

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

**НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО
МЕТЕОРОЛОГИЯ И ХИДРОЛОГИЯ**

Венета Иванова Тодорова

**ОСОБЕНОСТИ НА КЛИМАТА ПО БЪЛГАРСКОТО
ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ И ВРЪЗКА С
АТМОСФЕРНАТА ЦИРКУЛАЦИЯ В
АТЛАНТИКО - ЕВРОПЕЙСКИЯ РАЙОН**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
на дисертация

за присъждане на образователната и научна степен
„ДОКТОР”

в област на висше образование 4. Природни науки, математика
и информатика, професионално направление
4.1. Физически науки (Метеорология)

Научен ръководител:
проф. дн Веселин Александров

София, 2015 г.

Дисертационният труд е с обем 148 страници. Състои се от увод, шест глави, заключение, четири приложения и списък на цитираната литература, включващ 146 заглавия, от които 23 са на кирилица и 123 са на латиница.

Дисертационният труд е обсъден и предложен за защита на разширен научен семинар на департамент „Климатология и агрометеорология”, проведен на 17.12.2014 г.

Докторантката работи като асистент и прогнозист на времето в сектор „Прогнози” на Националния Институт по Метеорология и Хидрология - БАН, филиал Варна.

Състав на научното жури:

проф. д-р Христо Георгиев, НИМХ – БАН

проф. дн Веселин Александров, НИМХ – БАН

доц. д-р Добромир Гроздев, ТУ - Варна

доц. д-р Елисавета Пенева, Физически Факултет на СУ

доц. д-р Николай Рачев, Физически Факултет на СУ

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 29.04.2015 г., от 14.00 часа в заседателната зала на Учебния център на НИМХ- БАН, гр. София.

СЪДЪРЖАНИЕ

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Актуалност на изследването.....	4
Цел и задачи на изследването.....	4
Методи на изследване.....	5
Практическа значение на работата.....	5
Апробация на дисертацията.....	6
Обект, предмет и обем на дисертацията.....	6

II. ИЗЛОЖЕНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава I. Обзор на изследванията в областта на дисертацията.....	7
--	----------

Глава II. Експериментален материал и методи на изследване	7
--	----------

II.1. Използвани данни и методология. Корекция на данни и попълване на липсващи стойности. Корекция на “outliers”.....	7
---	---

II.2. Използвани статистически методи.....	8
--	---

ГЛАВА III. Хомогенизация на средна температура и валеж.....	10
--	-----------

Глава IV. Климатични вариации на температурата и валежа над Източна България.....	13
--	-----------

IV.1. Вариации на средната температура.....	13
---	----

IV.2. Вариации на максималната температура.....	15
---	----

IV.3. Вариации на минималната температура.....	17
--	----

IV.4. Вариации на валежа.....	19
-------------------------------	----

Глава V. Климатични индекси. Колебания и тенденции на територията на Източна България.....	22
---	-----------

V.1. Климатични индекси характеризиращи температурния режим.....	22
---	----

V.2. Климатични индекси характеризиращи валежния режим....	24
--	----

Глава VI. Връзка на атмосферната циркулация с температурата и валежа.....	26
--	-----------

Заклучение.....	30
------------------------	-----------

Приноси.....	34
---------------------	-----------

Списък на публикациите на автора.....	35
--	-----------

Литература.....	37
------------------------	-----------

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Актуалност на изследването

Още в началото на 70-те години на миналия век е започнало да се говори за това, че човешката дейност може да влияе върху изменението на климата (*Будико, 1974*). Съвременните изследвания, както в глобален мащаб, така и в България, са насочени към установяване измененията на основните елементи на климата (температура, валеж, влажност на въздуха, изпарение и др.), имащи пряко въздействие върху социалния и икономически живот на хората. Според изследвания на български и чужди автори, съществуват доказателства за това, че във времето и климата са настъпили промени, изразяващи се в: повишение на глобалната температура и увеличение на честотата на интензивните валежи в средните ширини на Европа и Америка (*Alexander et al., 2006*), увеличаващ се брой на случаите с развитие на мощни конвективни бури в България след средата на 90-те години на ХХ-ти век (*Бочева, 2014*), повишение на годишната и лятна температура по българското крайбрежие след 1985 година (*Koleva and Krasteva, 2011*), общото намаление на валежите в България (*Раев и др., 2003*) и други. Изучаването на вариациите и измененията на климатообразуващите фактори всъщност е начин да се изучат измененията на климата в даден район и да се прогнозира бъдещи климатични промени. И тъй като регионалните климатични изменения не винаги са отражение на глобалните, именно в тази посока е разработен дисертационния труд.

Цел и задачи на изследването

Целта на дисертацията е да се изучат регионалните колебания и тенденции на метеорологичните елементи температура и валеж над Източна България.

За постигане на поставената цел бяха решени следните задачи:

- Проверка и контрол на изходната метеорологична информация;

- Избор на методи, подходи и начини за оценяване на резултатите;
- Изследване колебанията на температурата и валежа в Източна България;
- Определяне тенденциите на изменение и тяхната статистическа значимост;
- Изследване периодите с интензивни валежи и суша като част от измененията в климата на даден район;
- Търсене на връзка между регионалните изменения на температурата и валежа и някои характерни особености на атмосферната циркулация.

Методи на изследване

В работата е използван комплексен подход при анализ на данните и резултатите. Използвани са статистически методи за проверка на редиците на температурата и валежа за хомогенност, както и за оценка на посоката на изменение на двата елемента. Застъпени са сравнителният анализ, графичния и табличен вид за представяне на резултатите.

Практическо значение на работата

Получените резултати могат да бъдат използвани в различни области: селско стопанство (в посока планиране продуктивността и устойчивостта на земеделските култури), туризъм (реклама, тенденции в изменението на условията и продължителността на туристическия сезон), инфраструктурни проекти, дългосрочно прогнозиране на времето и на диапазона на екстремните стойности на метеорологичните елементи.

Апробация на дисертацията

Част от резултатите са изложени в 10 публикации. Две от тях са в чужди списания, едното с импакт фактор, а трета публикация е в реномирано българско списание. Останалите седем публикации са отпечатани в сборници от конференции, 2 от които са проведени в чужбина и 5 в България.

Обект, предмет и обем на дисертацията

Обект на изследването са температурата на въздуха и количеството на валежа над Източна България. **Предмет** на изследването са техните колебания и изменения във времето, и тяхната връзка с елементи на общата атмосферна циркулация.

Дисертационният труд е с **обем** 148 страници. Състои се от увод, шест глави, заключение, четири приложения, публикации, свързани с дисертацията и списък на цитираната литература. В общият текст са включени 85 фигури и 33 таблици.

В **Глава I** е направен обзор на изследванията в областта на измененията на температурата и валежа; описани са използваните в дисертацията климатични индекси.

В **Глава II** са описани всички използвани данни, техните източници, методите на предварителна обработка и тези, на изследване.

В **Глава III** е направена съпоставка между редиците с изходни данни и тези, с хомогенизирани данни на двата изследвани елемента.

Подробно описание на получените закономерности от изследванията на вариациите на температурата и валежа, както и резултатите, свързани със статистическата значимост на получените трендове се съдържат в **Глава IV**.

В **Глава V** са представени резултатите от изследванията, свързани с екстремни климатични индекси.

В **Глава VI** са описани четири индекса на глобалната циркулация и е изследвано влиянието, което те оказват върху режима

на температурата и валежа; изследвана е връзката, която съществува между циркулационните и екстремните климатични индекси.

Основните резултати са представени в **Заклучението**, а допълнителната информация, свързана с изследването, е дадена в **Приложение**.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

В **увода** са разгледани целите и задачите на дисертационния труд, както и актуалността от изследване на вариациите на температурата и валежа.

В Глава I е направен литературен обзор. Подробно са дадени дефинициите на климатичните индекси, с помощта на които са изучени екстремните явления, имащи най-пряко въздействие върху живота на хората.

Глава II, „Експериментален материал и методи на изследване”, се състои от 2 части.

II.1. Използвани данни и методология. Корекция на данни и попълване на липсващи стойности. Корекция на “outliers”.

