенденция.

Съвременните изменения на климата на България и по-конкретно измененията на температурата на въздуха са изследвани от много автори (Топлийски, 2005; Векилска, 1995; Велев, 1998, 2006; Alexandrov et al., 2004; Nikolova and Noda, 2004). В зависимост от мащабите на пространственото и времевото осреднение на изходните данни са посочени различни резултати. Александров (2002) установява, че от началото на 1950-те и началото на 1980-те години са наблюдавани повишения на температурата, разделени от период на захлаждане през 1970-те. Велев (1998) посочва, че нито за месеците януари и юли, нито за годишните стойности се наблюдава затопляне, което засяга цялата страна. Николова и Цанков (2007) анализират аномалиите на сезонните температури на въздуха спрямо т. нар. съвременен климат – 1961–1990 и определят линейния тренд на редиците от сезонни стойности за Северозападна България. Въпреки редицата публикации относно многогодишните изменения на температурата на въздуха в България, непрекъснатата изменчивост в климатичната система налага актуализиране на досегашните изследвания с нови данни.

Целта на настоящето изследване е да даде актуална информация за многогодишните изменения на сезонните температури на въздуха в българския участък от крайбрежието на река Дунав и да се анализират възможните бъдещи изменения.

За постигане на тази цел са решени следните задачи:

1. Качествен контрол на изходната информация.
2. Оценка на статистическата структура на редиците от сезонни стойности на температурата на въздуха.
3. Анализ на вътрешногодишния ход на температурата за различни 30-годишни преиоди от време.
4. Характеристика на тенденциите в изменението на сезонните температурни аномалии.
5. Анализ на очакваните тенденции на изменение на температурата през XXI в.

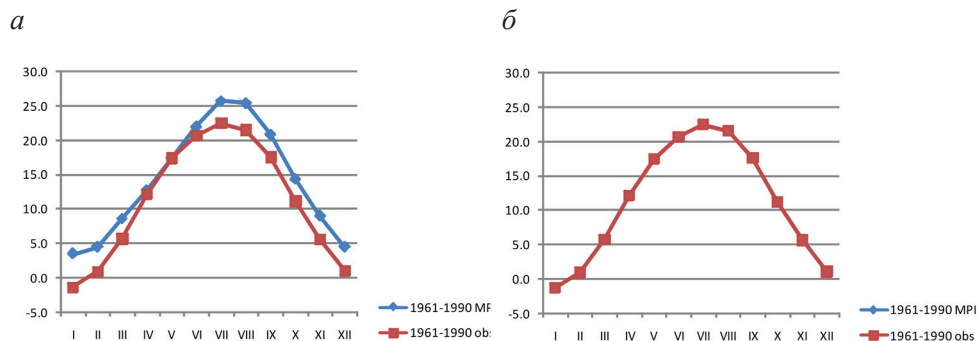
ИЗСЛЕДВАНА ТЕРИТОРИЯ, ИЗПОЛЗВАНИ ДАННИ И МЕТОДИ

Изследваната територия включва части от крайдунавските низини, които се характеризират с умереноконтинентален климат. Основните климатообразуващи фактори тук са низинният релеф и отвореността на север и североизток, което улеснява адвекцията на студени въздушни маси от по-голяма географска ширина.

За изясняване на многогодишните изменения на температурата на въздуха по българското крайбрежие на р. Дунав са използвани и анализирани данни за средните месечни стойности от метеорологичните станции Видин, Лом, Оряхово и Русе. Използваните данни са публикувани в метеорологични годишници и статистически справочници. За допълване на липсващите стойности са използвани данни от специализирани интернет страници (<http://stringmeteo.com/> и <http://en.tutiempo.net/climate>).

