

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

**НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО
МЕТЕОРОЛОГИЯ И ХИДРОЛОГИЯ**

Надежда Пенчева Петкова

**КЛИМАТИЧНИ КОЛЕБАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ
НА СНЕЖНАТА ПОКРИВКА В БЪЛГАРИЯ**

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 консултант:
проф. дн Веселин Александров

София, 2014 г.

Дисертационният труд е с обем 150 страници. Състои се от увод, пет глави, заключение, четири приложения и списък на цитираната литература, включващ 144 заглавия, 33 от които са на кирилица и 111 са на латиница. Номерата на фигурите и таблиците, и имената от цитираната литература в автореферата съвпадат с тези от дисертацията.

Дисертационният труд е обсъден и предложен за защита на разширен научен семинар на департамент „Климатология и агрометеорология”, проведен на 29.10.2014 г.

Дисертацията е разработена в департамент „Климатология и агрометеорология” на Националния Институт по Метеорология и Хидрология - БАН, София, където докторантът работи като физик метеоролог.

Данните, използвани в изследванията по тази дисертация, принадлежат на метеорологичната база данни на Националния Институт по Метеорология и Хидрология (www.meteo.bg).

Състав на научното жури:

- *доц. д-р Нейко Нейков, НИМХ - БАН*
- *проф. дн Веселин Александров, НИМХ - БАН*
- *доц. д-р Елисавета Пенева, Физически Факултет, СУ „Св. Климент Охридски”*
- *доц. д-р Николай Рачев, Физически Факултет, СУ „Св. Климент Охридски”*
- *доц. д-р Румяна Мицева, Физически Факултет, СУ „Св. Климент Охридски”*

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 25.02.2015 г., от 14 часа в заседателната зала на Учебния център на НИМХ- БАН, гр. София.

СЪДЪРЖАНИЕ

I.	Обща характеристика на дисертационното изследване	4
	Актуалност на изследването	4
	Дисертационна цел и задачи	5
	Обект, предмет и обем	6
	Апробация на дисертацията	7
II.	Кратко изложение на дисертационния труд	8
Глава 1.	Обзорен анализ на изследванията, свързани със снежната покривка и нейните колебания и изменение	8
Глава 2.	Използвани данни и изследователски методи	9
Глава 3.	Пространствено изменение на снежната покривка в България	12
3.1.	Пространствено изменение на продължителността на снежната покривка	12
3.2.	Пространствено изменение на максималната височина на снежната покривка	15
Глава 4.	Колебания и тенденции на снежната покривка в България, 1931-2005 г.	18
4.1.	Колебания на снежната покривка в България	18
4.2.	Тенденции на снежната покривка, зимния валеж и зимната температура	21
4.3.	Температурна класификация на зимите в планинските райони на България	26
Глава 5.	Регионализация и анализ на регионалните колебания и тенденции на снежната покривка в България	27
5.1.	Регионализация и анализ на регионалните колебания на снежната покривка в планинските райони на България, 1931 - 2000 г.	28
5.2.	Регионализация и анализ на регионалните колебания и тенденции на снежната покривка в България, 1931 - 2005 г.	32
	Заклучение	38
	Изводи	38
	Приноси	41
	Някои идеи за приложение на постигнатите резултати	42
	Някои идеи за бъдещи изследвания	43
	Авторски публикации, свързани с дисертацията	43
	Благодарности	45
	Abstract	46

I. Обща характеристика на дисертационното изследване

❖ *Актуалност на изследването*

Снежната покривка, е важен климатичен елемент, притежаващ редица физични свойства, които оказват влияние върху глобалния и регионален енергиен баланс, както и върху водния и въглероден цикъл. Тя променя местните циркулации, облачността и валежите. Климатичното значение на снежната покривка се свързва още и с факта, че тя е елемент на криосферата, чиято значимост по отношение на климатичните колебания и изменение, се основава на някои от физичните ѝ свойства, като високо повърхностно алbedo и скрита топлина, свързана с фазовите преходи, имащи силно въздействие върху енергийния баланс на земната повърхност (e.g. Bednorz, 2002; Brown et al., 2000; IPCC, 2007: Observations 2007). В този смисъл, снежната покривка влияе върху климатичните промени, наблюдавани на планетата Земя.

От друга страна, поради факта, че физичните свойства на снежната покривка предполагат чувствителната ѝ реакция към температурни изменения, а данните от наблюденията над континентите и повечето океани, и анализът на фактите, показват нарастване на глобалната средна температура на въздуха и океана, масово топенe на снега и ледовете и глобално нарастване на средното морско ниво следва, че изменението на параметрите на снежната покривка, е важен индикатор за климатичните промени в дълго периодичен аспект.

Изследванията показват, че снежната покривка, като цяло е намаляла в Северното полукълбо, поради съвременното „затопляне на климатичната система”, но тенденциите ѝ в отделните географски райони, са различни.

Снежната покривка е *важен воден ресурс*, който има съществено значение за екологичните и социално икономическите системи на много държави. Тя упражнява *регулираща* роля върху хидрологичния цикъл, поддържа почвените води и играе много важна роля при решаване проблемите на напояването и енергетиката, за развитието на зимните спортове и туризма, устойчивото развитие на планиските курорти и др. От гледна точка на *екосистемите*, снежната покривка предпазва растенията от измръзване по време на студената част на годината. Съхранявайки влажността на почвата, тя предпазва растенията при пролетните засушавания.

Независимо от *положителните въздействия на снежната покривка*, интересът към нея се поддържа и от нейните *отрицателни въздействия*: при обилни снеговалежи и снежни бури, снежната покривка причинява големи щети и затруднения при поддържане на пътищата и при натоварването от сняг на различни технически съоръжения. Освен това, при продължителни и обилни снеговалежи, по стръмните склонове на високите планини се натрупват големи снежни маси, образуващи лавини,

които затрупват жилища, пътища, животни, хора и др. Засушаванията много често се свързват с *отрицателните въздействия* на снежната покривка. Изследванията показват, че продължителните засушавания през периода, 1982-1994 г., причинили значителни щети на много селскостопански култури и довели до намаляване на водния отток в България, се дължат на *необичайно топли и сухи климатични условия*, а също и със зими, в които е имало *оскъдна снежна покривка*.

В условията на *променящ се климат*, изследването на колебанията и изменението на снежната покривка представлява актуална тема и съвременен подход при изготвяне на различни *екологични и икономически оценки и експертизи*. Поради все по - често срещаните засушавания в България и Балканския регион, а също и поради наводненията, при масово снеготопене след обилни и продължителни снеговалежи, през последните години се засилва интереса към наблюденията и изследванията за снежната покривка, както и при решаването на конкретни практически проблеми.

Може да се обобщи, че изследването на колебанията и изменението на снежната покривка, в пространството и във времето, е от съществено значение както за България, така и за разширяване на изследванията в регионален план.

❖ *Дисертационна цел и задачи*

Целта, която се поставя в настоящата дисертация, се съдържа накратко в нейното заглавие: "Климатични колебания и изменение на снежната покривка в България", като за постигането ѝ, се търсят отговори на следните въпроси:

- Какво е пространственото изменение на снежната покривка в България за периода на съвременния климат, 1961 - 1990 г.?
- Какви са колебанията и тенденциите на снежната покривка, за един приемливо дълъг период от време (приема се 70 - 75 годишен период) в съответствие с колебанията и тенденциите на зимния валеж и температурата на въздуха през зимата?
- Могат ли да бъдат определени региони за територията на България, в които, колебанията на снежната покривка в пространството и във времето, се проявяват и характеризират като "кохерентни" ?

Поставените по-горе въпроси и формираните в дисертацията отговори, са адресирани към *две основни променливи* на снежната покривка: *максимална височина и продължителност*.

Във връзка с постигането на представената *цел на дисертационното изследване*, са формулирани *следните задачи*:

- Подготовка и контрол на *подходящо структурирана и достатъчно представителна извадка от метеорологични данни*, предназначена за провеждане на конкретните изследвания на колебанията и изменението на снежната покривка в България.

- Избор, обосновка и кратко представяне на *използваните изследователски методи*.
- Изследване на *пространственото изменение* на снежната покривка в България за основни климатични характеристики на двете й променливи: *максимална височина и продължителност*, за периода на съвременния климат, 1961-1990 г.
- Изследване на *колебанията и тенденциите на годишната продължителност и максималната височина на снежната покривка*, и *колебанията и тенденциите на зимния валеж и зимната температурата* за приемливо дълъг, 70 -75 годишен период (1931-2005г.), с цел да се обяснят по-добре колебанията и тенденциите на снежната покривка.
- Определяне на *региони*, в които колебанията на максималната годишна височина и продължителността на снежната покривка в България, са „*кохерентни*” в пространството и времето.