В изследването са използвани данни за температурата (измерена чрез обикновен психрометричен, максимален и минимален термометър) и валежа от 44 метеорологични станции (6 синоптични, 11 климатични и 27 дъждомерни) към Националния Институт по Метеорология и Хидрология (НИМХ) на територията на Източна България (Фиг. II.1). Основният изследван период е 1959-2009 г. С цел сравнение на междугодишните данни допълнително е изследван и периода 1985-2009, който е избран поради преобладаващите положителни аномалии на температурата и увеличената честота на екстремните метеорологични и климатични явления (*Климатични промени, 2010*). Като изходни данни са използвани средните дневни стойности на температурата и денонощни количества на валежа. От

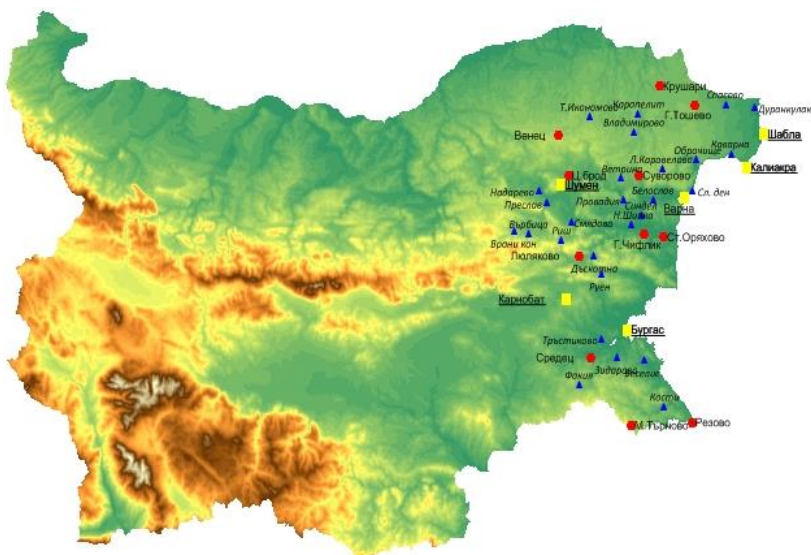
тях, за нуждата на изследването, бяха получени техните съответни средни месечни (за валежа месечно количество), средни годишни (за валежа годишно количество) и сезонни стойности. Климатичната норма, спрямо която са анализирани отклоненията е 1961-1990. При изследване на валежа е направено групиране на станциите в 5 групи, като всяка група е максимално близка с климатичното райониране по *Събев и Станев, 1959*. На редиците е направена проверка за грешки, липси и “outliers”, като тези, в които липсват повече от 20% от данните бяха изключени от разглеждане.

II.2. Използвани статистически методи

Всички редици с месечни и годишни стойности на температурата и валежа бяха проверени за хомогенност с непараметричен тест, базиран на F - и t - тест (RHtestsV3). Чрез метода на пълзящата средна стойност бяха отделени периодите с дългосрочни колебания в редиците. Чрез тестовете на Mann-Kendall (*Gilbert, 1987*) и Sen (*Sen, 1968; Gilbert, 1987*) са получени и оценени значимостите на тренда на изменение на двата елемента.

С помощта на софтуерен продукт STARDEX е пресметнат набор от екстремни климатични индекси (Таблица I.1) (<http://www.cru.uea.ac.uk/projects/stardex>).

Всички получени резултати за трендовете на изменение бяха приети за статистически значими, при условие $\alpha \leq 0.05$.



Фиг.П.1. Метеорологични станции в Източна България. Жълти квадрати – синоптични станции, червени кръгове – климатични станции, сини триъгълници – дъждомерни станции.

Таблица 1.1. Списък на изследваните STARDEX Core индекси

Индекс	Дефиниция	Единица
tnfd	Брой дни, когато $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$ (т.нар. „мразовити дни“)	дни
txhwd	Heat Wave Duration (продължителност на „топлите вълни“). (Времето, през което в продължение на минимум пет последователни дни $T_{\max} \geq T_{\max}^N + 5^{\circ}\text{C}$, където T_{\max}^N е средното на T_{\max} за базисния период 1961-1990)	дни
txq90	90-ти перцентил на максималната температура	$^{\circ}\text{C}$
tnq10	10-ти перцентил на минималната температура	$^{\circ}\text{C}$
pq90	90-ти перцентил на сумата на валежа	mm/ден
pxcdd	Максимален брой последователни дни с валежи под 1 mm (характеризира сухия период)	дни
px5d	Максимален валеж в 5 последователни дни	mm
pint	Еднодневен интензивен валеж. (Общо количество на валежа към общия брой дни, когато $R_{\text{интензивен}} \geq 1\text{mm}$)	mm/ден
pf90	Процент от общия валеж, по-голям от 90-ти перцентил на валежа за всяка станция, пресметнат за периода 1961-1990. (Принос на интензивните валежи към общото количество)	%
pnf90	Брой случаи, със сума на валеж по-голяма от 90-ти перцентил от валежните дни за всяка станция	брой (дни)

ГЛАВА III. Хомогенизация на средна температура и валеж

В климатологията още от средата на миналия век се говори за това, че дадена редица преди да бъде обработена, трябва да бъде проверена за влияние на неклиматични фактори в нея (*Alisov et al., 1952; Conrad and Pollak, 1962*). Такива фактори могат да бъдат: промяна във времето и мястото на измерване, смяна на дадена апаратура за измерване, промяна в мерната единица на измервания елемент, промяна в метода на осредняване, настъпили изменения в околната среда и други. Самото действие, свързано с премахването, представлява привеждане на редицата до вариации, които да се дължат само и единствено на вариациите в климата. В литературата се среща голям набор от методи за хомогенизиране, но в настоящата работа е използван непараметричният тест RH_{testV3} , базиран на F - и t - тестове. Причините, поради които е избран са: позволява многократно откриване на точки на прекъсване (“break points”) с/без наличие на референтна серия, може да хомогенизира годишни, месечни и ежедневни данни, решен е проблемът с неравномерното разпределение на грешките, изчислява се набор от предварително зададени (от авторите на теста) статистически параметри и статистическата значимост на всяка открита нехомогенност, може да работи с/без налична информация за метаданни и други. Основните получени резултати след прилагане върху редици с месечни и годишни стойности на средна температура и валеж са следните. От представената на Фиг. III.5 информация става ясно, че голям брой точки на прекъсване, тестът открива в периода 1992-1994 и през 1997 и 1998 година. Периодът след 1992 година в България се характеризира с т.нар. «бум на ново строителство» и в много райони тогава се наблюдава съществено изменение на околната среда. Прекъсването, което се вижда на Фиг. III.6. през 1997 година в редицата на средната годишна температура в станция Варна, е

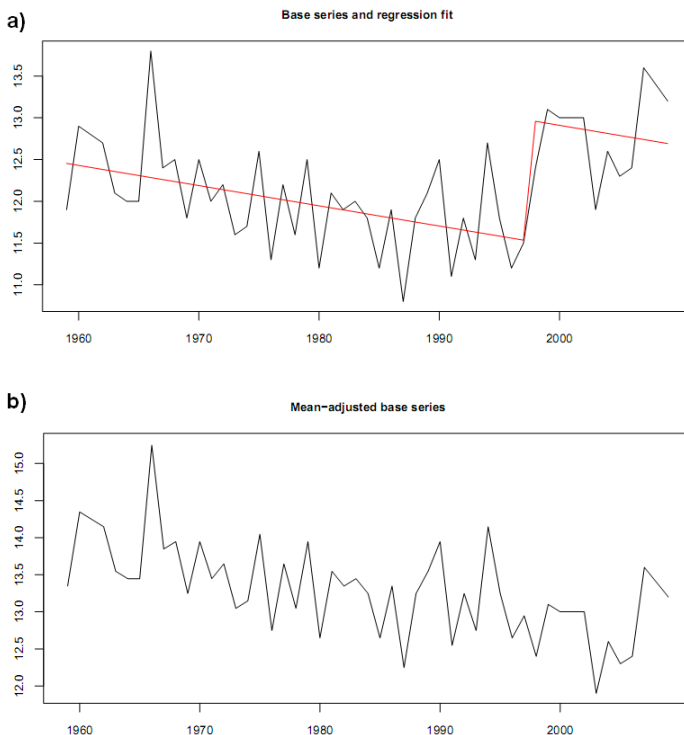
свързано с нейното преместване. Чрез теста се установи и фактът, че най-често в редиците съществува по една нехомогенност, като в редиците от месечни стойности и на двата елемента това се наблюдава предимно през студените месеци – от септември до февруари.