За анализ на бъдещите изменения на температурата на въздуха са използвани данни от регионалните климатични модели MPI – Германия и ETHZ – Швейцария (Ensembles

RT2B), разработени на базата на резултати от модели на общата атмосферна циркулация (GCM) и емисионни сценарии A1B (IPCC, 2007). Резолуцията на моделите е 25 km, а симулациите са за периода 1950–2100 г. Използвани са данни за месечни температури от точки от моделите с координати, максимално близки до координатите на изследваните метеорологични станции. Най-голямата разлика между координатите на станциите и точките от модела е $0,10^\circ$. Въз основа на данните от измерванията в изследваните метеорологични станции са направени корекции в отклоненията на данните от регионалните климатични модели. На фиг. 1 е представен хода на средните месечни температури за периода 1961–1990 при станция Видин на базата на данни от модела на MPI преди и след корекция на отклоненията. След корекцията на отклоненията (фиг. 1б) се установява пълно съвпадение в хода на графиките на температурата по данни от модела и от измерванията, което е доказателство, че получените резултати ще съответстват в максимална степен на реалната ситуация. В настоящото изследване са анализирани тенденциите за изменение на сезонните температури на въздуха за два бъдещи 30-годишни периода: 2021–2050 и 2051–2080 г.



Фиг. 1. Вътрешногодишен ход на температурата на въздуха за периода 1961–1990 при станция Видин на базата на данни от MPI: *a* – преди корекция; *б* – след корекция на отклоненията на модела

Fig. 1. Annual cycle of air temperature for the period 1961–1990 at station Vidin on the basis of MPI regional climate model: *a*, before bias correction; *b*, after bias correction

Режимът на температурата на въздуха е характеризиран чрез средни месечни, средни сезонни и годишни температури. Средната стойност изразява във вид на едно число най-важната част от информацията за дадения метеорологичен елемент и е много удобна за съпоставяне във времето и в пространството.

Основният изследван период е 1931–2013 г. За установяване на тенденциите в многогодишните изменения на температурата, са разгледани и два 30-годишни периода: 1961–1990 и 1984–2013 г. Изчислението на характеристиките на база на 30-годишен период дава нормата на елемента, което е гаранция за представителност на резулта-

тите. Акцентът на изследването са сезонните изменения на температурата на въздуха. Сезонните стойности са изчислени като средни от месечните стойности по следния начин: зима – декември, януари и февруари; пролет – март, април и май; лято – юни, юли и август; есен – септември, октомври и ноември.

Изменчивостта или разсейването на значенията на метеорологичните елементи относно средната стойност в настоящето изследване са анализирани чрез коефициента на вариация.

За оценка на разпределението на изходните данни са използвани коефициентите на асиметрия (A) и ексцес (E) и техните грешки σ_A и $3\sigma_E$. При строго симетрично разпределение $A=0$. Асиметрията е малка при $A<0,25$, умерена – при $0,25<A<0,50$ и голяма при $A>0,50$. По-островърхите от тези с нормално разпределение криви имат положителен ексцес, а по-малко заострените криви са с отрицателен ексцес. При теоретично нормалното разпределение коефициентите на асиметрия и ексцес са равни на 0. Близостта на емпиричните данни до нормалното разпределение се оценява с помощта на средните квадратични грешки σ_A и $3\sigma_E$. При $A<3\sigma_A$ и $E<3\sigma_E$ може да се приеме хипотезата за нормалност на разпределението.

Изчисленията на посочените статистически характеристики (средна стойност, коефициент на вариация, асиметрия и ексцес) са извършени чрез софтуера AnClim, Stepanek (2006).

Аномалиите на температурата на въздуха в изследваните станции са изчислени като разлика между стойността за всяка година от съответния сезон и средната за периода за 1961–1990, определен от Световната метеорологична организация като период за изчисление на нормата за съвременния климат.

За разкриване на тенденцията на изменение на температурата на въздуха е използван тренд анализ – линейна регресия. Същността на метода се състои в изчисляване на уравнението на линията, най-добре съответстваща на всички точки от графиката. Линията на регресията има вида

$$Y = \beta_1 t + \beta_0,$$

където t е обясняващата променлива, β_0 определя точката на пресичане на правата на регресията с оста на ординатата, а коефициентът на регресия β_1 характеризира наклона на правата към оста ОХ. Коефициентът на регресия е мярка за зависимостта на променливата Y от изменението на обясняващата променлива t . Статистическата значимост на тренда е оценена чрез коефициента на детерминация, а също и с Т-тест чрез софтуера AnClim.

