

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 113

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTI DE GEOLOGIE ET GEOGRAPHIE

Livre 2 – GEOGRAPHIE

Volume 113

НАБЛЮДАВАНИ ИЗМЕНЕНИЯ НА ЗИМНИТЕ ТЕМПЕРАТУРИ И ВАЛЕЖИ В БЪЛГАРИЯ И ВРЪЗКАТА ИМ С АТМОСФЕРНАТА ЦИРКУЛАЦИЯ

НИНА НИКОЛОВА¹, АНТОАНА ДИМИТРОВА², СТЕЛА МЛАДЕНОВА²,
ЙЕЛЕНА СВЕТОЗАРЕВИЧ², РУСИ ТЕНЕВ², СЕВИЛА БУМБОВА²,
МИХАЕЛ МИХАЙЛОВ², ДЕНИСЛАВ ГЕОРГИЕВ²

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

² Студенти в магистърска програма „Изменения на климата и управление на водите“,
СУ „Св. Климент Охридски“, ГГФ

Nina Nikolova, Antoana Dimitrova, Stela Mladenova, Jelena Svetozarevic, Rusi Tenev, Sevila Bumbova, Mihael Mihailov, Denislav Georgiev. OBSERVED CHANGES IN WINTER AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN BULGARIA AND THEIR RELATION TO THE ATMOSPHERIC CIRCULATION

The present paper aims to identify the trends in winter air temperatures and precipitation in non-mountainous part of Bulgaria and to reveal to what extent the large scale circulation patterns affect the many-years variability in air temperature and precipitation during the winter season. The study was developed on the basis of monthly data (December, January and February) for air temperature and precipitation from 11 meteorological stations located in different parts of the non-mountainous regions of Bulgaria. The impact of the atmospheric circulation was estimated on the basis of the North Atlantic Oscillation (NAO) and Western Mediterranean Oscillation (WeMOI) indices. The purpose of the study was achieved by applying regression and correlation analysis. The obtained results indicate that NAOI has a greater influence on air temperature in northwestern Bulgaria than in southern Bulgaria, while the influence of WeMOI is more evenly distributed over the country and has a greater impact on the changes in precipitation.

Key words: air temperature, precipitation, NAOI, WeMOI, non-mountainous part.

УВОД

Температурата на въздуха и валежите са основни климатични елементи, които определят природните условия на даден район и оказват съществена роля върху живота на човека и неговата дейност. Количествата на зимните валежи в комбинация със стойностите на температурата на въздуха са важен фактор за продължителността на снежната покривка и за осигуряване на влажност в почвата, а също така влияят и върху наличието на водните ресурси. Многогодишният ход на температурата на въздуха и валежите се определя от комбинираното влияние на природни причини и антропогенна дейност. В редица изследвания се анализира ролята на атмосферната циркулация като фактор за многогодишните изменения на климата и в частност – на температурата на въздуха и валежите (Syed et al. 2017; Carvalho and Woodroffe 2015; Vicente-Serrano and Lopez-Moreno 2008; Turkes and Erlat 2006). Törnros (2013) изследва влиянието на индексите на средиземноморската осцилация (MOI – Mediterranean Oscillation Index) върху зимните валежи в района на Южен Левант в Източното Средиземноморие, като стига до извода, че при отрицателни стойности на MOI валежите регистрират по-ниски количества, докато при положителни се наблюдава увеличение на валежните суми. Garcia et al. (2004) анализират до каква степен валежите в Галисия (Испания) се определят от северноатлантическата осцилация (NAO – North Atlantic Oscillation), и установяват 8-годишна периодичност на колебанията на валежите, свързани с положителните фази на NAO. Въздействието на NAO и АО (Арктична осцилация) върху валежите през зимните месеци в Сърбия е изследвано от Jovanovic (2008), които установяват, че корелацията между АО и валежите е значително по-силна в сравнение с NAO. Въпреки съществуващите научни публикации, анализиращи връзката между температурата на въздуха и валежите в България и индексите на атмосферна циркулация (Petkova et al. 2005; Николова 2008, 2012; Vladut et al. 2018; Николова и Пенков 2015), е необходимо изследванията по темата да се разширяват, за да се разкрие въздействието на глобалните циркулационни механизми върху регионалния климат.

Целта на настоящото изследване е да даде актуална информация за многогодишните изменения на температурата на въздуха и валежите през зимата и да установи доколко едромасштабните атмосферни процеси влияят върху тези изменения. За да се постигне целта на изследването, са анализирани аномалиите на зимните температури и валежи за периода 1931/32–2016/17 г. в извънпланинската част на България. На базата на корелационен и регресионен анализ са установени връзките между зимните температури и валежи и индексите на северноатлантическата осцилация и западната средиземноморска осцилация.

ИЗСЛЕДВАНА ТЕРИТОРИЯ, ИЗПОЛЗВАНИ ДАННИ И МЕТОДИ

Изследването се основава на данни от 11 метеорологични станции, разположени в извънпланинската част на България, в територии с различни физикогеографски и климатични условия (табл. 1). Освен от необходимостта да бъде анализирано състоянието в различни области, изборът на станциите е продиктуван и от наличието на метеорологични данни.