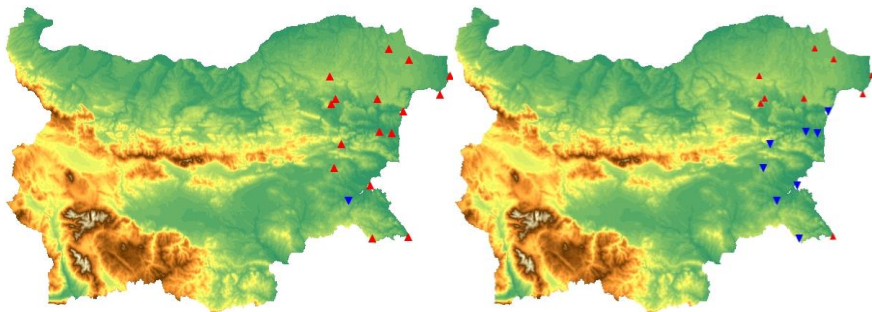
Фиг. III.5. Годишен брой на нехомогенностите за станции от Източна България открити с теста RHtestV3 в температурни и валежни редици

Особеностите в пространственото изменение на трендовете в резултат от хомогенизиране на редиците се изразяват в: по-голяма съгласуваност между редиците на средната месечна температура преди прилагане на теста (с известно изключение за района на Югоизточна България); между редиците на средната годишна температура след хомогенизация съгласуваност се наблюдава само за станциите по крайбрежието; по отношение на валежа, както при месечните, така и при годишните редици, съгласуваност преди и след хомогенизиране съществува само при станции от района на Югоизточна България. Пример за пространственото изменение на трендовете в резултат от хомогенизиране на редици, е показан на Фиг. III.7, от която се вижда, че 39% от станциите променят знака на тренда след хомогенизиране, докато 28% от тях тестът счита за еднородни. При годишните редици резултатът е съответно 56% с

променен знак и 11% еднородни редици. При валежа според теста еднородните редици са повече - 70% с месечна сума и 50% с годишна сума. Предвид получените резултати, бе прието по-нататъшните изследвания в дисертацията да се правят с оригиналните данни.



Фиг. III.6. Ход на *средната годишна температура* ($^{\circ}\text{C}/\text{year}$) (a) преди и (b) след хомогенизация в станция Варна. Червената линия показва линейната регресия в хомогения участък и мястото на възможни настъпили изменения



Фиг. III.7. Изменения в тенденциите на редиците от *средни месечни температури* в станции от Източна България преди (ляво) и след (дясно) хомогенизацията. Червени триъгълници нагоре - нарастващ тренд, сини триъгълници надолу – намаляващ тренд.

Глава IV. Климатични вариации на температурата и валежа над Източна България

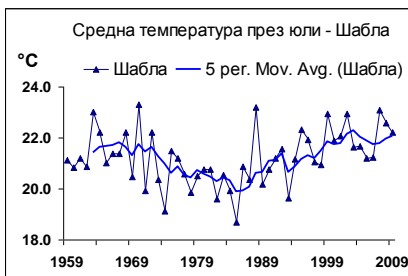
Тази глава се състои от 4 части, като във всяка от тях са изследвани подробно месечните, годишните и сезонните вариации и тенденции съответно на трите температури и на валежа. Чрез статистически методи са направени оценки на трендовете. По-важните резултати са както следват.

IV.1. Вариации на средната температура

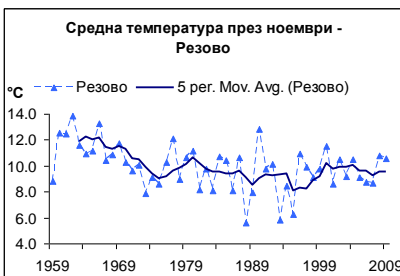
С помощта на 5 годишно пълзящо средно за всеки месец за всяка станция са премахнати краткочерниодичните вариации в хода на средната температура. Пресметнатият линеен тренд варира силно, като е най-висок през юли - между $+1.5^{\circ}$ и $+2^{\circ}$ за 51-годишният разглеждан период (1959-2009), а отрицателен - през ноември (между -1.6° и -1.9°). Най-характерните особености обаче в хода на тази температура са свързани с добре изразените минимума през януари, юни, юли и август, като през януари той е през 60-те и 70-те години, а през юни, юли и август обхваща и част от 80-те.

При годишните редици след 1998 година се наблюдават само положителни отклонения, а линеините трендове са между $+0.7^{\circ}$ и

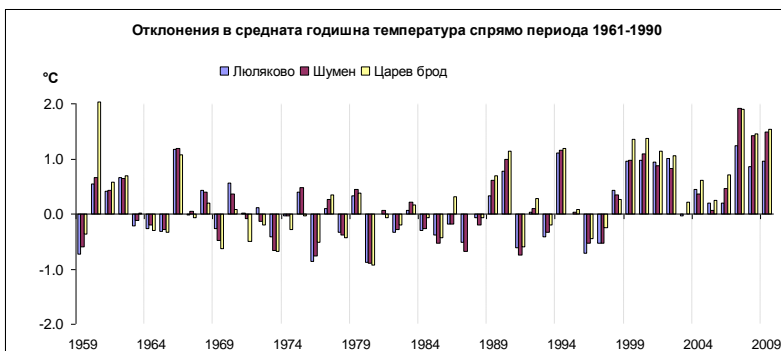
+1.2° за станциите от вътрешността, и между +0.2° и +0.6° за тези от крайбрежието, за които се отчита съпоставимост с резултатите на *Alexandrov et al.,2004* получени за цялата страна. Статистически значими изменения на средната температура са установени в периода 1985-2009 за месеците юни-август и октомври. Примерни графики, илюстриращи този резултат са показани на Фиг.IV.7, Фиг.IV.11 и Фиг.IV.13а.



Фиг.IV.7. Ход на средната температура през юли в станция Шабла



Фиг.IV.11. Ход на средната температура през ноември в станция Резово



Фиг.IV.13а. Аномалии на средната годишна температура за периода 1959-2009 спрямо климатичната норма 1961-1990 в станции Люляково, Шумен и Царев брод.

Особеностите в сезонните изменения се изразяват в:

- По-топли зими след 1985 година с линеен тренд през основния период (1959-2009) от $+0.4^{\circ}\text{C}$ до $+0.9^{\circ}\text{C}$ ($+0.2^{\circ}\text{C}$ до $+0.6^{\circ}\text{C}$ за крайбрежието);
- Хладна пролет от 70-те до средата на 90-те;
- Хладни лета от средата на 60-те до средата на 80-те с висок линеен тренд от $+1.5^{\circ}$ до 2° (отново за основния период 1959-2009);
- Хладна есен през последните три десетилетия на XX век;
- Статистически значими са повишенията на температурата през лятото, а през есента в периода 1985-2009;

IV.2. Вариации на максималната температура

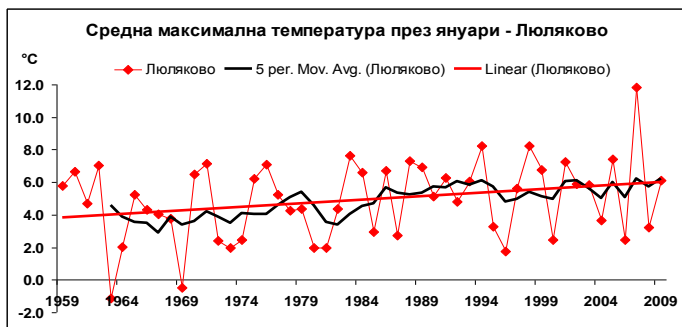
Линейните тенденции на средната максимална температура в основния разглеждан период (1959-2009) при всички станции са най-високи през месеците януари-март и май-август. Стойностите на изменение тогава варират между $+1.5^{\circ}\text{C}$ и $+2.5^{\circ}\text{C}$ (виж Фиг.IV.19). През ноември за всички станции от Източна България е установено намаление на средната максимална температура между -1.4°C и -2.3°C .

Трендът на годишната средна максимална температура се различава от този, установен в *Alexandrov et al., 2011*. За територията на Източна България за периода 1959-2009 той се колебае между $+0.6^{\circ}\text{C}$ и $+1.2^{\circ}\text{C}$, и единствено в станции Шабла и Венец е почти нулев (минус 0.1°C в Шабла), докато установеният от *Alexandrov et al., 2011* за цялата страна за 20-ти век е между $+0.4^{\circ}\text{C}$ и $+0.6^{\circ}\text{C}$. Причина за тези високите положителни стойности в тренда, получен за Източна България е увеличени брой топли години в края на 20-ти и началото на 21-ви век (*Климатични промени, 2010*).