РЕЗУЛТАТИ

ВЪТРЕШНОГОДИШЕН ХОД И СЕЗОННО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА

Анализът на коефициентите на асиметрия и ексцес показват в повечето от случаите нормално разпределение на изходните данни. Отклонения от нормалното разпределение се наблюдават за зимните температури (главно периода 1983–2013) и за лятото. За

да се избегне субективизъм при анализа на данните, не са правени корекции по отношение на разпределението. Според коефициента на вариация, зимните температури се отличават с големи отклонения от средната стойност (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Статистически характеристики на сезонните температури за периода 1931–2013 г.
Statistical characteristics of seasonal temperatures for the period 1931–2013

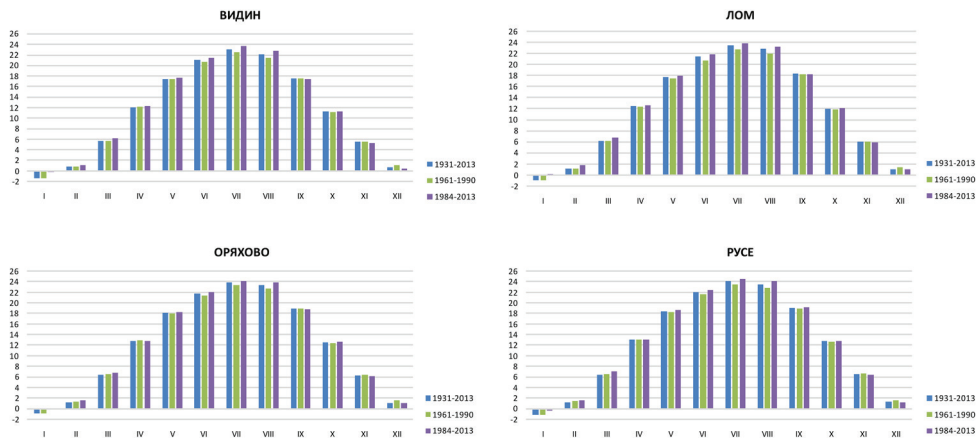
Сезон		Видин	Лом	Оряхово	Русе
Зима	C_v	1831,4	457,8	452,6	436,3
	A	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6
	E	0,7	0,9	0,7	0,6
Пролет	C_v	9,7	10,2	10,1	10,7
	A	0,1	0,1	-0,1	0,0
	E	-0,7	-1,0	-0,7	-0,8
Лято	C_v	4,5	4,8	4,6	4,9
	A	0,2	0,6	0,4	0,4
	E	0,4	0,6	0,2	0,3
Есен	C_v	8,9	8,3	8,3	9,0
	A	-0,5	-0,6	-0,7	-0,4
	E	0	0,9	1,0	0,4

C_v – коефициент на вариация; A – коефициент на асиметрия; E – коефициент на ексцес $\sigma_A = 0,26$; $\sigma_E = 0,17$
 C_v – coefficient of variation, A – coefficient of skewness; E – Coefficient of kurtosis; $\sigma_A = 0,26$; $\sigma_E = 0,17$

Вътрешногодишният ход на средномесечните температури показва максимални стойности през месец юли и за трите периода 1931–2013, 1961–1990 и 1984–2013 г. (фиг. 2). Най-ниските средни месечни температури са през м. януари. Това е единственият месец с отрицателни средни месечни температури в разглежданите станции по българското крайбрежие на р. Дунав. Максимумът във вътрешногодишният ход на температурата е през юли, като това разпределение се запазва и за трите 30-годишни периода. Периодът 1984–2003 се отличава с най-високо термично ниво. Това разпределение е в съответствие с резултати от досегашни публикации. Според Александров (2010), за България 18 от годините в периода 1989–2009 г. са със средна годишна температура на въздуха над климатичната норма, което потвърждава тенденцията към затопляне на климата.

При сравнение на трите изследвани периода се установява, че най-ниски са били стойностите на средните месечни температури за периода 1960–1990 г. Това се подчертава и от други изследвания (Николова и Ценков, 2007), които установяват по-ниско термично ниво през този период.

Годините с най-ниски средни годишни температури за периода 1931–2013 г. са 1942 г. при Видин и Русе и 1940 при ст. Лом, а за станция Оряхово това е 1933 г.



Фиг. 2. Вътрешногодишен ход на температурата на въздуха за периода 1931–2013

Fig. 2. Annual cycle of air temperature for the period 1931–2013

(табл. 2). Максимални са били стойностите на средните годишни температури през 2007 г. и за четирите изследвани станции, което е показателно за по-високо температурно ниво през XXI в. (табл. 3).