❖ **Обект, предмет и обем**

Снежната покривка е **обектът** на дисертационното изследване, а *изследването на колебанията и изменението на снежната покривка, както в пространството, така и във времето*, представлява **предметът** на изследването. На този етап, изследванията са реализирани само за територията на България.

Обемът на дисертацията е 150 страници, който включва изложение с включени 65 фигури, 14 таблици и 4 приложения. Дисертацията е структурирана в увод, пет глави, заключение, авторски публикации, свързани с дисертацията и литература.

Уводът съдържа кратка информация за актуалността на темата, обекта, предмета и целта на дисертацията, заедно с формулировката на пет основни задачи, описание на структурата на дисертацията, включително, кратко описание на съдържанието на отделните глави.

Глава първа има предимно *обзорен характер*. Тя отразява мнението на автора за резултатите и изводите, които се съдържат в изследванията на проблемите, отнасящи се до колебанията и изменението на снежната покривка. Материалът, съдържащ се в първа глава, заедно с направените в нея изводи и обобщения, изцяло подкрепя актуалността на дисертационната тема.

В глава втора е представена характеристика на използваните *данни и изследователски методи*.

В трета глава са представени изследвания на пространственото изменение на основни климатични характеристики на две променливи на снежната покривка: *максимална височина и продължителност*. Създадени са *климатични карти* на пространствените разпределения на климатичните

характеристики, с включени към тях анализи и резултати с практическа насоченост.

Глава четвърта включва изследвания на *колебанията и тенденциите на максималната годишна височина и на годишната продължителност* на снежната покривка в България и *колебанията и тенденциите на зимния валеж и зимната температура за периода 1931-2005 г.* Получени, анализирани и оценени са тенденциите на снежната покривка, зимния валеж и зимната температура. Получени и анализирани са *колебанията на снежната покривка в съответствие с колебанията на зимния валеж и температурата на въздуха през зимата в равнинните и в планинските райони* на България. Установена е температурната чувствителност на снежната линия, на годишната продължителност и на максималната годишна височина на снежната покривка в планинските райони. Създадена е и температурна класификация на зимите за планинските райони.

Петата глава е посветена на задачата за регионализация и анализ на *регионалните колебания и тенденции на годишната максимална височина и на продължителността на снежната покривка*. Задачата е решена първо за *планинските райони*, а след това, и за *цялата територия на страната*. За определените от анализите региони, са получени оценки на тенденциите на снежната покривка. Приема се че, в тази глава е постигнато едно приемливо решение на *задачата за регионализация на снежната покривка в България*.

Дисертацията, завършва със **заключение**, което представя резултатите, оформени като обобщени изводи и приноси. Представени са и някои насоки за бъдещи изследвания.

❖ **Апробация на дисертацията**

Основната част от резултатите са изложени в 9 авторски публикации, които са представени на 5 международни конференции, три работни тематични срещи по проекти и един конгрес с международно участие:

27th ICAM-MAP conference, Brig, Switzerland, 2003; International Conference on Water Observation and Information system for Decision Support, Ohrid, Republic of Macedonia, 2004; International conference on Global Environmental Change: Challenges to Science and Society in Southeastern Europe, Sofia, Bulgaria, 2008; International conference: „Geography and regional development”, Sofia, Bulgaria, 2010; International conference - „Environment - Landscape - European Identity”, Bucharest, Rumania, 2011; International workshop “Alpine Snow Workshop”, Munich, Germany, 2006; Национална работна среща „Устойчиво развитие на планинските райони: наука и практика”, София, България, 2011; Национален семинар: „Съвременен модел за мониторинг, оценка и влияние на засушаванията България”, София, България, 2012; Втори Национален Конгрес по Физически Науки, София, България, 2013.

II. Кратко изложение на дисертационния труд

Глава 1. Обзорен анализ на изследванията, свързани със снежната покривка и нейните колебания и изменение

Обзорният анализ е базиран на изследванията по дисертационната тема на български и чуждестранни автори, работили, или сега работещи в тази област. Чрез този анализ се дават допълнителни аргументи за актуалността и приложната насоченост на дисертацията.

Изследванията на българските учени в областта на снежната покривка са насочени към решаване на интересни научно изследователски и приложни проблеми. Изследван е *режимът на снежната покривка в България* (Станева, 1955; Херикович, 1955; Колева, 1991), както и сравнение на режима на снежната покривка в планинските райони на България с режима на снежната покривка в Украинските Карпати (Колева, 1988). Изследвано е още и преразпределението на снежната покривка под влияние на вятъра (Кръстев, 1989). Интересни и полезни изследвания на пространствените и времевите колебания на някои климатични характеристики на снежната покривка като: период на образуване и задържане, дати на появяване и изчезване, годишна продължителност и продължителност на периода с устойчива снежна покривка, както и зависимостта на някои от климатичните характеристики от зимния валеж, и температурата на въздуха в Рила планина и Рило -Родопския масив, са представени от: (Кръстев и Колева, 1983; Krasteva and Koleva, 2006; Petkova and Koleva, 2000). Проблемите на режима и съвременните колебания на снежната покривка в България, за периода 1959 - 2006 г., са изследвани от Тетовски, (2008). Изследванията на българските колеги са били насочени и към решаване на някои конкретни практически задачи като: оптимизация на метеорологичната мрежа и метеорологичните наблюдения на снежната покривка в България (Колева, 1975 и 1977; Колева и Христов, 1973; Станев и Колева, 1971 и 1972), установяване на норми за строителството и строителното проектиране по отношение на натоварването от сняг (Моралийски и Иванов, 1979; Моралийски и Димитров, 2006) и др.

Обзорният преглед на изследванията за снежната покривка в България, показва още, че са направени редица полезни изследвания. С малки изключения, проблемите на колебанията и изменението на снежната покривка в България са стояли малко встрани от научното ползрение на българските колеги.

Направения обзорен преглед на публикациите по дисертационната тема установи, че много от изследванията, направени от изследователи извън България, са посветени на колебанията и изменението на снежната покривка, които са свързани с наблюдаваното глобално затопляне от

средата на 20-ти век, като тези изследвания отразяват различни страни на проблема.

Колебанията и тенденциите на снежната покривка, техният анализ и оценяване са отразени в многобройни изследвания за: Северна Америка (*Frei and al., 1999*), високите географски ширини на Северното полукълбо (*Dye, 2002*), Русия (*Bulygina et al., 2007*), Естония (*Tooming and Kadaja, 2006*), Полша (*Falarz, 2004*), Румъния (*Bojariu and Dinu, 2006*) и др.. За планинските райони на Европа, където тенденциите на снежната покривка показват „по - сложна картина”, поради големите регионални и вертикални градиенти, са проведени и публикувани голям брой изследвания, например за: Швейцарските Алпи (*Beniston, 2003*), Динарските Алпи (*Čhapka-Galč and Čapka, 1996*), Италианските Алпи (*Valt et al., 2010*), Испанските Пиренеи (*López-Moreno, 2005*), планинските райони в Словакия (*Vojtek et al., 2003*) и др. Изследвания на пространствените и времевите колебания и изменение на височината и продължителността на снежната покривка са проведени за: Канада (*Brown and Braaten, 1998*), Естония (*Jaagus, 2006*), Словения (*Dolinar and Ovesenik - Jeglic, 2000*), и др. Изследвана е и температурната чувствителност на продължителността на снежната покривка за австрийските и швейцарските Алпи (*Hantel et al., 2000; Hantel and Wielke, 2007*) и др.

Изследванията установяват, че макромасщабните фактори, като атмосферната циркулация, имат определящо влияние върху колебанията на височината и продължителността на снежната покривка.