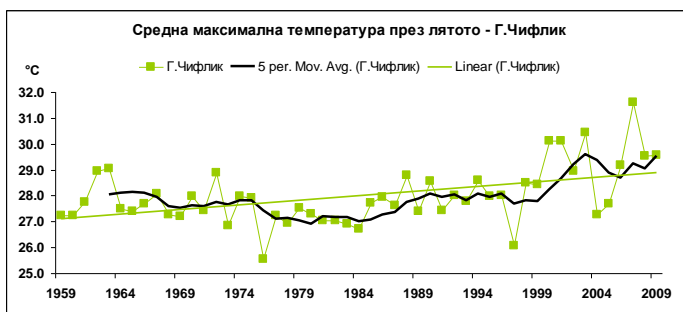
Статистически значими и положителни тенденции на температурата бяха установени през месеците май-август в периода

1959-2009, а в периода 1985-2009 за тези през май-юли, и при редиците със средни годишни стойности.

Анализът на сезонните изменения показва, че хладни са били летата от средата на 70-те до първата половина на 80-те, както и есените през 70-те години на 20-ти век (Фиг.IV.23). Най-висок статистически значим ръст на максималната температура през есента е установен при станциите от северното крайбрежие в периода 1985-2009: Шабла (+0.09°C/сезон), нос Калиакра (+0.08°C/сезон) и Варна (+0.07°C/сезон), като този резултат е съпоставим с резултата на *Tomozeiu et al., 2002*, получен при изследване района на Югоизточна Румъния.



Фиг.IV.19. Ход на средната максимална температура през януари в станция Люляково и 5-годишно плъзгащо средно



Фиг.IV.23. Ход на средната максимална температура през лятото в станция Горен Чифлик и 5-годишно плъзгащо средно

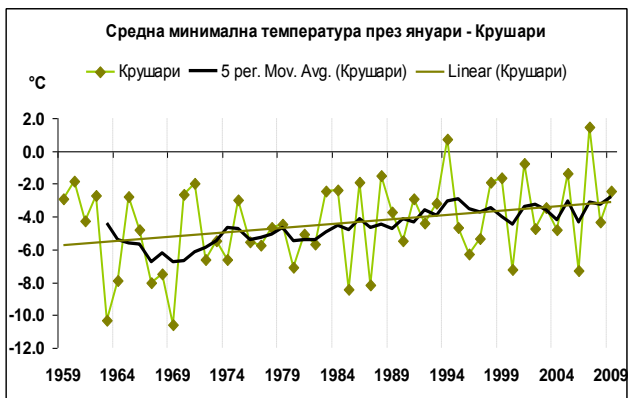
IV.3. Вариации на минималната температура

В изследването е установено, че през отделните месеци на годината, средната минимална температура в Източна България има различен по знак и големина тренд. През типично най-студения месец януари, за разглеждания основен 51-годишен период, той е към повишение, като скоростта на изменение е най-голяма за станциите от Североизточна България и северното крайбрежие: $+2.6^{\circ}\text{C}$ в Крушари (Фиг.IV.25). През февруари, април, май, ноември и декември средната минимална температура се понижава, докато през месеците март и юни-октомври се покачва. Анализът на стойностите показва, че докато отрицателните изменения не са добре изразени, то най-високите положителни тенденции се откриват в станциите от Североизточна България и северното крайбрежие. Станция Резово се откроява като единствена станция с отрицателен тренд на средната минимална температура през всички месеци от годината.

Изследването на средната годишна минимална температура за територията на Източна България показва положителни линейни тенденции (с изключение на станция Резово, където знакът е отрицателен). Резултатът, получен за тренда може да се каже, че съвпада с полученият за цялата страна за 20-ти век от *Alexandrov et al., 2011* (между $+0.6^{\circ}\text{C}$ и $+0.8^{\circ}\text{C}$), като малко по-високи стойности се откриват в Североизточна България: Крушари ($+1.6^{\circ}\text{C}$), нос Калиакра ($+1.2^{\circ}\text{C}$) и Ген.Тошево ($+1.1^{\circ}\text{C}$). В Резово средната годишна минимална температура през основния разгледан период (1959-2009) се е понижила с -1.7°C .

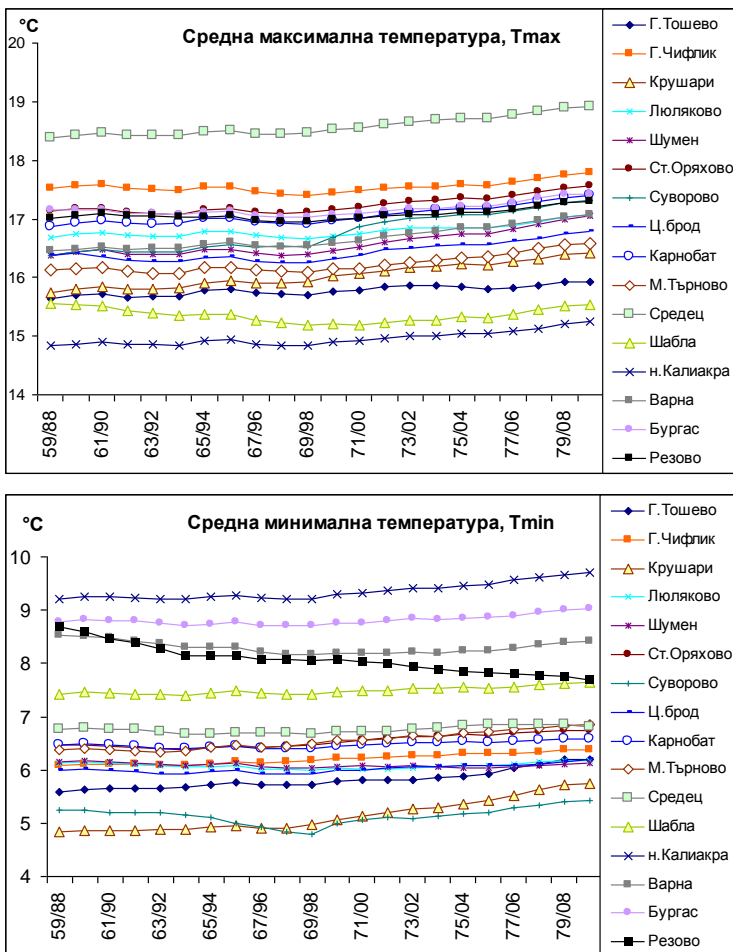
Сезонните изменения на минималната температура през основния разгледан период се характеризират с най-големи положителни и статистически значими изменения през лятото при почти всички станции. В периода 1985-2009 трендовете през всички сезони са положителни, като статистически значими са стойностите

вече и през есента. Станциите от Североизточна България и северното крайбрежие се открояват с най-високите лятно-есенни трендове.



Фиг.IV.25 Ход на средната минималната температура през януари в станция Крушари и 5-годишно плъзгащо средно

За проверка на съществуваща разлика в скоростите на изменение между максималната и минималната температура, на Фиг.IV.26 с отместване една година са показани температурните вариации, получени чрез усредняване за всеки 30 години от разгледания период. Забелязва се, че при почти всички станции през 70-те години на миналия век е започнало повишение на температурите. Изключение е станция Средец (Югоизточна България), където ходът на средната температура е към намаление. Относително по-бързо нарастване на температурата се наблюдава при станциите от Североизточна България. Установената средна скорост на изменение при всички станции е между $+0.1^{\circ}\text{C}/\text{декада}$ до $+0.3^{\circ}\text{C}/\text{декада}$.



Фиг.IV.26. Вариации и ход на годишната максимална (T_{max}) и минимална (T_{min}) температура на станции от Източна България, получени чрез осредняване за всеки 30-години в периода 1959-2009

IV.4. Вариации на валежа

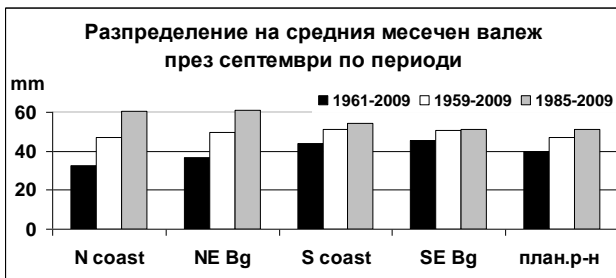
Режимът на валежа е неустойчив, тъй като често се наблюдават случаи на обилни валежи, както и минимални и максимални месечни и годишни суми. Това се дължи на по-тясната връзка на този елемент

с циркулационните условия (за разлика от температурата, чийто режим се определя повече от радиационните условия) (*Станев и др., 1991*). Въпреки това, чрез подробен анализ на месечните, годишните и междугодишните суми (примери на Фиг.IV.27, Фиг.IV.29 и Фиг.IV.30) се установиха следните няколко важни особености в разпределението на валежа:

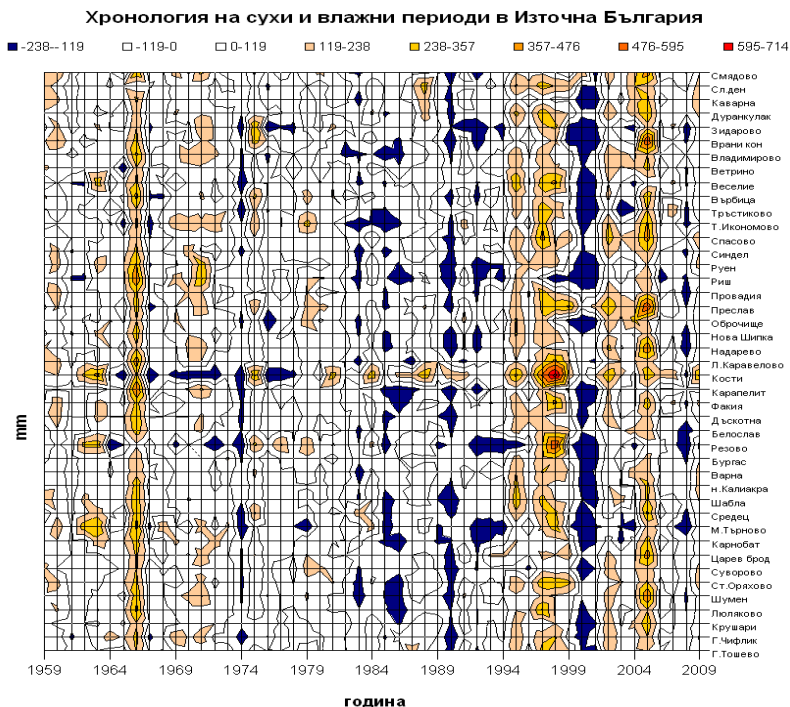
- Сухо: през януари и февруари в края на 80-те до началото на 90-те години на 20-ти век;
- Влажно: през 70-те до началото на 80-те, както и от средата на 80-те до края на 90-те години на миналия век;
- През месец септември при сравняване на периода 1985-2009 спрямо 1961-1990, най-голямото повишение на средното количество валеж се наблюдава по северното крайбрежие - близо 85%;
- Сухи години: 2000-2001 и 1990-1992; влажни: 1998, 2005, 1966;
- Статистически значим е ръстът на валежа през септември за 30% от станциите в основния период и за 72% от станциите в периода 1985-2009 година;
- В периода 1959-2009 намаление на валежа при почти всички станции е установено през зимата и лятото;
- През есента сумата на валежа расте, по-бързо в периода 1985-2009.



Фиг.IV.27. Ход на валежите през юли на станции от Източна България (1959-2009)



Фиг.IV.29. Разпределение на средномесечната сума валеж през септември в периодите 1961-1990, 1959-2009 и 1985-2009.



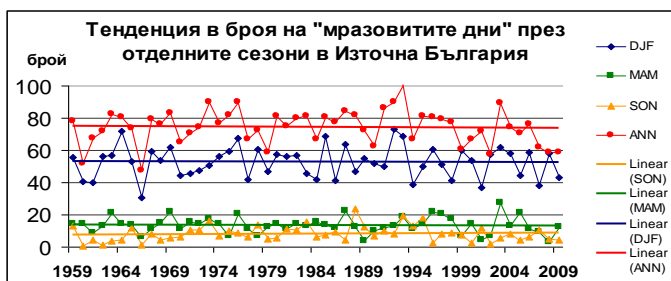
Фиг.IV.30. Отклонения на годишните валежи спрямо климатичната норма на станции от Източна България в периода 1959-2009. В синя гама - отрицателни отклонения, в оранжева – положителни. Районите в бял цвят отделят всички отклонения до 30% от най-ниската норма.

Глава V. Климатични индекси. Колебания и тенденции на територията на Източна България

Климатичните индекси в настоящата работа са използвани с цел да бъдат изучени някои от екстремните явления, имащи пряко влияние върху живота на хората. Изучени са както сезонните, така и годишните им изменения.

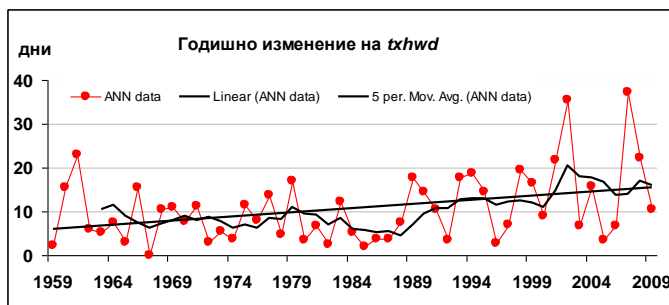
V.1. Климатични индекси характеризиращи температурния режим

В тази част от главата са анализирани измененията на индексите, които се отнасят до честотата и степента на екстремно ниските и екстремно високите температури (индексите *tnfd*, *txhwd*, *txq90* и *tnq10* от Таблица I.1). За броят на дните с минимална температура под 0° се установи, че през отделните сезони той варира между 8 и 53 дни. Намалващ тренд индексът има през зимата, пролетта и през годината като цяло (между 1 и 3 дни/декада). Пространственото разпределение на тези тенденции показва, че те са най-ярко изразени при станциите от Североизточна България и северното крайбрежие. Близки на тези резултати са получени от *Milošević et al., 2013* за Словения при разглеждане на периода 1961-2011 г. Ходът на изменение на индекса *tnfd* през отделните сезони е показан на Фиг.V.3.



Фиг.V.3. Тенденция в броя на „мразовитите дни” през отделните сезони в Източна България за периода 1959-2009 г. Стойностите за всеки сезон и година са получени чрез регионално осредняване на сериите от данни.

Другият важен индекс се отнася до т.нар „горещи вълни”. В смисъла на използваната в дисертацията дефиниция за Източна България се установи, че техният брой расте, като най-висока е средната им стойност (5 дни) през зимата. От Фиг.V.6. се вижда, че от края на 80-те години на миналия век годишният брой на тези вълни прогресивно расте.

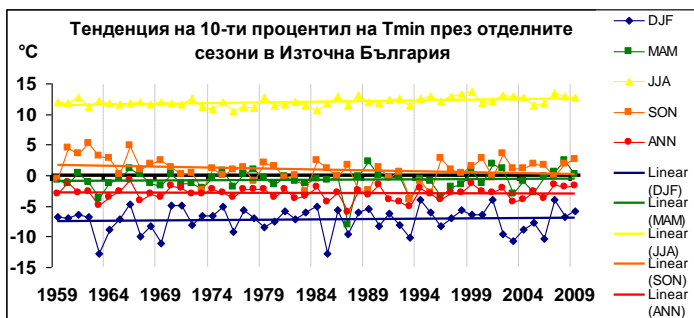


Фиг.V.6.Тенденция в годишното изменение на броя „горещи вълни” в Източна България за периода 1959-2009 г. Стойностите са получени чрез регионално осредняване на сериите от данни.

Ръст на 90-ти перцентил на максималната температура беше установен през всички сезони. Със статистическа значимост е този тренд при разглеждане на пролетните, летните и годишните редици. Най-висока средна стойност има индексът през лятото (31.0°C), а най-ниска през зимата, когато в 75% от случаите той е под 15°C . За всички станции годишният тренд е положителен и варира между $+0.3^{\circ}\text{C}/\text{декада}$ и $+0.6^{\circ}\text{C}/\text{декада}$.

Индексът $mq10$, често наричан в литературата «студени нощи», за територията на Източна България е с най-ниска средна стойност през зимата: в 50% от случаите варира между минус 9°C и минус 5.3°C . Пространственото разпределение на знака на изменение по сезони показва статистически значим ръст през лятото

(приблизително $+0.02^{\circ}\text{C}/\text{сезон}$) (т.е. летните нощи стават по-топли) и отрицателен тренд през есента (т.е. есенните нощи стават по-хладни). Пример за хода на индекса по сезони, регионално усреднен за Източна България, може да се види от Фиг. V.12.

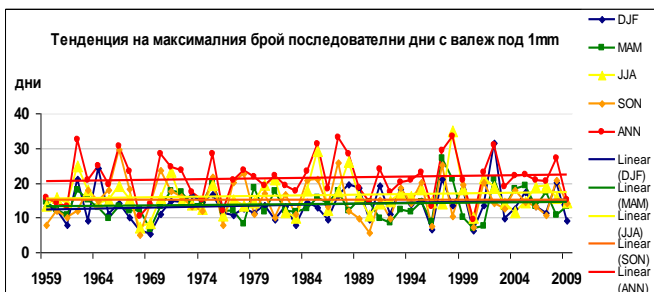


Фиг. V.12. Тенденция на 10-ти процентил на минималната температура през отделните сезони в Източна България за периода 1959-2009 г. Стойностите за всеки сезон и година са получени чрез регионално осредняване на сериите от данни.