Таблица 1

Table 1

Списък на използваните метеорологични станции
List of the meteorological stations used in the paper

Метеорологични станции	Географска ширина (с.г.ш.)	Географска дължина (и.г.д.)	Надморска височина (m)	Тип климат
Видин	43°59'39"	22°51'9"	34	Умереноконтинентален
Враца	43°13'52"	23°31'45"	311	Умереноконтинентален
Плевен	43°24'26"	24°36'22"	160	Умереноконтинентален
Разград	43°33'58"	26°30'27"	345	Умереноконтинентален
Варна	43°12'44"	27°57'08"	30	Континентално-средиземноморски
София	42°39'13"	23°22'58"	550	Умереноконтинентален
Казанлък	42°38'8"	25°23'16"	394	Умереноконтинентален
Сливен	42°40'39"	26°20'23"	254	Преходноконтинентален
Кюстендил	42°17'01"	22°42'47"	520	Преходноконтинентален
Хасково	41°55'42"	25°32'28"	233	Континентално-средиземноморски
Сандански	41°33'0"	23°16'2"	207	Континентално-средиземноморски

Зимните температури са изчислени като средна стойност за месеците декември, януари и февруари, а валежите – като сума за посочените месеци. Изследваният период включва стойностите на температурата на въздуха, валежите за съответните месеци от декември 1931 до февруари 2017 г. Използваните данни са взети от метеорологичните годишници, издание на НИМХ и статистическите годишници, издавани от НИС.

За анализиране на ролята на атмосферната циркулация за многогодишните изменения на температурата на въздуха и валежите са използвани сезонните стойности на индексите на северноатлантическата осцилация (NAOI – North Atlantic Oscillation Index) и индексите на западната средиземноморска осцилация (WeMOI – Western Mediterranean Oscillation Index). Северноатлантическата и средиземноморска осцилации са основни параметри на атмосферната циркулация, които влияят върху разпределението на температурите и количествата на валежите за територията на Европа и България.

Северноатлантическата осцилация (NAO) е едно от най-мощните периодични явления в атмосферната циркулация, което въздейства върху климата на Европа, а също така и на източното крайбрежие на САЩ, както и върху терито-

рии, разположени значително на изток – до Сибир. Индексите на NAO представляват разликата в атмосферното налягане на морското равнище между Исландия и Азорските острови. NAO оказва влияние на климата през цялата година, но най-добре изразено е въздействието през зимата. При положителна стойност на NAO западните ветрове са по-силни и по-устойчиви, което определя по-топла и по-влажна зима в Северна Европа, а в Южна Европа – по-студена и по-суха. Когато индексът е отрицателен западните ветрове са по-слаби и неустойчиви и зимата в Северна Европа е по-студена, а в Южна Европа по-влажна и по-топла. Промените в индексите на WeMO (WeMOI) оказват най-силно влияние върху климата на западното Средиземноморие и Южна Европа, като това влияние се установява и върху климата на България (Николова, Н., Пенков, А. 2015). WeMOI се определят като разлика в атмосферното налягане между Падуа и Кадис. Положителните WeMOI са свързани с антициклона над Азорските острови и ниското налягане в Лигурския залив. Негативната фаза съвпада с антициклона, разположен над централна Европа (Martin-Vide, Lopez-Bustins 2006). NAOI са взети от Hurrell Station-Based dataset¹, а WeMOI са базата данни на Climate Research Unit².

Тенденциите в многогодишния ход на зимните температури на въздуха и валежите са установени чрез линеен регресионен модел ($y = b_0 + b_1 * x$) на аномалиите на съответните елементи за периода 1931/32–2016/17 г. За получаване на регресионните уравнения и оценка на статистическата значимост на тренда чрез Т-статистика е използван софтуерът AnClim (Štěpánek 2008).

Аномалиите на температурата на въздуха са изчислени като разлика между средната сезонна стойност за всяка година и средната стойност за целия изследван период (1931/32–2016/17). Стойностите на аномалиите на сезонните валежи представляват процентно отклонение на валежа за всяка година от средната многогодишна сума за периода 1931/32–2016/17 г. Аномалиите на сезонните валежи са оценени чрез скалата, дадена в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Класификация на годините според процентното отклонение на валежа за отделна година от средната многогодишна сума

Classification of the years according the deviation of the precipitation from the average multi annual totals

Валежни години	P % от средния многогодишен	Сухи години	P % от средния многогодишен
Слабо валежни	101–125	Слабо сухи	75–99
Средно валежни	126–150	Средно сухи	50–75
Силно валежни	> 151	Силно сухи	< 50

(по Николова 2018)

¹ <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based>

² <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/moi/>

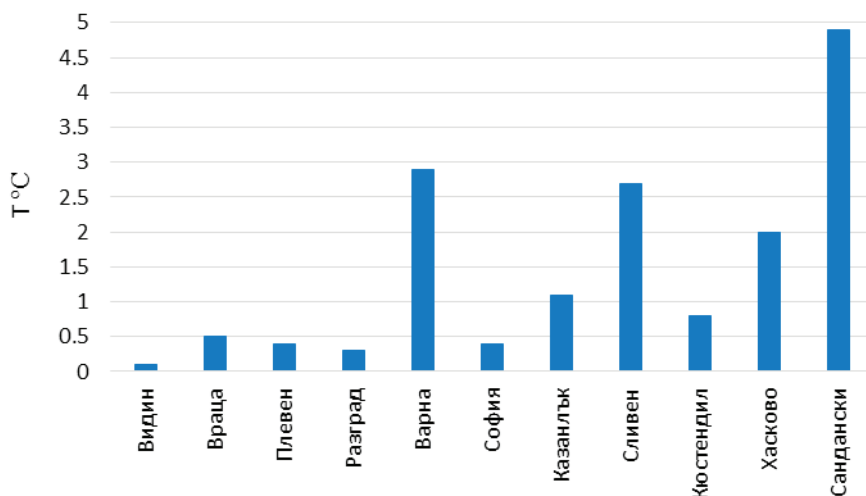
Връзката между температурата на въздуха, валежите и особеностите на атмосферната циркулация е анализирана чрез корелационен и регресионен анализ. Статистическата значимост на коефициента на корелация е оценена с t-статистика. Чрез множествена регресия е анализирано комбинираното влияние на NAOI и WeMOI (независими променливи) върху температурата на въздуха и валежите (зависими променливи).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Многогодишни изменения на зимните температури на въздуха

Средни многогодишни, минимални и максимални стойности

Средните многогодишни стойности на зимните температури на въздуха за периода 1932–2017 г. (фиг. 1) варират от 0,1 °C в станция Видин до 4,9 °C в станция Сандански. Станциите в Северна България и високите западни полета са с най-ниска средна многогодишна стойност – под 1 °C. Във Варна и Сандански влияние оказват Черно море и континентално-средиземноморският климат и поради това средните многогодишни стойности са между 3 и 5 °C.