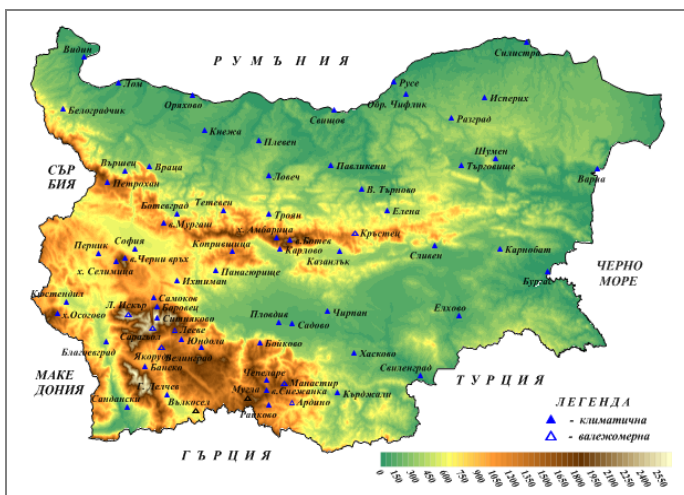
Обзорният литературен анализ, представен в тази глава, дава достатъчно убедителни аргументи, за да се приеме че: 1) Обектът на тази дисертация, а именно „снежната покривка”, е много интересен и актуален, сега и за в бъдеще, 2) Съществува реален изследователски проблем, свързан със слабо изучените и неизяснени колебания и изменение на снежната покривка в България.

Глава 2. Използвани данни и изследователски методи

Използвани данни

Снежната покривка в България е сезонно явление. Географското местоположение на страната, влиянието на атмосферната циркулация и нейната сложна орография, водят до формирането на силно променлива в пространството и времето снежна покривка, в съответствие със значително променливите в пространството и времето валеж и температура на въздуха. В равнинните райони на България, снежната покривка се характеризира с неустойчивост и със сравнително малка височина. В планинските райони, режимът на снежната покривка се различава рязко от този в равнините и низините, където поради ниските температури, тя не само се задържа непрекъснато през значителна част от зимата, но се получава и известно акумулиране, поради честите и по-обилни снеговалежи. Най-характерната

черта на снежната покривка в планинските райони на България, е тенденцията на изместване на максимума на акумулирането на сняг от края на януари до края на месец март.



Фиг. 2.2. Географско местоположение на използваните в изследванията метеорологични станции в България

За проведените в дисертацията изследвания, са използвани данни общо от 72 метеорологични станции за периода 1931-2005 г. Географското местоположение на метеорологичните станции е показано на Фигура 2.2, като 63 от станциите са климатични, включително синоптични станции, работещи като климатични, а 9 са валежомерни. В равнинните райони на България, са разположени 44 от станциите, от които 24 - в Северна България, 20 - в Южна България, а 28 метеорологични станции са разположени в планинските райони. Ще отбележим, че данните от метеорологичните станции: Кръстец, Манастир, в. Мусала и в. Снежанка са използвани само в част от изследванията.

За получаване на необходимите за изследванията климатични времеви редове и за изчисляването на климатичните характеристики на продължителността на снежната покривка, се използват ежедневни метеорологични данни за снежната покривка, с височина ≥ 1 cm. За изследванията в IV и V глава, са асемблирани данни за: снежната покривка (годишна, есенна и пролетна продължителност, и максимална годишна височина), средната зимна температура и зимния валеж. За равнинните райони са използвани сумите на валежа от сняг, тъй като тук, поради повисоките, в сравнение с планинските райони зимни температури, валежът често пада в течна форма.

Изследователски методи

За изследванията, включени в дисертацията са използвани статистически методи. Основните изследвания са базирани на периода на съвременния климат, 1961-1990 г. В повече от случаите, за него има най-точни и най-пълни метеорологични данни .

За изследване на пространственото разпределение на снежната покривка са използвани климатични показатели, които по същество са статистически характеристики на случайните величини като: средна стойност, средно квадратично отклонение, коефициент на вариация, интегрална вероятност (или обезпеченост), която е необходима за решаване на много практически задачи. В случаи на асиметрични разпределения, допълнително се изчисляват коефициентите на асиметрия и ексцес, а при рязко асиметрични разпределения - медианата и модата.

За пространствените разпределения на климатичните характеристики на максималната височина и продължителността на снежната покривка, са получени най-подходящите теоретични разпределения. с помощта на статистическия софтуерен пакет „EASY FIT”.

Създаване на климатични карти: В основата на пространственото моделиране на характеристиките на метеорологичните елементи, стои графичната интерполация, традиционно използвана в картографията за преобразуване на точково разположена информация в непрекъсната пространствена, която се реализира чрез изолинии и/или чрез поясни оцветявания. В дисертационната работа, пространствената интерполация е осъществена с помощта на „Kriging method”. За създаването на картните визуализации е използван и цифров модел на релефа, с размер на клетката 1km. Изчертаването на картите е постигнато чрез графичния софтуерен ГИС продукт „SURFER”.

Метод на пълзящите средни: Изглаждането на късо периодичните колебания, за да се подчертае съществуването на дългопериодични, или съществуването на цикли във времевите редове на снежната покривка, е постигнато с помощта на петгодишни пълзящи средни. За откриване на ***линейни тенденции*** във времевите редове, е приложен непараметричен статистически тест на Mann-Kendall, за 5% (95%) ниво на значимост.

Температурна скала за класификация на зимите: Класификацията на зимите в планинските райони на България е постигната чрез прилагане на единадесет степенна температурна скала, заимствана от *Lorenc and Suvalska-Bugicka (1996)*.

Методът на главните компоненти (Principal Component Analysis – PCA), е приложен за решаване на задачата за регионализация на снежната покривка в планинските райони и за цялата територия на България.

Глава 3. Пространствено изменение на снежната покривка в България

В тази глава от дисертацията се изследва пространственото изменение на основни климатични характеристики на две променливи на снежната покривка: *максимална височина и продължителност* за периода на съвременния климат, 1961-1990 г. Създадени са климатични карти на пространствените разпределения на изследваните климатични характеристики, с включени към тях анализи и резултати, полезни за практиката.

3.1. Пространствено изменение на продължителността на снежната покривка

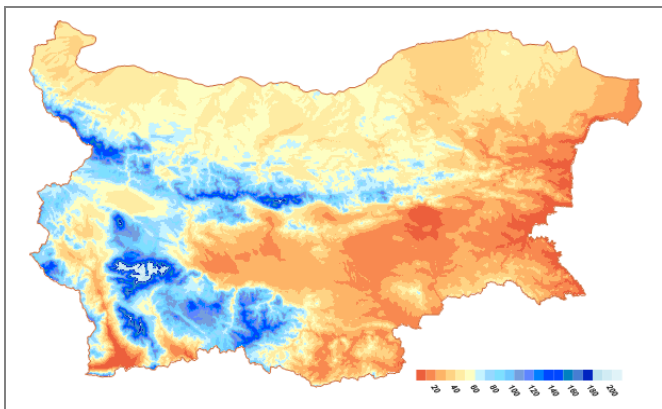
Пространственото изменение на продължителността на снежната покривка, е изследвано чрез годишната продължителност на снежната покривка, продължителността на зимния сезон, и отношението на двете климатични характеристики. Изследвана е и пространствената променливост на годишната продължителност на снежната покривка.

В дисертацията са получени и анализирани пространствените разпределения на годишната продължителност на снежната покривка с височина над 10 cm, и на годишната продължителност на снежната покривка с височина над 10 cm, с обезпеченост 90% и 10%. Тези пространствени разпределения могат да бъдат полезни за оценяване на условията за успешно презимуване на земеделските култури.

Годишна продължителност на снежната покривка

Годишната продължителност на снежната покривка в България е само част от продължителността на зимния сезон. Причината са честите затопляния през зимата, които причиняват стопяването, и определят прекъснатия характер на снежната покривка, ясно подчертан в равнинните райони на страната.

Пространственото разпределение на годишната продължителност на снежната покривка в България, (1961-1990 г.) в картен вид е представено на Фигура. 3.1. В Северозападна България и във високите полета на Централна Западна България, тя се изменя между 45 и 60 дни, в повече от районите на Североизточна България, между 35 и 50 дни, а в Горнотракийската низина и Задбалканските полета, между 20 и 30 дни. Продължителността на снежната покривка през зимния сезон е най-малка по Черноморското крайбрежие и в най-южните райони на България, между 10 и 15 дни. В районите между 800 и 1000 m н.в. в Стара планина, Витоша, Рила и Родопите, има годишно от 50 до 85 дни със снежна покривка, в планинските райони от 1000 до 1500 m н.в., има от 80 до 120 дни, в планинските райони от 1500 до 2000 m н.в., от 120 до 160 дни, а в планинските райони над 2000 m н.в., от 180 до 200 дни (*Петкова, 2013; Petkova and Alexandrov, 2013*).