V.2. Климатични индекси характеризиращи валежния режим

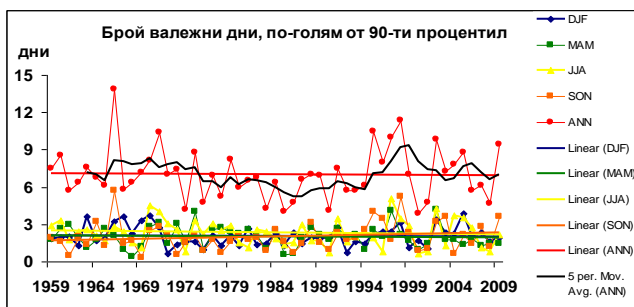
Всички индекси, характеризиращи *интензивността* на валежа ($prq90$, $px5d$, $pint$ от Таблица I.1) имат своите регионални особености и като цяло може да се каже, че не съществува добре изразена съгласуваност в знаците на техните трендове между съседни станции. Въпреки това, след анализиране на данните най-важните особености в разпределението, които се открояха са свързани с ръст на интензивните валежи през лятото и есента, особено добре изразен през есента при станциите от Североизточна България ($+0.03 \text{ mm}/\text{сезон}$).

При изследване измененията в *честотата* на валежа с помощта на индексите $pxcdd$ и $pnl90$ се установи, че в северната част от разглеждания район преобладават положителните, а в южната-отрицателните изменения.



Фиг.V.24. Тенденция на последователния брой дни с валеж под 1 mm през отделните сезони в Източна България за периода 1959-2009 г. Стойностите за всеки сезон и година са получени чрез регионално осредняване на сериите от данни.

Стойностите на *pxcdd* за района на Източна България като цяло, през годините непрекъснато се изменят и това се вижда от Фиг.V.24. С изключение на есента, когато практически не се наблюдава никакво изменение в броя на дните, през останалите сезони и през годината, техният брой расте много бавно, като това изменение няма статистическа значимост. С 5-годишно плъзгащо средно приложено върху редицата с регионално осреднените годишни стойности се вижда, че най-малък е броят на валежните дни (индексът *rp190*) през 80-те и първата половина на 90-те години на миналия век (Фиг.V.27).



Фиг.V.27. Тенденция на броя валежни дни, по-голям от 90-ти процентил през отделните сезони в Източна България за периода 1959-2009 г. Стойностите за всеки сезон и година са получени чрез регионално осредняване на сериите от данни.

С помощта на последния изследван в дисертацията климатичен индекс (pfl90) се установява, че интензивните валежи:

- през есента имат най-голям принос към общия валеж;
- средно имат най-голям брой през лятото;
- от основния изследван период, през 80-те години на миналия век процентът на екстремните валежи, имащи принос към общото годишно количество валеж е бил най-малък.

Глава VI. Връзка на атмосферната циркулация с температурата и валежа

Атмосферната циркулация е един от факторите, които определят климата в даден район. За изследване на връзката между нея с елементите на климата (температура и валеж) и екстремните климатични индекси, в тази глава са изследвани техните корелационни зависимости от следните четири циркулационни индекси: Северноатлантическа осцилация (NAO), Арктическа осцилация (АО), El Niño Southern Oscillation (така нареченият ENSO) и от Atlantic multidecadal oscillation (AMO). Изследването е проведено до ниво намиране на статистически значима връзка, с която да могат да бъдат обяснени колебанията и измененията в режима на температурата и валежа на територията на Източна България.

Най-силните връзки, които съществуват между средната температура и циркулационните индекси са положителни. Със статистическа значимост са тези между летните и годишните стойности с индекса AMO за всички станции, като подобни резултати са получени за цяла Европа от *Gámiz-Fortis et al., 2011* (при изследване на периода 1941-2004) и *Arguez et al., 2009* (при изследване на периода 1906-2005). Слаба до умерена статистически

значима връзка на средната температура с NAO и АО се установи главно за станциите от Североизточна България, съответно през пролетта (за NAO) и зимата (за АО). В първия случай може да се предположи, че това се дължи на усилено зонално нахлуване на топли въздушни маси от Атлантически океан при наличие на добре развити циклони там, а във втория случай - когато при слабо развит полярен вихър циркулацията над района лесно може да се смени с такава от меридионален тип.

Доказано имащ силна връзка с режима на валежите в Европа е индексът на Северноатлантическата осцилация (NAO). В дисертацията такава връзка беше установена за Източна България за зимните и пролетните валежи. Силна, също отрицателна (както с NAO) връзка беше установена и с АО. За станциите от Североизточна България най-добре изразена, положителна и статистически значима се оказва връзката на зимните и есенните валежи с АО.

При изследване на връзката между климатичните и циркулационните индекси е направено осредняване на екстремните климатични индекси за разглеждания район. По този начин местното влияние върху интензивността на дадено екстремно явление е премахната и по-лесно се прави връзка с атмосферната циркулация. Резултатите могат да се видят от Таблица VI.4.

Индексите NAO и ENSO имат разнопосочна и много слаба връзка с броя на дните с минимална температура под 0°C ($tnfd$), 90-ти перцентил на максималната температура ($txq90$) и 10-ти перцентил на минималната температура ($tnq10$), както и с продължителността на горещите вълни ($txhwd$) (Таблица VI.4).

Положителна, статистически значима и умерена е връзката на АО със зимните стойности на $tnq10$ и $txhwd$. Като допълнителна информация може да послужи и факта, че за 91% от разгледаните

станции връзката с Арктическата осцилация (АО) също е статистически значима, като корелационните коефициенти се колебаят между 0.36 (Карнобат и Малко Търново) и 0.57 (Генерал Тошево) за индекса tnq_{10} , и между 0.33 (Шабла, Карнобат) и 0.37 (Суворово) за $txhwd$. Това се обяснава с географското разположение на страната, тъй като при отслабване на полярния вихър, в източната и югоизточната периферия на антициклон с център около Скандинавски полуостров сравнително лесно над Източна България нахлува студен арктичен въздух.

Както при средната температура, влиянието на циркулационния индекс АМО върху температурните екстремни индекси е най-силно върху летните и годишните стойности: слабо до умерено, положително и със статистическа значимост. Отрицателна е корелацията с годишните стойности на $tnfd$. Или с други думи, установено е, че намаление на стойността на АМО води до повишение в броя на дните с температура под 0°C .

Индексите, изместващи интензивността на валежа (pq_{90} , $px5d$, $pint$) зависят по различен начин от особеностите в атмосферната циркулация. Силна зависимост от нея и стабилността на атмосферата беше намерна за $px5d$ и $pint$.

Броят на сухите периоди, определен с индекса $pxcdd$ през всеки сезон има слаба до умерена връзка с особеностите в атмосферната циркулация. Положителна е корелацията с индексите NAO и АО, което означава, че броят на сухите периоди може да се увеличи или да намалее, съответно при положителна или отрицателна фаза на циркулационните индекси. През зимата връзката на $pxcdd$ с АО е положителна и за голям брой от станциите в Североизточна България статистически значима. Близки до получените в настоящата работа резултати за връзката между сухите периоди с NAO са получени за Европа от *Casanueva et al., 2014* за периода 1950-2010.

Почти еднаква и статистически значима е корелационната зависимост между индекса *pnl90* и индексите NAO, AO и АМО. Получените резултати показват, че високи стойности на броя валежни дни по-голям от 90-ти процентил може да се очаква при отрицателни фази на NAO и AO, и при положителни отклонения в температурата на окенската повърност в Северния Атлантик.

Интензивните валежи, имащи принос към общия валеж (индексът *pfl90*) имат еднопосочна връзка с NAO, AO и АМО (както при *pnl90*), като се откроява влиянието на АМО върху неговото изменение.

Таблица VI.4. Коефициенти на корелация между сезонни и годишни стойности на климатични индекси, отнасящи се до температурата, и индексите на циркулация NAO, AO, ENSO и АМО. Климатичните индекси са получени чрез регионално осредняване за станции от Източна България в периода 1959-2009. Маркираните в сив фон числа са значими при $\alpha < 0.05$.