Най-студена е била зимата на 1954 г., а най-високи зимни температури са отчетени през 2007 г. През пролетта на 1987 г. и през лятото на 1976 г. е било най-студено, когато са регистрирани най-ниски сезонни температури за периода 1931–2007 г. Лятото и есента на 2012 г. са били с най-високи сезонни стойности на температурата.

Анализът на сезонните температури за трите изследвани периода показва най-ниско термично ниво за периода 1961–1990 и най-голямо повишение на стойностите за всички сезони през последните 30 години. През зимата и пролетта се наблюдава слабо затопляне през последния период (1984–2013 г.) спрямо периода 1931–2013 г. Най-

Таблица 2
Table 2

Най-ниски сезонни и годишни температури (°C) за периода 1931–2013 г. и година на случване
Lowest seasonal and annual temperatures (°C) for the period 1931–2013 and year of occurrence

Станция	Зима	Пролет	Лято	Есен	Годишна
Видин	–5,3 (1954)	9,3 (1987)	19,4 (1976)	8,2 (1941)	9,5 (1942)
Лом	–5,2 (1954)	9,8 (1954)	21,1 (1940)	8,6 (1941)	10,0 (1940)
Оряхово	–5,5 (1954)	9,5 (1987)	20,5 (1976)	9,0 (1941)	9,9 (1933)
Русе	–5,7 (1954)	9,7 (1987)	20,5 (1976)	9,1 (1941)	10,1 (1942)

Таблица 3
Table 3

Най-високи сезонни и годишни температури (°C) за периода 1931–2013 г. и година на случване
The highest seasonal and annual temperatures (°C) for the period 1931–2013 and year of occurrence

Станция	Зима	Пролет	Лято	Есен	Годишна
Видин	4,8 (2007)	14 (1934;1983)	25,0 (2012)	13,4 (2012)	12,9 (2007)
Лом	3,2 (1948)	14,4 (1934)	25,2 (1946)	13,7 (1952)	13,8 (2007)
Оряхово	5,5 (2007)	15,0 (1968)	25,6 (1946)	14,7 (2012)	13,9 (2007)
Русе	5,2 (2007)	15,4 (1947)	26,5 (2012)	15,3 (2012)	14,1 (2007)

голямо е това затопляне при Лом и Оряхово – с 0.5 °C. Разликите в пролетните температури за отделните 30-годишни периоди достигат 0,3–0,4 °C (табл. 4).

Резултатите от анализа на средните сезонни стойности на температурата на въздуха показват най-големи разлики между отделните 30-годишни периоди за средните летни температури. Летните температури за периода 1931–2013 г. са с 0,5–0,7 °C по-високи от нормата (средната за 1961–1990 г.), а тези за периода 1984–2013 г. – с 1,0–1,2 °C по-високи от нормата. За есента се установява слабо понижение на температурата при ст. Видин и без промяна при останалите станции.

Таблица 4
Table 4

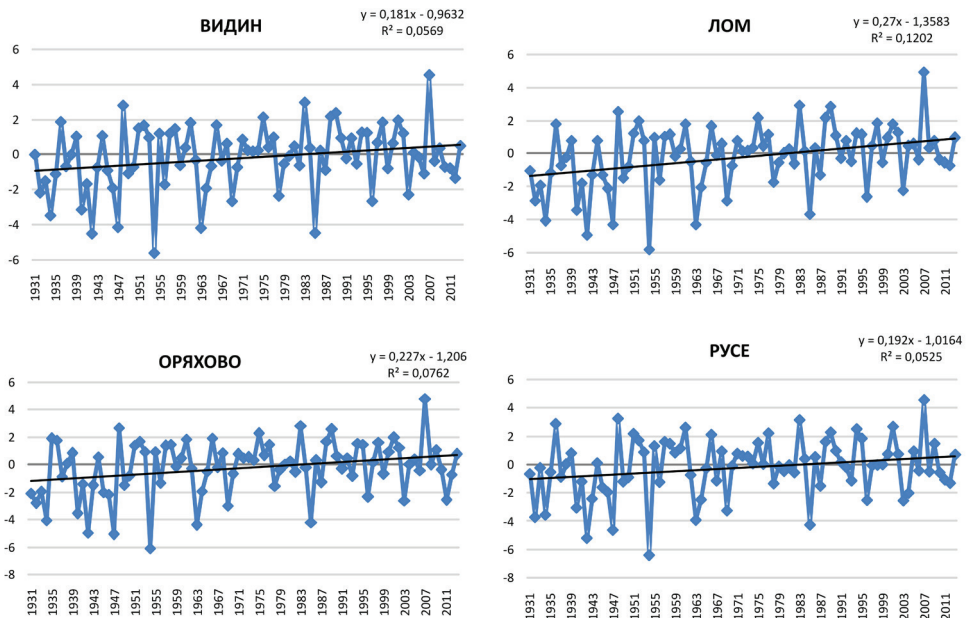
Средни сезонни температури
Seasonal temperatures