Фиг. 1. Средни зимни температури за периода 1931/32–2016/17

Fig. 1. Average winter temperatures for the period 1931/32–2016/17

В табл. 3 са дадени най-високите и най-ниски стойности на зимните температури за изследвания период и годините, през които са се наблюдавали тези стойности. Най-студена е била зимата на 1953–1954 г., когато в Север-

на България зимните температури са били между $-5,3$ и $-6,0$ °C. В Южна България температурите през зимата на 1953–1954 г. са били в границите на $-1,8$ до $-4,4$ °C. В този диапазон е и температурата за Северното черноморско крайбрежие – станция Варна, със сезонна температура за зимата $-1,9$ °C. Приблизително толкова са били и най-ниските зимни температури в станция Сливен. С най-високи зимни температури за 1953–1954 г. се характеризират най-югозападните части на България – станция Сандански с $-0,2$ °C.

Таблица 3
Table 3

Най-високи и най-ниски зимни температури за периода 1931/32–2016/17 г.
и година на случване
The highest and the lowest winter temperatures for the period 1931/32–2016/17
and year of the occurrence

	Видин	Враца	Плевен	Разград	Варна	София	Казанлък	Сливен	Кюстендил	Хасково	Сандански
MAX	4,8 (2006– 2007)	5,7 (2006– 2007)	5,4 (2006– 2007)	4,9 (1935– 1936)	6,2 (2006– 2007)	3,6 (2006– 2007)	3,9 (1935– 1936)	5,7 (2006– 2007)	4,4 (1950– 1951)	5,4 (1965– 1966)	6,7 (1951, 2007)
MIN	$-5,3$ (1953– 1954)	$-5,4$ (1953– 1954)	$-5,5$ (1953– 1954)	$-6,0$ (1953– 1954)	$-1,9$ (1953– 2054)	$-4,4$ (1953– 1954)	$-3,9$ (1953– 1954)	$-1,8$ (1953– 1954)	$-3,7$ (1953– 1954)	$-3,3$ (1953– 1954)	$-0,2$ (1953– 1954)

През зимата на 2006–2007 г. седем от общо 11 изследвани станции показват най-високи температури на въздуха за анализирания период (табл. 3). Температурите са били между $3,6$ и $6,7$ °C. За станция Сандански се установяват две години (1951, 2007), през които температурата е достигнала най-висока стойност за изследвания период: $6,7$ °C.

Тренд и аномалии на зимните температури на въздуха

Трендът на зимните температури за целия период (1931/32–2016/17) е с положителен знак за всички 11 станции. Най-високи стойности има при ст. Плевен и ст. Враца ($0,3$ °C/10 години), като той е значим за девет от станциите (табл. 4). Не се установява статистическа значимост на тренда на зимните температури в ст. Хасково и ст. Кюстендил. За периода 1986/88–2016/17 г. положителен тренд е наблюдаван в 8 станции, изключение са станциите Видин, Враца и Плевен. Статистическата значимост на тренда се потвърждава само за станция Сандански ($0,6$ °C/10 години).

Тренд на зимните температури (°C/10 години)
Trend of the winter temperatures (°C/10 years)

	Видин	Враца	Плевен	Разград	Варна	София	Казанлък	Сливен	Кюстендил	Хасково	Сандански
1931/32– 2016/17	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2
1987/88– 2016/17	-0,3	-0,1	-0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,6

Стойностите, записани с Bold, са статистически значими при $p = 0,05$

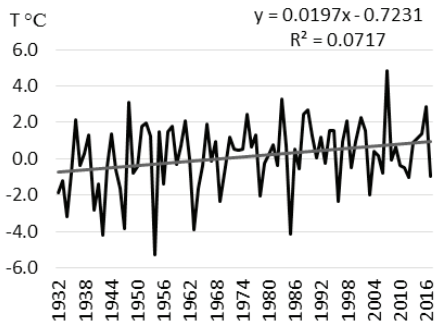
Аномалиите на зимните температури през първите 30 години (1931/32–1960/61) на изследвания период (1932–2017) са отрицателни (фиг. 2). Най-студена зима в сравнение със средната за изследвания период е била зимата на 1953–1954 г., която е със значителна отрицателна аномалия при всички станции (от $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$). С положителни аномалии на зимните температури на въздуха са предимно периоди от 80-те и 90-те години на миналия век. Последните години на изследвания период – след 2000 г., също правят впечатление с положителни аномалии на зимните температури за всички станции. За периода 1987/88–2016/17 г. почти всички години са с положителни температурни аномалии (фиг. 2). С високи стойности на температурните аномалии се откроява зимата на 2006–2007 г. – около $4\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Северна България и $2\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Южна България.