Фиг. 3.1. Пространствено разпределение на годишната продължителност на снежната покривка (в дни), 1961 - 1990 г.

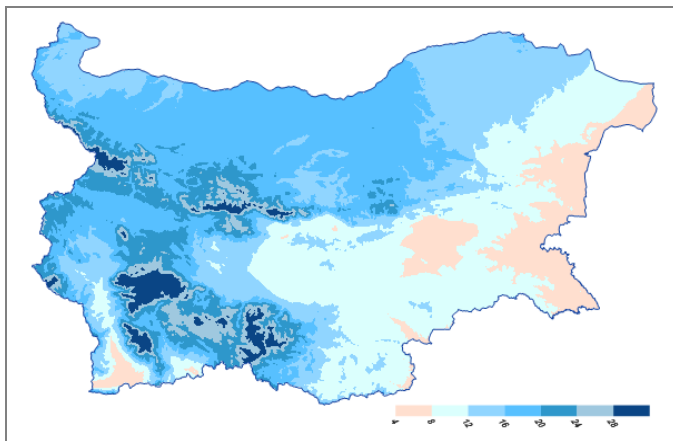
Месечна продължителност на снежната покривка

В дисертацията е изследвано още и пространственото изменение на месечната продължителност на снежната покривка през зимния сезон. Получени и анализирани са пространствените разпределения на продължителността на снежната покривка през зимните месеци, декември, януари и февруари. Получена и анализирана е също повтаряемостта на зимните месеци, декември, януари и февруари, през които не е била регистрирана снежна покривка, с цел по-пълно характеризиране на нейния неустойчив характер, проявяващ се главно в равнинните райони на България.

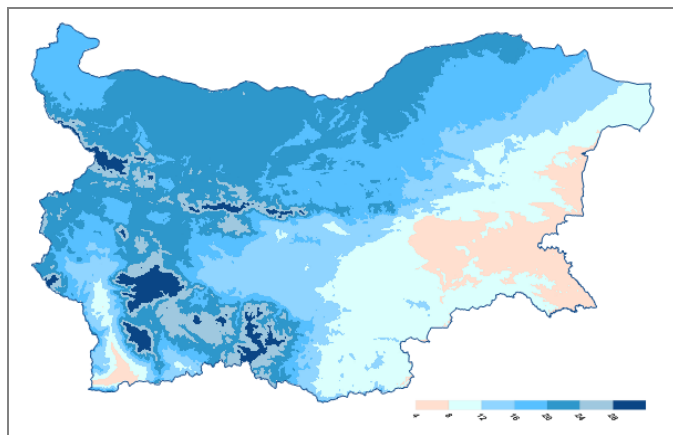
Януари е типичен зимен месец, с най-ниски средни месечни температури и най-голяма продължителност на снежната покривка, която се задържа без прекъсване през всички дни на месеца в цяла България, само в най-студените зими, като например зимите на 1942, 1954, 1969 и 2002 г.

Надморската височина, над която всички дни през януари са със снежна покривка, за северни планински склонове, е около 1400 m. Например, *Станева (1955)* намира, за северните планински склонове, че надморската височина, над която всички дни през м. януари са със снежна покривка за климатичния период 1921-1950 г., е около 1250 m. Наблюдава се едно повдигане на надморската височина, от порядъка на 150 m, над която м. януари е с непрекъсната снежна покривка, през периода на съвременния климат, 1961 - 1990 г., спрямо климатичния период 1921-1950 г. (*Petkova and Alexandrov, 2013*). Този факт се обяснява с положителните тенденции на зимната температура и общото намаляване на зимния валеж в много райони на България, които водят до намаляване на продължителността на снежната покривка.

Пространственото разпределение на продължителността на снежната покривка през януари (1961-1990 г.) показва, че в Северна България продължителността на снежната покривка е 15-17 дни, в районите на Предбалкана и във високите полета на Централна Западна България, 17-20 дни, в Горнотракийската низина и Задбалканските полета, между 8 и 12 дни, а по Черноморското крайбрежие и районите, разположени в близост до река Струма, между 4 и 7 дни (Фиг. 3.8). В районите от 800 до 1000 m н. в., януарската продължителност на снежната покривка достига 20-24 дни. В планинските райони, разположени от 1000



Фиг. 3.8. *Пространствено разпределение на продължителността на снежната покривка (в дни) през януари, 1961 - 1990 г.*



Фиг. 3.9. *Пространствено разпределение на продължителността на снежната покривка (в дни) през януари, 1921 - 1950 г.*

до 1400 m н.в., снежната покривка се задържа средно от 28 до 30 дни, а над 1500 m н.в., през всичките дни на м. януари има снежна покривка (Petkova and Alexandrov, 2013).

Сравнителният анализ на продължителността на снежната покривка през м. януари за периода на съвременния климат, 1961-1990 г., (Фиг. 3.8) спрямо климатичния период 1921-1950 г., (Фиг. 3.9) показва, че продължителността е намаляла в Дунавската равнина, между 2 и 6 дни, във високите полета на Централна Западна България (Софийско, Пернишко, Кюстендилско, Ихтиманско), между 2 и 4 дни, в Задбалканските полета и в Горнотракийската низина, от 1 до 4 дни, в планинските райони до 1300 - 1400 m н.в., разположени по югозападните склонове на Пирин и в Рила, между 3 и 8 дни, а в Централните и Югоизточните Родопи, между 1 и 6 дни.

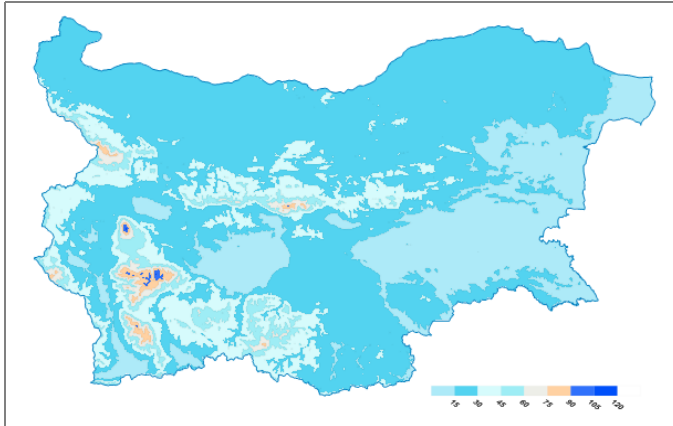
3.2. Пространствено изменение на максималната височина на снежната покривка

Пространственото изменение на максималната височина на снежната покривка е изследвано чрез максималната средната десетдневна височина, максималната месечна и максималната годишна височина. Изследвана е също така, пространствената променливост на максималната годишна височина. Включено е още и изследване на пространственото изменение на абсолютната максимална височина на снежната покривка за периода 1931 - 2005 г.

Максимална месечна височина на снежната покривка

Пространственото изменение на *максималната месечна височина на снежната покривка*, е изследвано за зимните месеци декември, януари и февруари. Поради важността ѝ при оценяване на водния ресурс, в изследванията е включено и пространственото изменение на максималната височина на снежната покривка през месец март.

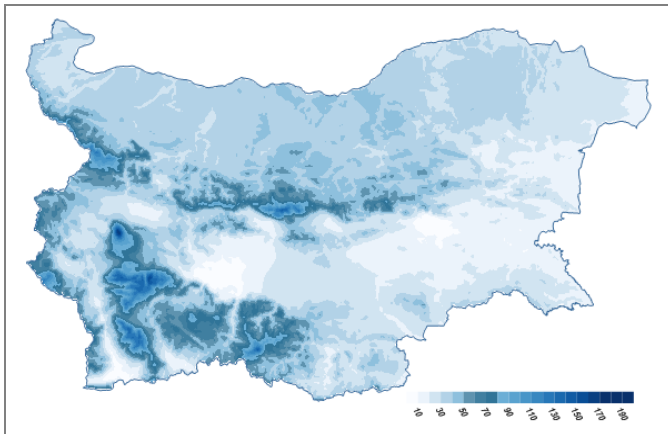
Пространствено разпределение на максималната височина на снежната покривка през м. януари, 1961-1990 г., е представено в картна форма на Фигура. 3.21. Анализът на картата показва, че по Черноморското крайбрежие, в западните и източните райони на Горнотракийската низина, в Задбалканските полета и в равнинните райони, разположени в близост до реките Струма и Места, максималната височина на снежната покривка е между 6 и 15 cm. В Дунавската равнина, във високите полета на Централна Западна България и в централните райони на Тракийската низина, максималната височина на снежната покривка през м. януари се изменя между 15 и 30 cm. В планинските райони, лежащи от 1000 до 1500 m н.в., максималната височина на снежната покривка се изменя от 35 до 65 cm, като на 2000 m н.в. тя достига 90 cm, а на в. Черни връх, 115 cm.