<i>Core index</i>	NAO					AO				
	зима	пролет	лято	есен	год.	зима	пролет	лято	есен	год.
tnfd	-0.08	-0.21		0.12	0.06	0.04	-0.13		0.32	0.06
txq 90	0.11	0.00	-0.10	0.09	0.12	0.21	0.05	0.00	0.20	0.18
tnq10	0.24	0.22	-0.06	-0.16	0.09	0.42	0.16	-0.04	-0.37	0.16
txhwd	0.17	-0.03	-0.17	-0.14	0.22	0.41	0.06	-0.08	-0.11	0.30
<i>Core index</i>	ENSO					AMO				
	зима	пролет	лято	есен	год.	зима	пролет	лято	есен	год.
tnfd	-0.10	0.24		-0.32	0.14	-0.11	0.03		-0.25	-0.33
txq 90	0.26	-0.08	-0.13	0.17	-0.13	0.33	0.07	0.34	-0.03	0.49
tnq10	0.05	-0.43	-0.08	0.31	-0.29	-0.07	-0.07	0.39	0.30	0.24
txhwd	0.12	-0.03	-0.06	0.19	-0.06	0.21	0.22	0.38	0.01	0.31

З а к л ю ч е н и е

В дисертация са изучени измененията на елементите на климата температура и валеж в Източна България, имащи основна роля за развитието на стопанската дейност и туризма в този район.

Използваната информация е от 44 метеорологични станции от мрежата на Националния Институт по Метеорология и Хидрология (НИМХ) за периода 1959-2009 година. За да могат да бъдат направени сравнения на междугодишните данни, е изследван и периода 1985-2009 година, който е избран поради преобладаващите положителни аномалии на температурата и увеличената честота на екстремните метеорологични и климатични явления. Климатичната норма, спрямо която са анализирани отклоненията се отнася за периода 1961-1990 година. Тъй като използваните станции са разположени в области с различни климатични условия (Добруджа, част от Лудогорието, района на Странджа-Сакар и Черноморието), с цел да се изследват особеностите на тези райони, при анализ на валежа допълнително е направено следното разделяне на станциите: станции от вътрешността на Североизточна България, станции от Югоизточна България, северно и южно крайбрежие, и район на Източна Стара планина (наречен „планински район”).

Първоначално наличните среднодневни данни за температура на сухия, максималния и минималния термометър, а на валежа денонощна сума, бяха проверени за липси и грешки. На следващ етап бяха изчислени средните месечни, средните годишни и сезонните стойности. Редиците с месечни и годишни данни бяха проверени за хомогенност с двуфазов регресионен модел $RHtestV3$. Краткотрайните флукутации на редиците при анализиране на тенденциите бяха премахнати с метода на пълзящата средна при период на усредняване 5 години. За статистически значими бяха приети тези резултати, за които нивото на значимост $\alpha \leq 0.05$. Тенденциите на разгледаните в дисертацията климатични елементи (температура и валеж) са определени с непараметричният тест на Mann-Kendall, а значимостта на тренда- с теста на Sen. Намерена е

емпирична функция, която да опише месечните, годишните и сезонните разпределения на емпиричните данни свързани с валежа. С помощта на набор от климатични индекси беше определена посоката на изменение на някои опасни явления, свързани с двата изследвани елемента. Силата на връзката между атмосферните процеси, температурата и валежа, както и техни екстремни стойности беше изследвана с набор от четири атмосферни циркуляционни индекса. Въз основа на всичко това, основните получени в дисертацията резултати са:

- Приложеният тест за хомогенност показва, че по-голяма съгласуваност между трендовете на редиците на средната месечна температура съществува преди прилагане на теста, докато между редиците на средната годишна температура съгласуваност се наблюдава след хомогенизиране само за станциите по крайбрежието. Съгласуваност между редици на валежа е открита преди и след провеждане на теста, но само между станции от района на Югоизточна България;
- Резултатът от анализа на броя нехомогенности показва, че както в месечните, така и в годишните редици и на двата елемента съществуват до две нехомогенности. Техният най-голям брой е съсредоточен в периода 1992-1994, както през 1997 и 1998 година;
- **Статистически значим нарастващ тренд има средната месечна температура през юни, юли и август за близо 75% от станциите в периода 1959-2009 г.: между $+0.3^{\circ}\text{C}/\text{декада}$ и $+0.7^{\circ}\text{C}/\text{декада}$. В периода 1985-2009 г. температурните изменения са положителни през всички месеци, като със статистическа значимост са тези през май, юни, юли и август, както и през октомври, като стойността на наклона за година ($^{\circ}\text{C}/\text{год.}$) се е увеличил над 2-3 пъти;**
- **Средната годишна температура в Източна България се е повишила с до $+0.2^{\circ}\text{C}/\text{декада}$ в периода 1959-2009 г. При разглеждане на периода 1985-2009 е установен**

статистически значим ръст между $+0.4^{\circ}\text{C}/\text{декада}$ и $+0.8^{\circ}\text{C}/\text{декада}$, като най-високите стойности на наклона са отчетени при станциите от Източна Добруджа и северното крайбрежие;

- **Статистически значимо повишение на средната месечна максимална температура в периода 1959-2009** има през месеците май, юни, юли и август (между $+0.3^{\circ}\text{C}/\text{декада}$ и $+0.6^{\circ}\text{C}/\text{декада}$), докато в периода 1985-2009 те са по-високи и са през май, юни и юли (между $+0.5^{\circ}\text{C}/\text{декада}$ и $+1.1^{\circ}\text{C}/\text{декада}$). През септември в периода 1985-2009 е установено статистически незначимо понижение на средната максимална температура, като изключение се наблюдава само при станциите от северното крайбрежие;
- **Средната годишна максимална температура в периода 1985-2009 година се повишава статистически значимо и по-бързо** спрямо периода 1959-2009. За станциите от Източна Добруджа и северното крайбрежие повишението е относително най-голямо и достига $+0.9^{\circ}\text{C}/\text{декада}$;
- **Статистически значимо повишение на минималната температура** е установено през месеците юни, юли, август и септември, както и при годишните ѝ стойности;
- **В периода 1985-2009 г. при повечето станции през месец октомври се наблюдава най-високият статистически значим положителен тренд**, както на средната, така и на максималната и минималната температура: между $+0.8$ и $+1.4^{\circ}\text{C}/\text{декада}$;
- **През лятото в двата разгледани периода установеното повишение на средната, средната максимална и средната минимална температура е статистически значимо.** Отрицателен тренд имат стойностите на средната и средната максимална температура през есента в периода 1959-2009 г;

- Скоростта на повишение на средната годишна максимална и средната годишна минимална температура е почти една и съща: от +0.1 до +0.3°C/декада;
- **Статистически значимо е намалението на валежа през месец юни при 25% от станциите, а нарастването през септември за 30% от тях в периода 1959-2009 и за 72% в периода 1985-2009;**
- **Сумата на валежите през зимата, пролетта и лятото намалява, докато през есента се увеличава, статистически значимо при станциите от Североизточна България.** В периода 1985-2009 намаление има през пролетта и лятото, а повишение през зимата и есента;
- С помощта на климатични индекси, за периода 1959-2009 е установено:
 - ❖ слабо повишение в броя дни с минимална температура под нула градуса през зимата и есента, и слабо намаление през пролетта и за цялата година
 - ❖ ръст в броя «горещи вълни» през зимата и лятото, и намаление през есента
 - ❖ **статистически значимо повишение на 90-тия перцентил на максималната температура**
 - ❖ **статистически значимо повишение на 10-тия перцентил на минималната температура през лятото**
 - ❖ повишение на 90-тия перцентил на сумата на валежа през есента
 - ❖ положителен тренд на максималния валеж в пет последователни дни в Североизточна България
 - ❖ с изключение на есента, през останалите сезони се наблюдава ръст на максималния брой последователни дни с валеж под 1 mm (т.нар. ”сухи периоди”)
- Статистически значимо и значително е влиянието на атмосферната циркулация през зимата и пролетта върху

режима на валежите, както и върху климатичните индекси, които характеризират тяхната интензивност;

- Установено е, че циркулационният индекс ENSO се корелира най-добре с климатичните индекси, характеризиращи ниските температури;
- Орографските особености на България са един от главните фактори, които определят влиянието на даден тип циркулация над района.

Получените резултати могат да бъдат използвани в различни области: селско стопанство (в посока планиране продуктивността и устойчивостта на земеделските култури), туризъм (реклама, тенденции в изменението на условията и продължителността на туристическия сезон), инфраструктурни проекти, дългосрочно прогнозиране на времето и на диапазона на екстремните стойности на метеорологичните елементи.