МНОГОГОДИШНИ ИЗМЕНЕНИЯ НА ЗИМНИТЕ ВАЛЕЖИ

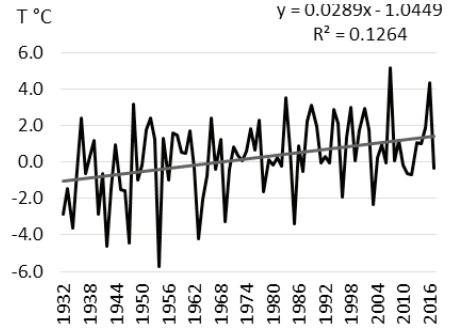
Средни многогодишни, минимални и максимални стойности

Типичен умереноконтинентален валежен режим е характерен за станциите Плевен, Видин, Враца, София, Казанлък, Разград, континентално-средиземноморски режим се установява в Сандански, Хасково и Варна, а преходно-континентален – Кюстендил, Сливен. Средните многогодишни зимни валежни суми за периода 1931/32–2016/17 г. варират между 111,7 mm (ст. Плевен) и 188 mm (ст. Хасково, фиг. 3). По-ниските сезонни суми се наблюдават главно в Северна централна и Източна България, както и в част от задбалканските котловини, а по-високите – в Южна България. Това разпределение се обяснява с умереноконтиненталното и средиземноморското климатично влияние и орографията.

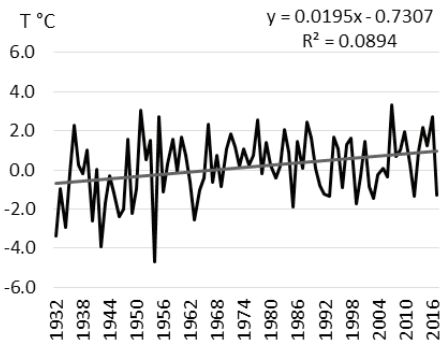
Видин



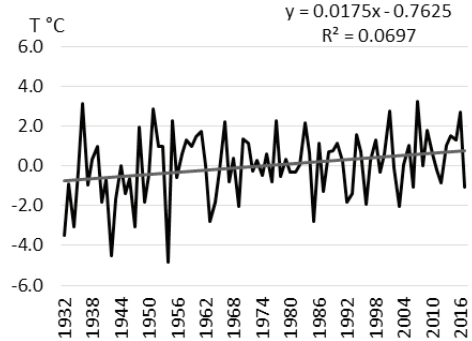
Плевен



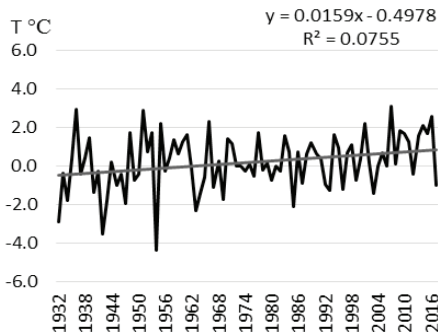
София



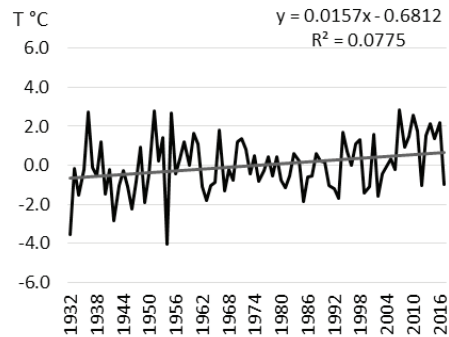
Варна



Хасково

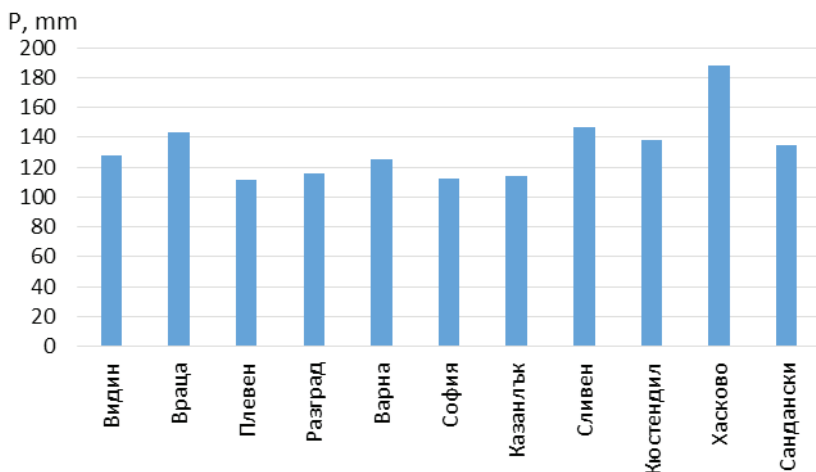


Сандански



Фиг. 2. Аномалии на зимните температури на въздуха
(разлика от средната за 1931/32–2016/17)

Fig. 2. Winter air temperatures anomalies (difference of average for 1931/32–2016/17)



Фиг. 3. Средни стойности на зимните валежи за периода 1931/32–2016/17 г.
Fig. 3. Average winter precipitation for the period 1931/32–2016/17

Таблица 5 показва годините с най-високи и най-ниски зимни валежни суми за периода 1931/32–2016/17 г. и годините на случване. В 11-те изследвани метеорологични станции максималните валежни суми варират между 196 и 422,9 mm. Най-високи валежи са установени при станция Сливен (422,9 mm) през зимата на 2004–2005 г. В изследваната извънпланинска територия на България като години с най-високи зимни валежни суми се открояват 1963, 2012 и 2015 г., което се дължи на високи валежи.