Фиг. 3.21. *Пространствено разпределение на максималната височина на снежната покривка (в см) през януари, 1961 - 1990 г.*

Максималната годишна височина на снежната покривка зависи от снеговалежа, надморската височина, релефа, изложението и откритостта на района, в който се измерва, т.е. от възможността за пренос и преразпределение на снега под влияние на вятъра.

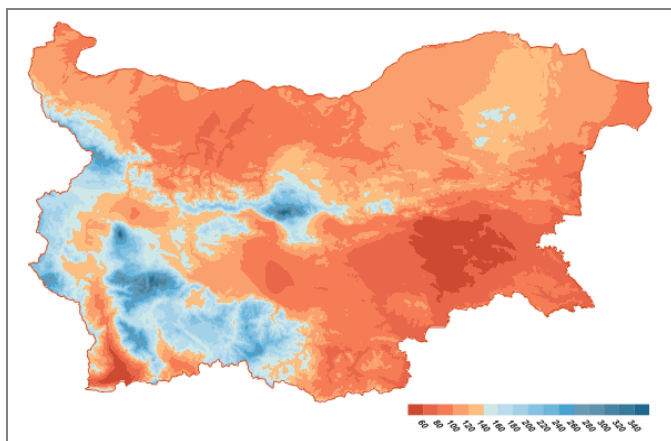
Пространственото разпределение на максималната годишна височина на снежната покривка в България, 1961-1990 г (Фиг. 3.25), показва, че в Северна България тя се изменя между 30 и 40 см. В Южна България, максималната годишна височина на снежната покривка се



Фиг. 3.25. *Пространствено разпределение на максималната годишна височина на снежната покривка (в см), 1961 - 1990 г.*

изменя между 20 и 30 cm, като в Задбалканските полета и в най-южните райони на Горнотракийската низина, тя е под 20 cm. По Черноморското крайбрежие и в най-близките до него райони, и също в равнинните райони, разположени в близост до река Струма, максималната годишна височина на снежната покривка се изменя от 10 до 15 cm. В нископланинските райони, разположени от 900 до 1000, 1100 m н.в., максималната годишна височина на снежната покривка е между 45 и 55 cm., в планинските райони до 1500 m н.в., между 60 и 95, 100 cm., а в планинските райони от 1500 до 2000 m н.в., максималната годишна височина достига 150 cm. Например, на планинските върхове Черни връх и Ботев, тя е съответно 184 cm и 151 cm (Петкова, 2013; Petkova and Alexandrov, 2013).

Анализите на **пространственото разпределение на абсолютната максимална височина на снежната покривка** за периода 1931-2005 г. (Фиг. 3.28) показват, че в Средна Дунавска равнина и по Северното Черноморие, абсолютната максимална височина на снежната покривка, се изменя от 80 до 100 cm, в Западна и Източна Дунавска равнина и в Централен и Източен Предбалкан, тя се изменя от 100 до 120 cm, в Горнотракийската низина, в районите на запад от Чирпан и в Бургаската низина, от 60 до 80 cm. В планинските райони на 1000-1100 m н.в., в Рила, Пирин и Родопи планина, абсолютната максимална височина е между 90 и 120 cm, в планинските райони, от 1000 до 1500 m н.в., тя достига до 140 cm, а в районите от 1500 до 2000 m н.в., до 250-260 cm. Например, на в. Черни връх, абсолютната максимална височина на снежната покривка достига 345 cm, а на в. Ботев, 341cm.



Фиг. 3.28. Пространствено разпределение на абсолютната максимална височина на снежната покривка (в cm), 1931 - 2005 г.

Глава 4. Колебания и тенденции на снежната покривка в България, 1931-2005

В тази глава от дисертацията са изследвани колебанията и тенденциите на две променливи климатични характеристики на снежната покривка: максимална годишна височина и продължителност, в съответствие с колебанията и тенденциите на зимния валеж и температура на въздуха, с цел да се изучат по-добре колебанията и тенденциите на снежната покривка в България за периода 1931-2005 г.

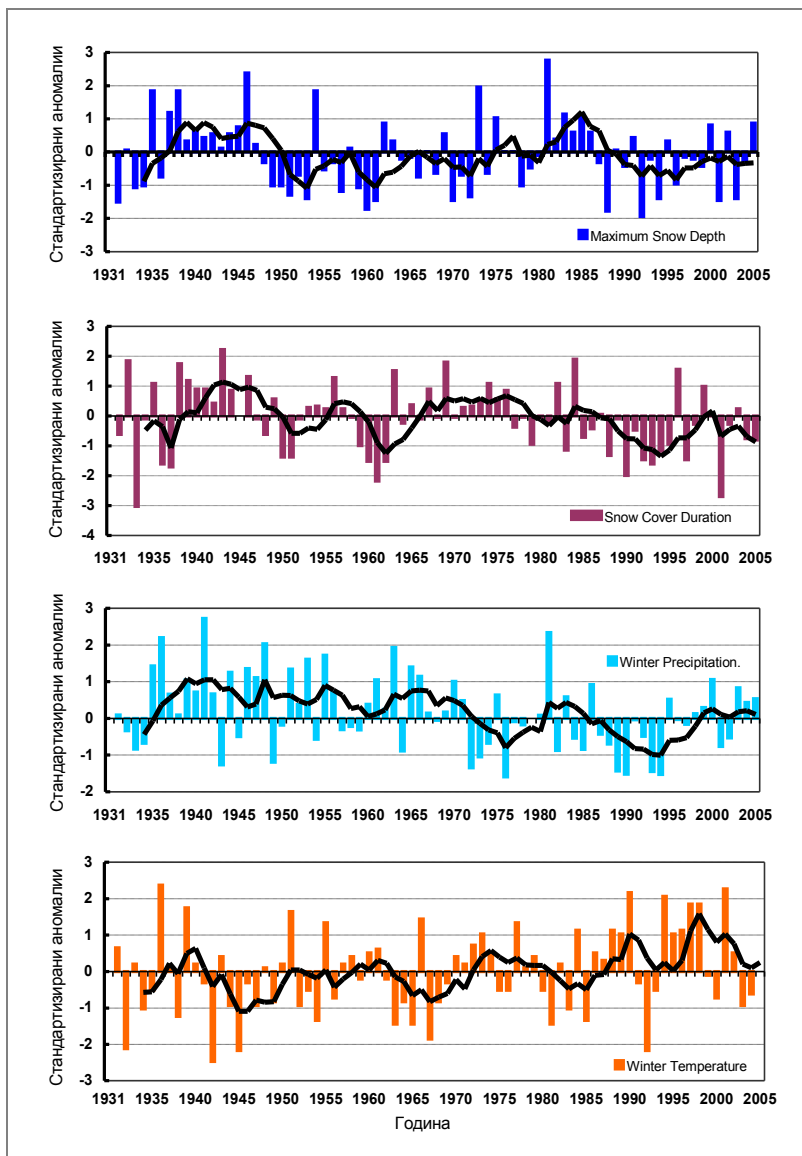
4.1. Колебания на снежната покривка в България

Изследвани са колебанията на две променливи характеристики на снежната покривка: годишна продължителност и максимална годишна височина и съответствието им с колебанията на зимния валеж и зимната температура за равнинните райони (поотделно за Северна и Южна България) и за планинските райони на България. Двете променливи характеристики на снежната покривка показват приблизително еднаква периодичност в колебанията за равнинните райони на България.

Снежната покривка в България се свързва главно с планинските райони, които заемат около една трета от територията на страната, и които се отличават с нарастване на надморската височина в интервала между 800, 1000 и 2925 m н.в. (Petkova et al., 2004).