Станция	Период	Зима	Пролет	Лято	Есен
Видин	1931–2013	0,1	11,7	22,1	11,5
	1961–1990	0,3	11,7	21,5	11,5
	1984–2013	0,5	12,1	22,7	11,3
Лом	1931–2013	0,4	12,2	22,5	12,1
	1961–1990	0,6	12,0	21,8	12,0
	1984–2013	1,0	12,5	23,0	12,1
Оряхово	1931–2013	0,4	12,4	23,0	12,5
	1961–1990	0,7	12,5	22,5	12,6
	1984–2013	0,9	12,6	23,3	12,5
Русе	1931–2013	0,5	12,6	23,2	12,8
	1961–1990	0,7	12,6	22,7	12,8
	1984–2013	0,8	12,9	23,7	12,8

Велев (2006) представя данни за промяната на температурите в две от разглежданите тук станции – Видин и Лом. Авторът прави сравнение на средните месечни и годишни температури на въздуха за периода (норма) 1960–1990 и 1976–2005 г. и установява разлики от една-две десети от градуса, които обяснява с естествените колебания на климата. Резултатите от настоящето изследване показват значително по-големи промени в температурите за периода 1984–2013 в сравнение с 1961–1990 г., което показва по-високо термично ниво през последните десетилетия.

МНОГОГОДИШНИ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА ВЪЗДУХА

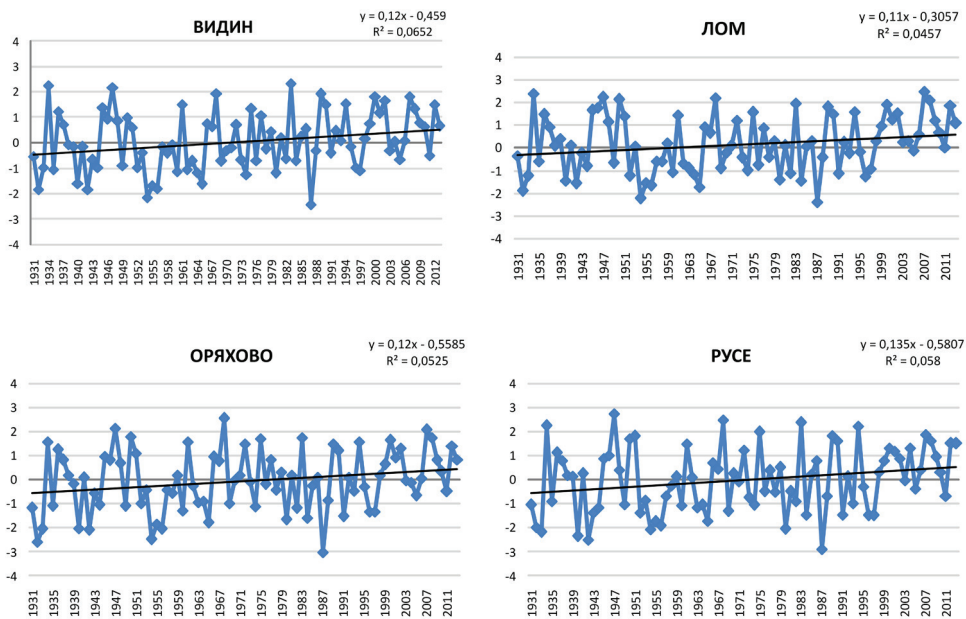
В многогодишния ход на аномалиите на сезонните температури се очертават добре изразени максимуми и минимуми, характерни и за четирите станции. Средните зимни температури показват негативни аномалии спрямо нормата за 1942, 1947, 1954, 1963 и 1985 г. В сравнение със средните за периода 1961–1990 г., топли зими с най-високи температурни аномалии са били зимите на 1948, 1983, 1989, 2007 г. (фиг. 3). Трендът зимните температури за периода 1931–2013 е позитивен, но стойностите са близки до 0 и не са статистически значими.