Таблица 5
Table 5

Най-високи и най-ниски зимни валежни суми за периода 1931/32–2016/17 г.
и година на случване

The highest and the lowest winter precipitation totals for the period 1931/32–2016/17
and year of the occurrence

	Видин	Враца	Плевен	Разград	Варна	София	Казанлък	Сливен	Кюстендил	Хасково	Сандански
MAX	272 (1962–1963)	290 (1962–1963)	244 (1962–1963)	237 (2014–2015)	395 (2012–2013)	196 (1962–1963)	284 (1969–1970)	422,9 (2004–2005)	306 (1934–1935)	358 (2011–2012)	246 (2014–2015)
MIN	25 (2001–2002)	46 (1988–1989)	35 (1988–1989)	15 (1948–1949)	11 (1948–1949)	32 (1975–1976)	18 (1958–1959)	15 (1948–1949)	29 (2007–2008)	37 (1948–1949)	7,9 (1991–1992)

Най-ниските зимни валежни суми са различно разпределени през годините. По територия най-ниските валежи варират между 7,9 и 15 mm (1948–

1949), съответно в станциите Сандански, Варна, Разград и Сливен. В станциите Плевен, Хасково и Враца най-ниските зимни валежи са наблюдавани през зимите на 1988–1989 или 2001–2002 г.

Тренд и аномалии на зимните валежи

Трендът на зимните валежи за периода (1931/32–2016/17) е с положителен знак при станциите Враца, Плевен, Разград, Варна, Сливен и Хасково и с отрицателен при Видин, София, Казанлък и Сандански. Най-високи стойности има при ст. Разград (3,6 mm/10 години), а най-ниски при ст. Кюстендил (–4,9 mm/10 години). За периода 1988–2017 г. положителен знак на тренда има при всички станции, като той е значим при станциите Враца, Плевен, Разград и Варна. С най-високи стойности е при ст. Варна (34,8 mm/10 години), а с най-ниски – при ст. Кюстендил (8,8 mm/10 години). Статистически значими тенденции се установяват само за последните 30 години от изследвания период в отделни станции от Северна България (табл. 6).

Таблица 6
Table 6

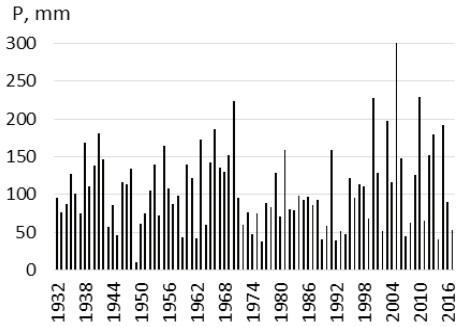
Тренд на зимните валежи (mm/10 години)
Trend of winter precipitation (mm/10 years)

	Видин	Враца	Плевен	Разград	Варна	София	Казанлък	Сливен	Кюстендил	Хасково	Сандански
1931/32– 2016/17	–0,1	0,9	1,0	3,6	1,6	–0,4	–1,8	2,6	–4,9	1,2	–3,0
1987/88– 2016/17	22,9	22,9	21,3	26,9	34,8	10,3	17,0	24,1	8,8	31,8	20,4

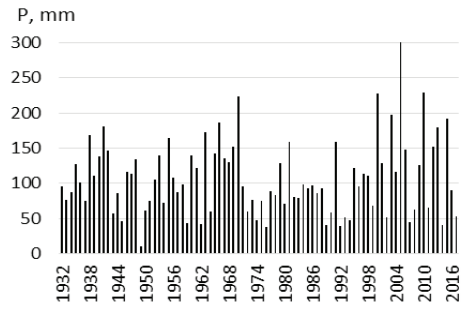
Стойностите, записани с Bold, са статистически значими при $p = 0,05$

Аномалиите на зимните валежи представят процентното отклонение на сезонните суми за всяка година от средната многогодишна за целия изследван период (фиг. 4). Силно сухи зими с валеж под 50% от средния многогодишен в почти всички изследвани станции са зимите на 1975–1976, 1988–1989 и 1992–1993 г. След 2000 г. само в отделни случаи се наблюдават силно сухи години.

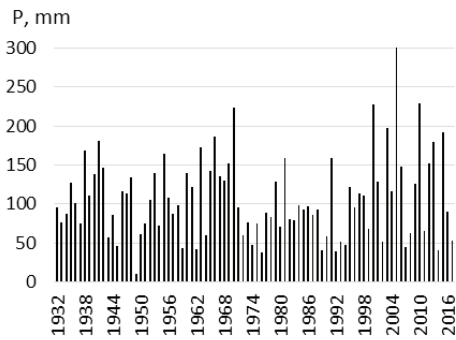
Видин



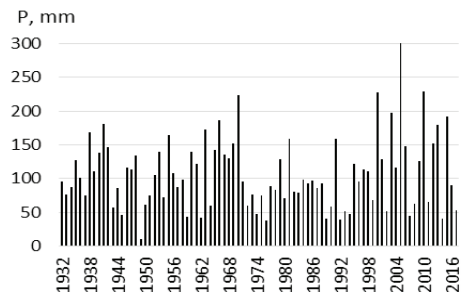
Разград



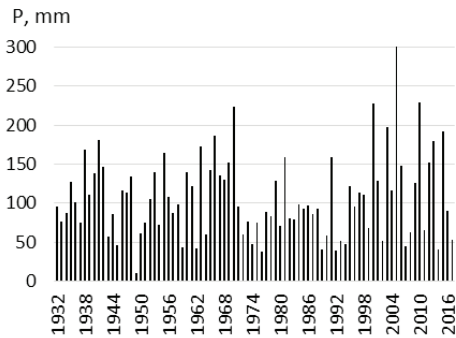
София



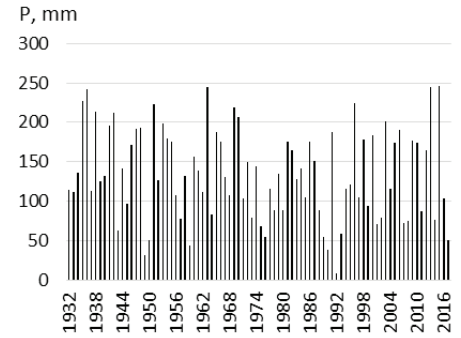
Варна



Сливен



Сандански



Фиг. 4. Аномалии на зимните валежи (отклонение в % от средната за 1931/32–2016/17 г.)