В планинските райони на България, годишната продължителност и максималната годишна височина на снежната покривка показват строга зависимост от надморската височина. Тези зависимости се апроксимират с линейни функции с коефициенти на детерминация 0.89 и 0.82. Установените линейни зависимости на двете променливи характеристики на снежната покривка от средната зимна температура и линейната зависимост между средната зимна температура (декември - февруари) и надморската височина, позволяват да се оцени средната *температурна чувствителност на снежната линия* ($-191 \pm 20 \text{ m/}^\circ\text{C}$), и на годишната продължителност и максималната годишна височина на снежната покривка, съответно на: ($-17 \pm 2 \text{ дни/}^\circ\text{C}$) и ($-16 \pm 3 \text{ cm/}^\circ\text{C}$) (Brown and Petkova, 2007; Petkova and Alexandrov, 2012). За сравнение, Haeberli and Beniston (1998) оценяват температурната чувствителност на снежната линия за района на Алпите от порядъка на ($-150 \text{ m/}^\circ\text{C}$), а Hantel et al. (2000), оценяват максималната температурна чувствителност на продължителността на снежната покривка за австрийските Алпи, от порядъка на ($-30 \text{ дни/}^\circ\text{C}$).

Променливият характер на зимния климат в *планинските райони* на България за периода 1931-2005г., е представен на Фигура 4.6, чрез регионално осреднените времеви редове на годишната продължителност и максималната годишна височина на снежната покривка, зимния валеж и температурата на въздуха. Годишната продължителност и максималната

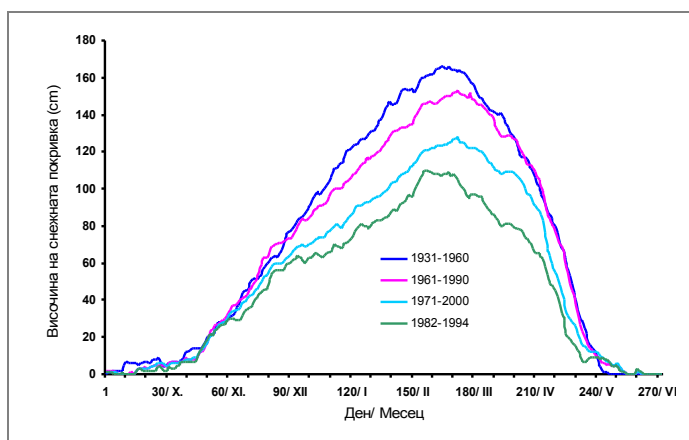


Фиг. 4.6. Колебания на регионално осреднените годишна максимална височина и продължителност на снежната покривка, зимен валеж и температура на въздуха в планинските райони на България, и 5-годишни пълзящи средни (плътните линии). Стандартизираните аномалии са изчислени спрямо климатичния период, 1961 - 1990 г.

височина на снежната покривка, показват стойности по-високи от средните в края на 1930-те и през 1940-те години, което се обяснява с продължителния период със зимни температури под средната и зимни валежи над средната стойност. Отделят се и *два периода* с непрекъснато ниска снежна покривка. Първият период е през късните 1950-те и ранните 1960-те години, а вторият период, през късните 1980-те до средата на 1990-те години. Дефицитът на сняг през ранните 1960-те години, както и в равнинните райони, се свързва с един по-дълъг период с температури, по-високи от средната през есента и началото на зимата над Балканите, което води до забавяне началото на снежните сезони (*Brown and Petkova, 2007*), а дефицитът на сняг през късните 1980-те до средата на 1990-те, се свързва с топлия и сухия период, 1982-1994 г., приет за „аналог на климатичното затопляне” в България (*Knight et al., 2004*). От късните 1990-те години до края на изследвания период, снежните условия отново са близки до средните. Най-малка годишна продължителност на снежната покривка се е реализирала през ранните 1960-те години, през който период снежната покривка претърпява осезаемо намаляване, през 1980-те и началото на 1990-те години. Подобен резултат, е получен и за Швейцарските Алпи. (*Beniston, 1997; Laternser and Schneebeli, 2003*).

В планинските райони, максималната средна ежедневна височина на снежната покривка през топлия и сухия период, 1982-1994 г., намалява от 4 до 36% спрямо периода на съвременния климат, 1961-1990 г. През климатичния период, 1971-2000 г., максималната средна ежедневна височина намалява от 2 до 36%, спрямо 1961-1990 г.

От Фигура 4.7, представяща средната ежедневна височина на снежната покривка за различни периоди за станция в Черни връх се установява, че



Фиг. 4.7. Средна ежедневна височина на снежната покривка за станция Черни връх (2286 т н.в.) за различни периоди

максималната средна ежедневна височина на снежната покривка през топлия и сухия период, 1982 - 1994 г., е била с 34% по-малка, спрямо климатичния период 1931-1960 г., с 28% по-малка, спрямо периода на съвременния климат, 1960-1990 г., и с 14% по-малка, спрямо климатичния период, 1971 - 2000 г.

Предполага се, че този факт се дължи на намаляването на зимния валеж, което е свързано с промяна на атмосферната циркулация. Например, през периода 1980-1999 г., повече от средиземноморските циклони са преминавали по пътища, разположени в най-южната част на Балканския полуостров, което е довело до намаляване на зимния валеж над България (*Маринова et al., 2005*). Същите автори, откриват намаляване на броя на средиземноморските циклони през 1980-1989 г. с 46%, а през 1990-1999 г. със 71%, спрямо периода 1951 - 1960 г.

4.2. Тенденции на снежната покривка, зимния валеж и зимната температура в България

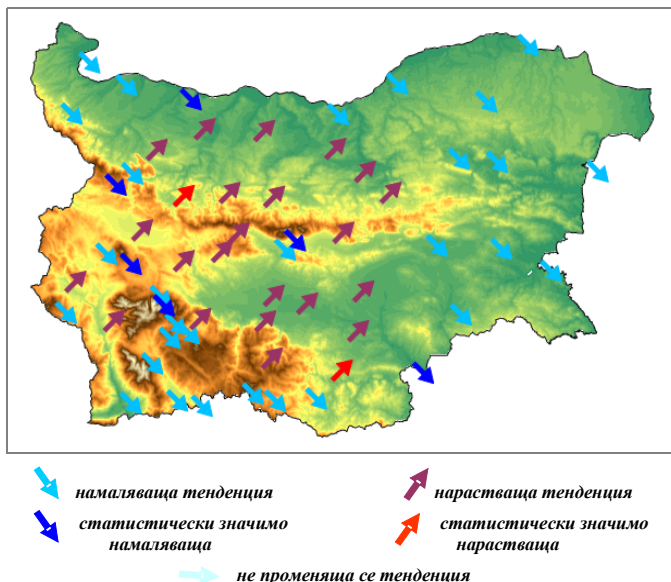
В този параграф от дисертацията са изследвани тенденциите на максималната годишна височина, годишната, есенната и пролетната продължителност на снежната покривка, и също така, тенденциите на зимния валеж и зимната температура на въздуха, за които са представени анализи, оценки и изводи.

Тенденции на максималната годишна височина на снежната покривка

За максималната годишната височина на снежната покривка (Фиг.4.8) за периода 1931-2005 г., е установена *намаляваща тенденция* в районите, разположени в Западна Дунавска равнина и Западен Предбалкан, в Източна България и по Черноморското крайбрежие, в равнинните райони, разположени в близост до реките Струма и Места, в най-южните райони и в повече от планинските райони на България (*Petkova et al., 2010 b*).

Намаляващата тенденция е статистически значима в района на Оряхово (Западна Дунавска равнина) и в района на Свиленград (долно поречие на река Марица). *В планинските райони на България, намаляващата тенденция е статистически значима* в районите на: Петрохан (северни склонове на Западна Стара планина), Боровец (северни склонове на Рила). В планинските райони над 2000 m н.в. в Централна Стара планина и Витоша, максималната годишна височина на снежната покривка намалява до 32 cm. Този факт може да се обясни с намаляващата тенденция на зимния валеж, която е статистически значима в много от планинските райони и с нарастващата тенденция на зимната температурата.

За максималната височина на снежната покривка е открита *нарастваща тенденция* в няколко района на Западна и Централна Дунавска равнина, в Централен Предбалкан (районите на Тетевен и Троян), в Средна гора (района на Копривщица) и в Горнотраййската низина. В



Фиг. 4.8. Тенденции на максималната годишна височина на снежната покривка, 1931 - 2005 г.

много от тези райони, е установена нарастваща тенденция на зимния валеж. Причината за различните посоки на тенденциите, по всяка вероятност е свързана с атмосферната циркулация и с нейното взаимодействие с локалните условия, което води до преразпределение на снежната покривка, проявяващо се най-често в планинските и предпланинските райони на България.