Фиг. 3. Аномалии на зимните температури на въздуха за 1931–2013 (разлики °C от средната за периода 1961–1990)

Fig. 3. Anomalies of air temperature in winter for the period 1931–2013 (as a difference from 1961–1990)

Периодът до средата на 60-те години се характеризира с по-честа проява на отрицателни аномалии през пролетта. След 1998 г. аномалиите са положителни като леко захлаждане се установява през 2005 и 2011 г. (фиг. 4). Подобни резултати се установяват от Николова и Мочурова (2010), които посочват позитивни аномалии на годишните температури на въздуха в България за периода 1999–2005 г.

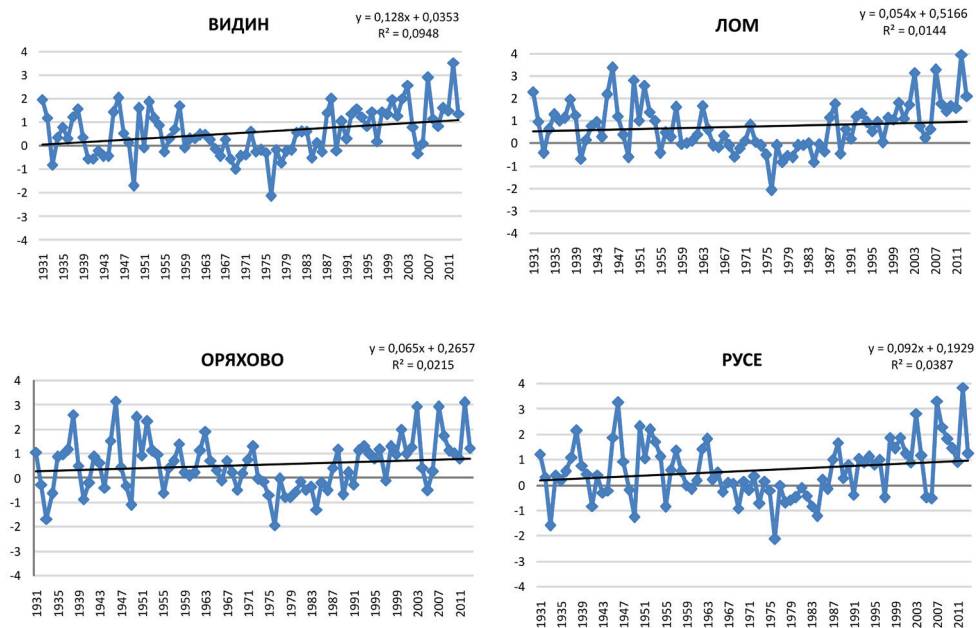


Фиг. 4. Аномалии на пролетните температури на въздуха за 1931–2013 (разлики °C от средната за периода 1961–1990)

Fig. 4. Anomalies of air temperature in spring for the period 1931–2013 (as a difference from 1961–1990)

Трендът на пролетните температури е позитивен, с коефициент в границите на 0,11 до 0,13. Ниският коефициент на детерминация и анализът чрез Т-тест определят тенденцията на изменение на пролетните температури като статистически незначима.

Положителни аномалии на летните температури се установяват през 40-те години и след 1985 г. във всички станции (фиг. 5). Като период с негативни аномалии на летните температури се очертава периодът от средата на 70-те до средата на 80-те години. Линейният тренд е положителен, стойностите на коефициента на тренда са близки до 0. Следователно, за целият изследван период няма ясно изразена тенденция



Фиг. 5. Аномалии на летните температури на въздуха за 1931–2013 (разлики °C от средната за периода 1961–1990)

Fig. 5. Anomalies of air temperature in summer for the period 1931–2013 (as a difference from 1961–1990)