Fig. 4. Winter precipitation anomalies (deviation in % from average for 1931/32–2016/17)

Най-често силно сухите зими са наблюдавани в Кюстендил, Сливен и Сандански. Средно сухи зими с валеж между 50 и 75% от средната многогодишна стойност са установени в почти всички изследвани станции през 1949–1950 г., началото на 70-те, 80-те и 90-те години на миналия век. В около половината от изследваните станции средно сухи са били зимите на 1998–1999, 2001–2002,

2007–2008 г. С най-голяма честота (между 20 и 26% от всички години в изследвания период) са средно сухите години в станциите Варна, Видин и в тези от Задбалканските котловини.

Изчислените аномалии на зимните валежи показват като силно валежна зима за всички изследвани станции зимата на 1962–1963 г., когато зимните валежи са били над 150% от средния многогодишен зимен валеж (фиг. 4). Като силно валежни сезони се очертават зимите на 1940–1941 г., 1969–1970 г. и 2014–2015 г. Най-голям брой силно валежни зими са наблюдавани в станциите от Южна България (между 11 и 14 за изследвания период). За Северна България се установява повишаване на броя на средно валежните зими (с валеж между 125 и 150% от средния многогодишен) в сравнение със силно валежните години, докато в Южна България двете групи са с почти еднакъв брой. С най-голяма честота, макар и не във всички изследвани станции, са средно валежните зими от средата на 30-те до средата на 40-те години на миналия век, както и през периода 2010–2015 г.

ВРЪЗКА МЕЖДУ МНОГОГОДИШНИЯ ХОД НА ЗИМНИТЕ ТЕМПЕРАТУРИ НА ВЪЗДУХА И ВАЛЕЖИТЕ И ЕДРОМАЩАБНИТЕ АТМОСФЕРНИ ПРОЦЕСИ

Въздействието на едромашабните атмосферни процеси върху многогодишния ход на зимните температури на въздуха и валежите е изследвано на базата на корелационен и регресионен анализ и коефициентите на северноатлантическата и западната средиземноморска осцилация.

Коефициентът на корелация между индексите на атмосферна циркулация (NAOI) и температурата на въздуха през зимните месеци за избраните станции показва слаба до умерена връзка. В някои от метеорологичните станции зависимостта е дори незначителна (ст. София – 0,03; ст. Хасково – 0,01; –0,04 за ст. Сандански). За ст. Кюстендил и ст. Сандански е налице обратна зависимост между параметрите.

От направените изчисления се установява, че по-високи са коефициентите на корелация за станциите, които са разположени в Северозападна България – ст. Видин (0,32), ст. Враца (0,30) и ст. Плевен (0,31). За ст. Разград и ст. Варна, които се намират в североизточната част на България корелационният коефициент между температурата на въздуха и NAOI намалява съответно до 0,18 и 0,12. За останалите станции, които се разполагат на юг от Стара планина, зависимостта е значително по-слаба. Направеният анализ показва, че NAOI има съществено по-силно влияние върху температурата на въздуха през зимните месеци в Северна България и най-вече в северозападната част, отколкото в Южна България (табл. 7).

Корелационни коефициенти между зимните температури на въздуха и валежи и индексите на атмосферна циркулация

Correlation coefficients between air temperature and atmospheric circulation indices for winter

Метеорологична станция	Температура на въздуха		Валежи	
	NAOI	WeMOI	NAOI	WeMOI
Видин	0,32	0,27	-0,33	0,22
Враца	0,30	0,28	-0,35	0,21
Плевен	0,31	0,27	-0,30	0,29
Разград	0,18	0,41	-0,23	0,21
Варна	0,12	0,40	-0,36	0,33
София	0,03	0,34	-0,35	0,30
Казанлък	0,11	0,34	-0,18	0,32
Сливен	0,10	0,39	-0,24	0,31
Кюстендил	-0,15	0,40	-0,35	0,33
Хасково	0,01	0,41	-0,24	0,27
Сандански	-0,04	0,31	-0,25	0,43

Влиянието на западната средиземноморска осцилация (WeMOI) върху температурата на въздуха през декември, януари и февруари е по-равномерно разпределено по територията на страната. Тук най-слабо е въздействието на WeMOI върху температурите в Северозападна България при ст. Видин (0,27), ст. Враца (0,28) и ст. Плевен (0,27). При останалите станции изчислените коефициенти на корелация са над 0,3, което показва умерена зависимост.

Резултатите от анализите показват, че WeMOI има значително по-ясно изразено въздействие върху промените в температурата на въздуха през зимата в България, отколкото NAOI (табл. 7).

Коефициентът на корелация между NAOI и валежите е отрицателна стойност за всички станции, което показва обратна зависимост, т.е. при нарастване на индекса на NAOI валежите намаляват (табл. 7). По-слаба корелационна зависимост на валежните суми от NAOI се наблюдава при ст. Разград, ст. Казанлък, ст. Сливен, ст. Хасково и ст. Сандански. При останалите метеорологични станции коефициентът на корелация е между $-0,3$ и $-0,36$, което показва умерено влияние на NAOI върху валежите.