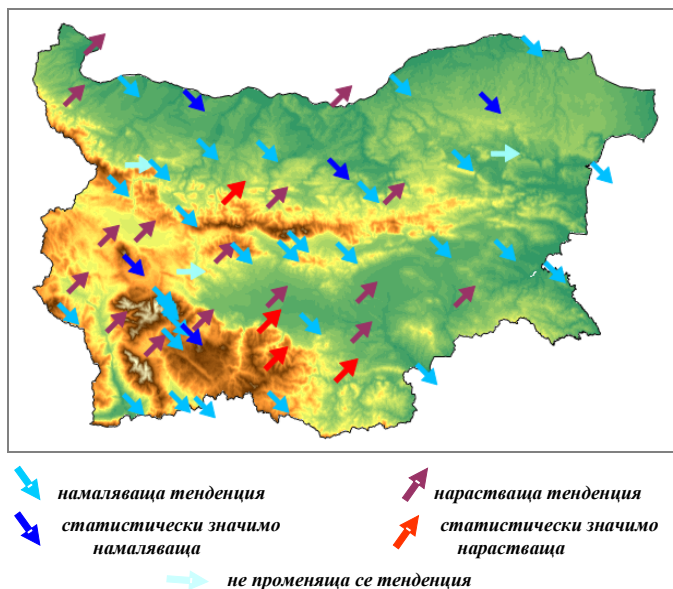
Тенденции на годишната продължителност на снежната покривка

За годишната продължителност на снежната покривка (Фиг. 4.10), също е установена намаляваща тенденция в повече от районите на Дунавската равнина, в Източна България и по Черноморското крайбрежие, в Задбалканските полета, в южните равнинни райони, разположени в близост до реките Струма и Места и в много от планинските райони като: Западните Родопи, Осоговската планина, районите разположени по северните склонове на Западна Стара планина и Рила, и също в планинските райони над 2000 m н.в.

Годишната продължителност на снежната покривка, показва статистически значима намаляваща тенденция в районите на: Оряхово (Западна Дунавска равнина), Павликени (Централна Дунавска равнина) и Исперих (Източна Дунавска равнина). В тези райони, годишната

продължителност намалява средно с 13-15 дни. В планинските райони, е открита *статистически значима намаляваща тенденция* в района в Черни връх (Витоша) и в района на Юндола (Западни Родопи).

За годишната продължителност на снежната покривка е установена *нарастваща тенденция* в централните и източните райони на Предбалкана, във високите полета на Западна България и в много райони на Горнотракийската низина. *Нарстващата тенденция е статистически значима* в района на Тетевен (Централен Предбалкан), и в районите на Бойково (северни склонове на Родопите) и Чепеларе (Източни Родопи).



Фиг. 4.10. Тенденции на годишната продължителност на снежната покривка, 1931 - 2005 г.

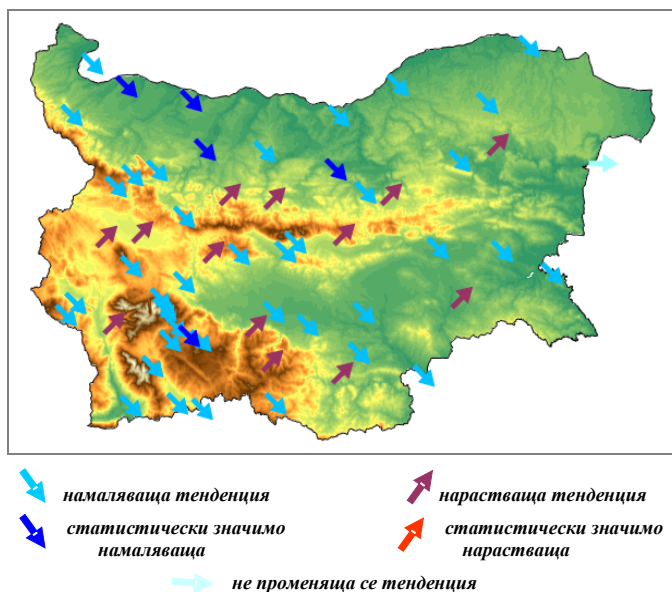
Тенденции на продължителността на снежната покривка през есенния и пролетния сезони

Установените тенденции на *продължителността на снежната покривка през есенния сезон*, за периода 1931-2005 г., запазват най-общо характера на тенденциите на годишната продължителност. За есенната продължителност на снежната покривка, е открита само една статистически значима намаляваща тенденция в района на Исперих (Източна Дунавска равнина).

За *продължителността на снежната покривка през пролетния сезон* (Фиг. 4.12), е получена намаляваща тенденция за много райони на Дунавската равнина, по Черноморското крайбрежие, в Задбалканските

полета и Горнотракийската низина, в равнинните райони, разположени в близост до реките Струма и Места, и в планинските райони на България. В западните крайдунавски райони (Видин и Свищов), във високите полета на Централна Западна България (Ихтиманско и Кюстендилско) и в Горнотракийската низина (районите на Пловдив, Чирпан и Хасково), тенденциите на продължителността на снежната покривка през пролетния сезон имат противоположен знак, спрямо знака на тенденциите на годишната продължителност, т.е. от положителни, те стават отрицателни.

Намаляващата тенденция, е статистически значима в Западна Дунавска равнина (районите на Лом, Оряхово, Кнежа), където продължителността на снежната покривка през пролетния сезон намалява средно с 16 дни, и в Централна Дунавска равнина (района на Павликени), където намалява с 13 дни. По всяка вероятност, този факт се дължи на статистически значимото нарастване на зимната температура в споменатите райони. В *планинските райони* на България, пролетната



Фиг. 4.12. Тенденции на продължителността на снежната покривка през пролетния сезон, 1931 - 2005 г.

продължителност на снежната покривка намалява статистически значимо (с 18 дни), единствено в района на Юндола (Западни Родопи).

Продължителността на снежната покривка през пролетния сезон показва нарастващата тенденция в централните и източни райони на Предбалкана, във високите полета на Западна България (Софийско и

Пернишко), в районите, разположени по северните склонове на Родопите и в Източните Родопи.

Резултатите от анализите на тенденциите за по-съвременния, 1976 - 2005 г., период, характеризиращ се с бързо увеличаване на температурата над сушата в Северното полукълбо, наблюдавано (IPCC, 2001; IPCC, 2007: *Climate Change, 2007*) през последните няколко десетилетия на 20-ти и в началото на 21-ви век, показват само **една статистически значима намаляваща тенденция на продължителността на снежната покривка през есенния сезон**, т.е. по - късно начало на снежния сезон в района на Карнобат (Югоизточна България), но по-ранно начало на снежния сезон в района на Разград (Източна Дунавска равнина). За планинските райони на България, са открити две **статистически значими нарастващи тенденции**.

За продължителността на снежната покривка през пролетния сезон, е получена само **една статистически значима тенденция на скъсяване на пролетния сезон** за района на Павликени (Централна Дунавска равнина).

Може да се направи извода, че за по-съвременния период, 1976 - 2005г, няма получено ясно доказателство за широко разпространено, по-ранно снеготопене и намаляване продължителността на снежната покривка през пролетния сезон в равнинните и в планинските райони на България, каквото намаляване е установено за много други региони на Северното полукълбо.

Отсъствието на статистически значими тенденции във времевите редове на снежната покривка, отразява силното влияние на атмосферната циркулация върху снежната покривка в България (*Brown and Petkova, 2007*), която е разположена на Балканския полуостров, на границата между умерено континенталния и средиземноморския климат (*Събев и Станев, 1959*). Циклоните, които се зараждат в източната част на Средиземно море имат доминиращо влияние върху зимните условия в България (*Latinov, 2000*). Тези циклони се придвижват по няколко предпочитани пътища и в зависимост от пътя, по който те преминават, могат да оказват значително, или по-слабо влияние на зимните условия в България (*Събев и Станев, 1959*).

Тенденции на зимния валеж

За **зимния валеж** в България, е получена **намаляваща тенденция** за периода 1931 - 2005 г., в много райони на Западна и Централна Дунавска равнина, Западен и Източен Предбалкан, в Източна България, по Черноморското крайбрежие, във високите полета на Западна България, в Задбалканските полета, Тракийската низина и в най-южните райони на България. **Намаляващата тенденция е статистически значима** в района

на Павликени (Централна Дунавска равнина, където зимният валеж намалява с 12 mm), Задбалканските полета (районите на Казанлък и Карлово), в района на Гоце Делчев (долината на река Места) и в района на Елхово (Югоизточна България). *Зимният валеж*, показва *нарастваща тенденция* в няколко района на Дунавската равнина, разположени в близост до р. Дунав (Оряхово, Свищов, Русе), и също така, в Централен Предбалкан (районите на Троян и Тетевен).