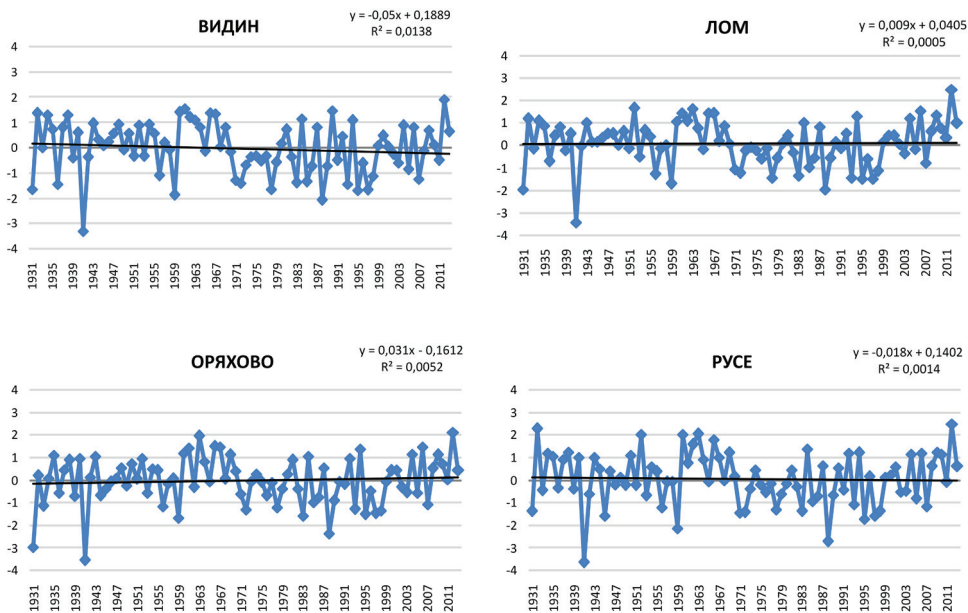
към затопляне през лятото, но от друга страна, от средата на 80-те години се проявява повишаване на летните температури.

За есента е характерно редуването на положителни и отрицателни аномалии за поредни години (фиг. 6). Негативни фази се открояват между 1970 и 1985 г. След 2006 г. се очертава добре изразен период с положителни температурни аномалии.

Коефициентите на линейния тренд показват разнопосочни тенденции (фиг. 6), но във всички станции са близки до 0 и не са статистически значими. Повишение на юлските температури за България и конкретно за станция Видин са установени за периода 1953–1995 от Велев (1998).

Анализът на очакваните изменения на сезонните температури по данни от климатичните модели MRI и ETHZ за периодите 2021–2050 и 2051–2028 г. показва позитивна тенденция (табл. 5). Изключение е тенденцията за зимните температури за периода 2021–2050 г., установена по швейцарския модел ETHZ, но тази тенденция не е статистически значима.

Данните от германския модел MRI показват статистически значим позитивен тренд на зимните температури за периода 2021–2050 г. и на летните и есенните температури



Фиг. 6. Аномалии на есенните температури на въздуха за 1931–2013 (разлики °C от средната за периода 1961–1990)

Fig. 6. Anomalies of air temperature in autumn for the period 1931–2013 (as a difference from 1961–1990)

ри за периода 2051–2080 г.. Повишението на сезонните температури е между 0,6 и 0,9 °C на 10 години. Статистически значим позитивен тренд на летните температури за 2051–2080 г. показват и резултатите от ETHZ (табл. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от настоящето изследване показват, че последните 30 години от периода 1931–2013 г. се характеризират с по-високи температури в сравнение с климатичната норма (средната за периода 1961–1990 г.). Най-големи са разликите за лятото са около 1–1,2 °C, докато през зимата се установяват по-малки различия – до 0,5 °C. През пролетта и есента почти не се наблюдават разлики в сезонните температури за трите 30-годишни периода (1931–1960; 1961–1990 и 1984–2013 г.)

Положителни аномалии на летните температури се наблюдават главно след 1985 г. във всички станции.

Позитивен тренд на температурите се установяват през зимата, пролетта и лятото. Негативни тенденции се наблюдават в многогодишния ход на есенните температури, най-добре изразени за периода 1961–1990 г., но трендът е статистически незначим.