Количествените изменения на валежите в станциите, разположени в Северозападна България (Враца, Видин и Плевен), както и при ст. Разград и ст. Хасково, са по-слабо обусловени от индексите на WeMOI. В сравнение с тях при останалите се установяват по-високи коефициенти на корелация, като най-значим е при ст. Сандански (0,43). Въпреки това няма ясно разграничаване на влиянието на WeMOI върху промените на валежните суми в рамките на България.

Множественият коефициент на корелация (Multiple R) показва умерена връзка между измененията в температурата на въздуха през зимните месеци и съвместното въздействие на NAOI и WeMOI за всички станции (табл. 8).

Стойностите на корелационните коефициенти са между 0,32 и 0,45, като най-значими са при ст. Кюстендил (0,45), ст. Разград (0,43), ст. Варна (0,41) и ст. Хасково (0,41). Най-ниски коефициенти на корелация са установени при метеорологични станции София и Казанлък – 0,34.

Въпреки статистическата значимост на резултатите от регресионния анализ, доказана чрез F-статистика, коефициентът на детерминация показва, че между 10 и 20% от измененията на температурата на въздуха през зимните месеци се определят от промените на NAOI и WeMOI (табл. 8). Резултатите от анализа показват, че промяната на WeMOI с единица води до по-съществени изменения в температурата на въздуха в сравнение с NAOI. Най-съществени изменения на температурата на въздуха вследствие влиянието на WeMOI показват стойностите при ст. Варна (1,02), ст. Кюстендил (1,05) и ст. Хасково (1,06).

Таблица 8

Table 8

Регресионен анализ между зимните температури на въздуха (зависима променлива) и индексите на атмосферна циркулация (независими променливи)
Regression analysis between winter air temperatures (dependent variable) and atmospheric circulation indices (independent variable)

Метеорологична станция	Multiple R	R ²	Signific. F	Coefficients			
				NAO	P-value	WeMOI	P-value
Видин	0,39	0,15	0,001	0,27	0,01	0,66	0,03
Враца	0,39	0,15	0,001	0,27	0,01	0,79	0,02
Плевен	0,38	0,15	0,001	0,29	0,008	0,72	0,03
Разград	0,43	0,18	0,0002	0,13	0,20	0,20	0,0002
Варна	0,41	0,17	0,0006	0,06	0,49	1,02	0,0002
София	0,34	0,12	0,005	-0,02	0,84	0,89	0,001
Казанлък	0,34	0,12	0,006	0,05	0,56	0,76	0,002
Сливен	0,39	0,15	0,0009	0,03	0,67	0,88	0,0003
Кюстендил	0,45	0,20	9,5E-05	-0,16	0,04	1,05	4,5E-05
Хасково	0,41	0,17	0,0004	-0,04	0,64	1,06	8,0E-05
Сандански	0,32	0,10	0,01	-0,06	0,43	0,71	0,003

От изчисленията, извършени чрез регресионен анализ, се установява, че промените във валежите в по-висока степен са зависими от промените в индексите на NAO и WeMO за територията на цялата страна в сравнение с промените в температурата на въздуха (табл. 9). За стойностите на NAOI тази зависимост е с отрицателен знак, т.е. при увеличаване на индекса с единица валежите намаляват. Най-силно изразено е влиянието при ст. Варна (-13,95) и ст. Кюстендил

(-13,88). От получените резултати от регресионния анализ се установява, че коефициентите на корелация между промените във валежите през декември, януари и февруари при избраните метеорологични станции имат умерена до значителна зависимост от NAOI и WeMOI. Най-силна е тази връзка при ст. Сандански (0,54), ст. Варна (0,53), ст. Кюстендил (0,51) и ст. София (0,5) (табл. 9). При останалите станции корелационните коефициенти показват стойности под 0,5, т.е. умерено въздействие на NAOI и WeMOI върху количествата на валежите, като най-ниската изчислена стойност е определена при ст. Разград (0,33).

Като се има предвид географското положение на изследваните станции и резултатите от регресионния анализ, може да се направи изводът, че влиянието на NAOI и WeMOI е по-значително в Югозападна България, както и по Северното Черноморие – ст. Варна. F-статистиката потвърждава статистическа значимост на резултатите от регресионния анализ (табл. 9).

Таблица 9

Table 9

Регресионен анализ между зимните валежи (зависима променлива) и индексите на атмосферна циркулация (независими променливи)
Regression analysis between winter precipitation (dependent variable) and atmospheric circulation indices (independent variable)

	Multiple R	R ²	Signific. F	Coefficients			
				NAOI	P-value	WeMOI	P-value
Видин	0,42	0,17	0,0003	-10,10	0,001	23,16	0,009
Враца	0,44	0,20	0,000	-9,43	0,0002	19,92	0,009
Плевен	0,45	0,20	7,6E-05	-7,13	0,001	21,85	0,0008
Разград	0,33	0,11	0,008	-6,13	0,01	17,76	0,02
Варна	0,53	0,27	1,2E-06	-13,95	2,6E-05	10,18	8,9E-05
София	0,50	0,25	5,8E-06	-7,58	6,0E-05	20,83	0,0003
Казанлък	0,40	0,16	0,0009	-5,9	0,03	28,75	0,0007
Сливен	0,42	0,18	0,0003	-10,60	0,005	40,48	0,0007
Кюстендил	0,51	0,27	2,4E-06	-13,88	5,2E-05	40,94	0,0001
Хасково	0,39	0,15	0,001	-11,00	0,006	37,32	0,003
Сандански	0,54	0,030	7,1E-07	-9,37	0,001	43,64	1,8E-06