Приноси:

1. Установено е, че в периода 1959-2009 година увеличението на средната годишна температура във вътрешността на Източна България достига средно между $+0.7^{\circ}\text{C}$ /51 год. до $+1.2^{\circ}\text{C}$ /51 год., което е малко по-високо от увеличението на средната глобална температура ($+0.74^{\circ}\text{C}$ за периода 1906-2005 г.). По крайбрежието температурата на въздуха се е повишила след 1959 година средно с $+0.2^{\circ}\text{C}$ /51 год. до $+0.6^{\circ}\text{C}$ /51 год.
2. Не е намерена съществена разлика в скоростите на повишение между годишните редици на максималната и минималната температура. Установено е, че те се изменят средно с $+0.1^{\circ}\text{C}$ /декада до $+0.3^{\circ}\text{C}$ /декада, като слабо увеличение на скоростта се наблюдава след 70-те години на миналия век.

3. «Горещите вълни» в Източна България в годишно отношение се увеличават, като най-голям принос за това има увеличеният брой на тези дни през зимата (+0.1 дни/сезон).
4. Установено е статистически незначимо увеличение на интензивните валежи през есента в Североизточна България.
5. Статистически незначимо увеличение се установи на максималния брой последователни дни с валеж под 1 мм през всички сезони с изключение на есента.

Списък на публикациите на автора по темата на дисертацията

1. **Иванова В.**, 2013. Климатични индекси и техните тенденции в Североизточна и Югоизточна България – сравнителен анализ. ВТОРИ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ, София, Физически факултет, СУ „Св.Климент Охридски”, 25-29 септември, (<http://congress2013.bgphysics.eu>), ISBN 978-954-580-333-8
2. Alexandrov V., St. Radeva, **V. Ivanova**, D. Denkova, N. Petkova, and T. Denev, 2011. A case study on utilization of precipitation indices in Bulgaria. 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Bulgaria, Vol.2, pp 1127 – 1134, DOI: 10.5593/sgem2011/s17.101.
3. Alexandrov V., D. Denkova, St. Radeva, and **V. Ivanova**, 2011. Drought monitoring and weather network in Bulgaria. 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Bulgaria, V.2, pp 1221 – 1228, DOI: 10.5593/sgem2011/s17.114
4. **Ivanova, V.** and V. Alexandrov, 2012. Precipitation variations along the Bulgarian Black Sea coast from 1950 to 2009. Proceedings of the International conference on Water Observation and Information System for Decision Support (BALWOIS), Ohrid, Macedonia, 28 May – 2 June 2012, pp.1-9

5. Croitoru, A.-E., B.-C., Chiotoroiu, **V. Todorova Ivanova**, and V. Torică, 2013. Changes in precipitation extremes on the Black Sea Western Coast, *Glob.Plan.Changes*, 102, pp 10-19
6. **Ivanova Todorova V.**, 2013. Climate characteristics along the Bulgarian Black sea coast from 1970 to 2009. Proceedings of the International conference "Air and Water Components of the environment", Cluj-Napoca, Romania, 22-23 March, pp 269-276, ISSN:2067-743X
7. **Ivanova, V.** and B. Markova, 2013. Heavy rain over eastern Bulgaria – preliminary analyses based on precipitation and instability indices. *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology*, 18(special issue), pp 66-77, ISSN:0861-0762
8. Croitoru, A.-E., B.-C., Chiotoroiu, **V. Todorova Ivanova**, and V. Torică, 2013. Changes in seasonal and annual precipitation on the western coast of the Black Sea. Proceedings of 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Bulgaria, pp 551-558, ISBN 978-619-7105-03-2 / ISSN 1314-2704, DOI:10.5593/SGEM2013/BD4/S19.006
9. Chiotoroiu, B.C., **V. Ivanova** and A. E. Croitoru, 2013. Blizzard consequences in the eastern parts of Bulgaria and Romania in January 2010. A comparative study. Proceedings of 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Bulgaria, pp 543-550, ISBN: 978-619-7105-03-2 / ISSN: 1314-2704, DOI:10.5593/SGEM2013/BD4/S19.005
10. Chiotoroiu B., **V. Ivanova** and L. Apostol, 2014. Atmospheric patterns during the storms from January 2014 in Bulgaria and Romania, Present Environment and Sustainable Development, vol. 8, no.2/ 2014, Publisher Editura Univ. A.I.Cuza Iasi, Romania, ISSN 1843-5971 (indexed by IDB), DOI 10.2478/pesd-2014-0023

ЛИТЕРАТУРА (цитирана в автореферата)

1. Бочева, Л., 2014. Климатични вариации и оценка на опасни метеорологични явления по конвективни бури над България (1961-2010). Автореферат на дисертация за получаване на научна и образователна степен „доктор”. НИМХ-БАН.
2. Будико, М. И., 1974. Изменения климата. Гидрометеиздат, Л., 279 стр.
3. Климатични промени, 2010. Под редакцията на В. Александров. НИМХ – БАН, 44 стр.
4. Раев И., G. Knight, M. Станева (ред), 2003. Засушаването в България-съвременен аналог на климатични промени. Изд. БАН, ISBN 954-90896-1-4, 284 стр.
5. Събев, Л. и С. Станев, 1959. Климатичните райони на България и техният климат. Трудове на ИМХ, т. V.
6. Alexander, L. V. Et al., 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res., 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
7. Alexandrov, V., M. Schneider, E. Koleva, and J-M. Moisselin, 2004. Climate Variability and Change in Bulgaria during the 20th Century. Theoretical and Applied Climatology 79(3-4): 133-149. DOI: 10.1007/s00704-004-0073-4.
8. Alexandrov V., J.Eitzinger, G. Hoogenboom, 2011. Climate variability and change and related impacts on agroecosystems in southeast and central Europe as well as southeast USA. Изд-во Балид инс, София, 232 стр., ISBN 978-954-394-055-4
9. Alisov B.P., O.A. Drozdov, and E.S. Rubinshtein, 1952. Course on Climatology, Part I,II. Gidrometeoizdat: Leningrad, (in Russian)
10. Arguez, A., J.J. O'Brien, and S. R. Simith, 2009. Air temperature impacts over Eastern North America and Europe associated with low-frequency North Atlantic SST variability. International Journal of Climatology, 29, 1–10
11. Casanueva A., C. Rodríguez-Puebla, M. D. Frías, and N. González-Reviriego, 2014. Variability of extreme precipitation over Europe and its relationships with teleconnection patterns, Hydrol. Earth Syst. Sci., 18, 709-725, doi:10.5194/hess-18-709-2014
12. Conrad V. and C. Pollak, 1962. Methods in Climatology. Harvard University Press: Cambridge, MA.
13. Gámiz-Fortis, S. R., M. J. Esteban-Parra, D. Pozo-Vázquez, and Y. Castro-Díez, 2011. Variability of the monthly European

- temperature and its association with the Atlantic sea-surface temperature from interannual to multidecadal scales. *Int. J. Climatol.*, 31: 2115–2140. doi: 10.1002/joc.2219
14. Gilbert, R.O., 1987. *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. Van Nostrand Reinhold, New York, USA
 15. Koleva E., and Z. Krasteva, 2011. 30-year (1981-2010) air temperature and precipitation climate statistics for the Bulgarian Black sea region: re-estimation of climate. 8ECSN Data Management Workshop, 12-14 X 2011, Edinburgh, UK, <http://www.metoffice.gov.uk/conference/ecsn-workshop>
 16. Milošević D., S.Savić, I. Žiberna, 2013. Analysis of the climate change in Slovenia: fluctuations of meteorological parameters for the period 1961-2011 (Part I). *Glasnik Srpskog geografskog drustva* 2013, Vol. 93, Issue 1, Pages: 1-14. [doi:10.2298/GSGD1301001M](https://doi.org/10.2298/GSGD1301001M)
 17. Sen, P. K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63,1379–1389.
 18. Tomozeiu, R., A. Busuioc, and S. Stefan, 2002. Changes in seasonal mean maximum air temperature in Romania and their connection with large-scale circulation. *Int. J. Climatol.* 22: 1181–1196, DOI: 10.1002/joc.785.

Изказвам своята благодарност към научния си ръководител проф. дн Веселин Александров от Националния Институт по Метеорология и Хидрология за това, че ми се довери, намери подходящ начин да ме въведе в своята професионална област и ми помогна с ценни съвети при подготовката на дисертационния труд!

Отправлям благодарност и към колегите си от НИМХ-филиал Варна за оказваното през годините разбиране и съдействие!

Искрено благодаря на моето семейството и приятелите си за това, че в напрегнати за мен моменти бяха моя опора!