Таблица 5
Table 5

Коефициенти на линейния тренд на сезонните температури на въздуха
Coefficients of linear trend of seasonal air temperatures

Метеорологична станция	Период		Зима	Пролет	Лято	Есен
Видин	1984–2013	наблюдение	0,02	0,3	0,5	0,3
		MPI	0,7	0,3	0,2	0,2
	2021–2050	ETHZ	–0,1	0,6	0,6	0,3
		MPI	0,3	0,2	0,9	0,6
	2051–2080	ETHZ	0,4	0,3	0,9	0,2
		наблюдение	0,2	0,7	0,8	0,5
Лом	1984–2013	MPI	0,7	0,3	0,2	0,2
		ETHZ	–0,1	0,6	0,6	0,3
	2021–2050	MPI	0,3	0,2	0,9	0,6
		ETHZ	0,4	0,3	0,9	0,2
	2051–2080	наблюдение	0,1	0,6	0,7	0,5
		MPI	0,7	0,3	0,2	0,2
2021–2050	ETHZ	–0,1	0,6	0,6	0,4	
	MPI	0,3	0,2	0,9	0,7	
2051–2080	ETHZ	0,4	0,3	0,9	0,2	
	Русе	1984–2013	наблюдение	0,1	0,6	0,7
MPI			0,8	0,4	0,3	0,3
2021–2050		ETHZ	–0,1	0,5	0,5	0,4
		MPI	0,3	0,2	0,7	0,6
2051–2080		ETHZ	0,4	0,3	0,9	0,2
		наблюдение	0,1	0,6	0,7	0,5
2021–2050	MPI	0,8	0,4	0,3	0,3	
	ETHZ	–0,1	0,5	0,5	0,4	
2051–2080	MPI	0,3	0,2	0,7	0,6	
	ETHZ	0,4	0,3	0,9	0,2	

* Стойностите, дадени с бод са статистически значими.

Средната годишна температура на въздуха през последните 20 години от периода 1984–2013 г. е над климатичната норма. Установява се и повишение на температурите за лятото и зимата, а в преходните сезони не се наблюдава значима промяна.

Анализът на данните от климатичните модели (MPI и ETHZ) показва като цяло позитивни тенденции за периодите 2021–2050 и 2051–2080 г., най-добре изразени за летните и есенните стойности. Изключение са зимните температури за периода 2021–2050 г. според ETHZ.

Благодарности. Данните от регионалните климатични модели (ENSEMBLES data), използвани в тази статия, са резултат от работата по проект Integrated Project ENSEMBLES (Договор 505539), финансиран от EU FP6.

ЛИТЕРАТУРА

Александров, В. 2002. Климатични промени на Балкански полуостров – *Екология и Бъдеще*, 2–4: 26–30
Александров, В. (ред.). 2010. Климатични промени. НИМХ – БАН, 48 с.

- Векилка, Б. 1995. Многогодишни колебания на отрицателните температурни суми в София. – *Год. на СУ, ГГФ*, кн. 2. т. 87.
- Велев, Ст. 2006. Глобални климатични промени и климатът на България. – *География 21*, бр. 2, 4–9.
- Велев, Ст. 2006. Климатичните промени в България през XX век е свтлината на класификацията на Кьопен. – *Проблеми на Географията*, бр. 3–4, 140–143.
- Велев, Ст. 1998. Тенденции на изменение на температурата на въздуха и валежите в България. 100 години география в Софийски университет. Международна научна конференция. С., 18–22.
- Николова, Н., Л. Цанков, 2007. Изменения на температурата на въздуха в Северозападна България и връзката им с циркулационните механизми в Северното полукълбо. – *Год. на СУ, ГГФ*, кн. 2. т. 99, 53–64.
- Николова, Н., М. Мочурова, 2010. Съвременни изменения на климата и последиците от тях. – *Минно дело и геология*, бр. 7–8, 35–40.
- Топлийски, Д. 2005. Хронологични колебания на климата на България през XX век. Дисертация за научна степен Доктор на географските науки
- Alexandrov, V., Schneider M., Koleva, E., Moisselin, J-M. 2004. Climate Variability and Change in Bulgaria during the 20th Century. – *Theoretical and Applied Climatology* 79, 133–149.
- Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild and P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. – In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104.
- Nikolova, N., Noda, A. 2004. The Variation of the Surface Air Temperature in Bulgaria under the Global Climate. – *Sofia University Year Book, Geography, Vol. 96*.
- Stepanek, P. 2006. AnClim – software for time series analysis. Dept. of Geography., Fac. of Natural Sciences. MU. Brno. 1.47 MB.

Постъпила април 2015 г.