Резултатите, представени в табл. 9, показват, че измененията в стойностите на WeMOI имат значително по-голямо въздействие върху промените на валежните количества в сравнение с влиянието на промените на NAOI. При нарастване на индекса на WeMOI с единица при всички станции валежите регистрират по-високи стойности, като най-големи са при станциите, разположени на юг от Стара планина (Сандански, Кюстендил, Сливен, Хасково). Коефициентите на корелация, изчислени чрез регресионен анализ, показват, че индексите на атмосферна циркулация NAOI и WeMOI съвместно имат по-съществено влияние върху температурата на въздуха и количествата на валежите в сравнение с въздействието, което оказват самостоятелно. По-значи-

телни разлики в стойностите на корелационните коефициенти се наблюдават при валежите и тяхната зависимост от NAOI и WeMOI.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящата статия анализира многогодишния ход на температурата на въздуха и валежите за зимата за периода 1932/33–2016/17 г. на базата на месечни стойности за месеците декември, януари и февруари. Чрез линейна регресия е установен статистически значим позитивен тренд на зимните температури на въздуха за периода 1931/32–2016/17 г. със стойност $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ години в повечето изследвани станции. За последните 30 години от изследвания период в станциите от Северозападна и Централна България се наблюдава противоположна тенденция, но трендът не е статистически значим. Зимните валежи показват по-добре изразен и статистически значим позитивен тренд за последните десетилетия – 1987/88–2016/17 г.

NAOI има по-силно влияние върху температурата на въздуха в Северозападна България, отколкото в Южна България. Влиянието на WeMOI е по-равномерно разпределено по територията на страната, отколкото на NAOI. При увеличение на индекса на WeMOI зимните валежи регистрират по-високи стойности.

Промените във валежите в по-висока степен са зависими от промените в едромашабните циркулационни процеси за територията на цялата страна в сравнение с промените на температурата на въздуха. WeMOI има по-голямо въздействие върху промените на валежните количества в сравнение с NAOI.

ЛИТЕРАТУРА

- Николова, Н., А. Пенков. 2015. Влияние на температурата на въздуха и атмосферната циркулация върху снеговалежите в района на станция Рожен (Западни Родопи). – *Год. на СУ, ГГФ*, т. 108, кн. 2 – География, 63–69.
- Николова, Н. 2018. Методи за изследване на климата. Първа част. София: Авангард-Прима, 154 с.
- Carvalho, R. C., C. D. Woodroffe. 2015. Rainfall Variability in the Shoalhaven River Catchment and its Relation to Climatic Indices. – *Water Resour Manage* 29:4963–4976.
- García, N. O., L. Gimeno, L. de la Torre et al. 2004. North Atlantic Oscillation (NAO) and precipitation in Galicia (Spain). – *Atmósfera* (2005), 25–32.
- Jovanović, G., I. Reljin, B. Reljin. 2008. The influence of the Arctic and North atlantic oscillation on precipitation regime in Serbia. IOP Conference Series Earth and Environmental Science.
- Nikolova, N. 2008. Extreme precipitation months in Bulgaria / Luni cu precipitații extreme în Bulgaria. Geographical Phorum. – *Geographical studies and environment protection research*, Year 6, № 7/2008, 83–92.

- Petkova, N., R. Brown, E. Koleva et al. 2005. Snow Cover Changes in Bulgarian Mountainous Regions, 1931–2000. – In: 62nd EASTERN SNOW CONFERENCE. Waterloo, ON, Canada.
- 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>
- Syed, M. F. Riaz, M. J. Iqbal, S. Hameed. 2017. Impact of the North Atlantic Oscillation on winter climate of Germany. – *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 69:1, 1406263.
- Törnros, T. 2013. On the relationship between the Mediterranean Oscillation and winter precipitation in the Southern Levant. – *Atmos. Sci. Lett.* 14: 287–293, p. 293.
- Turkes, M., E. Erlat. 2006. Influences of the North Atlantic oscillation on precipitation variability and changes in Turkey. – *Il Nuovo Cimento.*, vol. 29 C, № 1.
- Vicente-Serrano, S. M., J. I. Lopez-Moreno. 2008. Nonstationary influence of the North Atlantic Oscillation on European precipitation. – *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, D20120.
- Vlăduț, A., N. Nikolova, M. Licurici. 2018. Evaluation of thermal continentality within southern Romania and Northern Bulgaria (1961–2015). – *Geofizika*, vol. 35.

SUMMARY
OBSERVED CHANGES IN WINTER AIR TEMPERATURE
AND PRECIPITATION IN BULGARIA AND THEIR RELATION TO
THE ATMOSPHERIC CIRCULATION

The article analyses the multi-annual course of air temperature and precipitation for the winter for the period 1932/33–2016/17, based on monthly values for December, January and February. The study area includes 11 meteorological stations located in non-mountainous part of Bulgaria at the regions with a various geographical and climatic conditions. By application of a linear regression method, statistically significant positive trend of winter air temperatures for the period 1931/32–2016/17 was found, with a value of 0,2 °C/10 years in the most of the studied meteorological stations. For the last 30 years (1987/88–2016/17) of the investigated period, the opposite trend is observed in the stations of northwest and central Bulgaria, but the trend is not statistically significant. Winter precipitation shows a more pronounced and statistically significant positive trend for the last decades – 1987/88–2016/17.

The impact of large scale atmospheric processes on the variability of winter air temperature and precipitation was analysed by multiple regression method. As independent variables were used the indices of North Atlantic Oscillation (NAOI) and Western Mediterranean Oscillation (WeMOI). The results of the research show that NAOI have a greater impact on air temperature in Northwestern Bulgaria than in Southern Bulgaria. The influence of WeMOI is more evenly distributed throughout the country than NAOI. The increase of WeMOI leads to the increase of the winter precipitation.

Changes in precipitation are more dependent on changes in large-scale circulation processes throughout the country than changes in air temperature. In comparison to NAOI, the WeMOI has a greater impact on changes in precipitation.