В планинските райони на България, зимният валеж показва ясна намаляваща тенденция, която е *статистически значима* в районите на: х. Осогово (Осоговска планина), Банско (Пирин планина), Юндола (Западни Родопи), Боровец (северни склонове на Рила). В планинските райони над 2000 m н.в., зимният валеж намалява средно с 20 mm. *Статистически значимо нарастване* се открива единствено в района на Петрохан в Западна Стара планина, където зимният валеж нараства с 12 mm.

Тенденции на зимната температура

За тенденциите на *зимната температура* в България за периода 1931-2005 г., е установена нарастваща тенденция в Северна България, в районите, разположени по Черноморското крайбрежие, в Горнотракийската низина и в най - южните райони на България (*Petkova et al., 2010 a* и *Petkova et al., 2010 b*). В Южна България са установени по-малки стойности за нарастващата тенденция на зимната температура, а в някои райони, като например районите на Перник, Елхово и Благоевград, тенденцията е намаляваща. Представените дисертационни резултати, потвърждават предишни резултати, получени за тенденциите на зимната температура в България през 20-ти век (*Александров, 1995*).

Зимната температура *нараства статистически значимо* в много райони на Дунавската равнина, (в районите на Видин, Лом, Оряхово, Кнежа, Плевен, Павликени, Русе, Исперих, където тя нараства средно с 1.3°C), в Западен Предбалкан (районите на Вършец и Враца) и в Ихтиманска Средна Гора (района на Ихтиман).

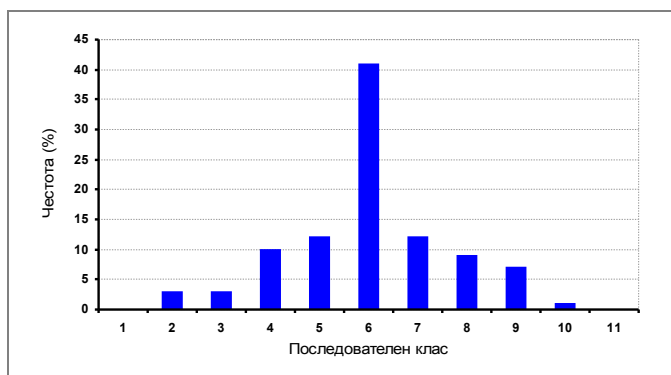
За *планинските райони на България*, е установена *нарастваща тенденция на зимната температура*, която е статистически значима в района на в. Ботев (Централна Стара планина), в района на х. Осогово (Осоговска планина) и в района на Банско (югоизточни склонове на Пирин).

4.3. Температурна класификация на зимите в планинските райони на България

Проблемите за изясняване на зимните условия и класификацията на зимите, особено при „зимите с аномалии”, например при много и изключително студени, или много и изключително топли зими, имат практическа полза за енергетиката, туризма, селското стопанство и т.н.

В дисертационното изследване, класификацията на зимите в планинските райони на България (Petkova et al., 2004), е получена чрез единадесет степенна температурна скала, заимствана от Lorenc and Suvalska – Bugucka, 1996), която е приложена в анализите за 12 планински метеорологични станции, за периода 1931 - 2005 г.

От получената по възприетата скала класификация на зимите в България и представена на Фигура 4.19. (вж. още и Таблица 4.2, представена в дисертацията), може да се направи извода, че през периода 1931-2005 г., 41.3% от всички зими са нормални, 29.3% са студени, а 29.3% от зимите са топли. Освен това, *изключително студени* са били зимите на 1941/1942 и 1953/1954 г., а *изключително топла* е била зимата на 1935/1936 г. Тези „аномални зими” са регистрирани от всички планински метеорологични станции. Последната много студена зима в планинските райони на България, е зимата на 1963 г. Този факт се потвърждава и от предишно изследване (Станев и др., (ред.), 1991). В друго предишно изследване (Andreeva T., et al., 2003), е установено увеличаване на топлите зими след 1960 г. за планинските върхове: Мусала, Ботев, Снежанка, в. Черни връх и в. Мургаш.



Фиг. 4.19. Честотно разпределение на зимите в планинските райони на България, 1931 - 2005 г.

Глава 5. Регионализация и анализ на регионалните колебания и тенденции на снежната покривка в България

Тази глава е посветена на задачата за определяне на *региони* от територията на България, в които колебанията на снежната покривка са повече или по-малко кохерентни в пространството и времето, т.е., колебанията имат близка честота и амплитуда и висока корелация помежду си. Представените в тази глава конкретни резултати, могат да се отнесат към по-общата и важна за климатологията задача - регионализация на снежната покривка в България.

5.1. Регионализация и анализ на регионалните колебания на снежната покривка в планинските райони на България, 1931 - 2000 г.

За изследване на регионалните колебания на снежната покривка в планинските райони на България, са използвани данни за периода 1931-2000 г. от 15 метеорологични станции, разположени над 750, 800 m н.в (Фиг. 5.1). Тези данни са използвани за получаване на времевите редове на годишната продължителност и максималната годишна височина, и на продължителността на снежната покривка през есенния (август - януари) и пролетния (февруари - юли) сезони. В изследванията е използван методът на главните компоненти (Principal Component Analysis - PCA), приложен последователно за 12 метеорологични станции за периода 1931-2000г. и за 15 метеорологични станции за по-новия климатичен период, 1971-2000 г., с цел да се установи, дали са настъпили промени в определените локални райони, които са в отговор на установеното затопляне през последните десетилетия на 20-ти и продължаващо през 21-ви век.



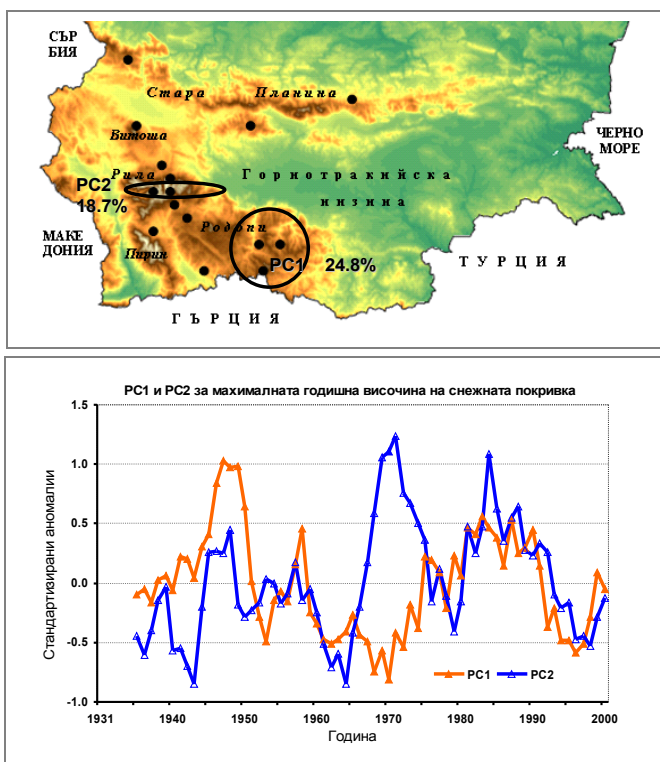
Фиг. 5.1. Местоположение на 15 планински метеорологични станции, използвани в изследването

Максимална годишна височина на снежната покривка,

За максималната годишна височина на снежната покривка са определени два основни регионални клъстера за периода 1931-2000г. (Фиг.5.2): регионалният клъстер, съответстващ на първата главна компонента (PC1), е центриран над Източните Родопи и включва станциите: Чепеларе, Райково и Манастир. Клъстерът, съответстващ на втората главна компонента (PC2), включва две станции в Рила планина (Ситняково и Сара гьол). Времевите колебания (Фиг.5.2, долу) на тези две

главни компоненти (PC1 и PC2), са приблизително кохерентни, с периоди над средната стойност на максималната височина на снежната покривка през 1940-те и 1980-те години. Изключение прави само периодът на нарастващо акумулиране на сняг в края на 1960-те и началото на 1970-те години, през който период, акумулирането на сняг в Родопите е под нормата, а в Рила планина, над нормата. Не са получени статистически значими тенденции за двете главни компоненти (PC1 и PC2) за периода 1931-2000г.

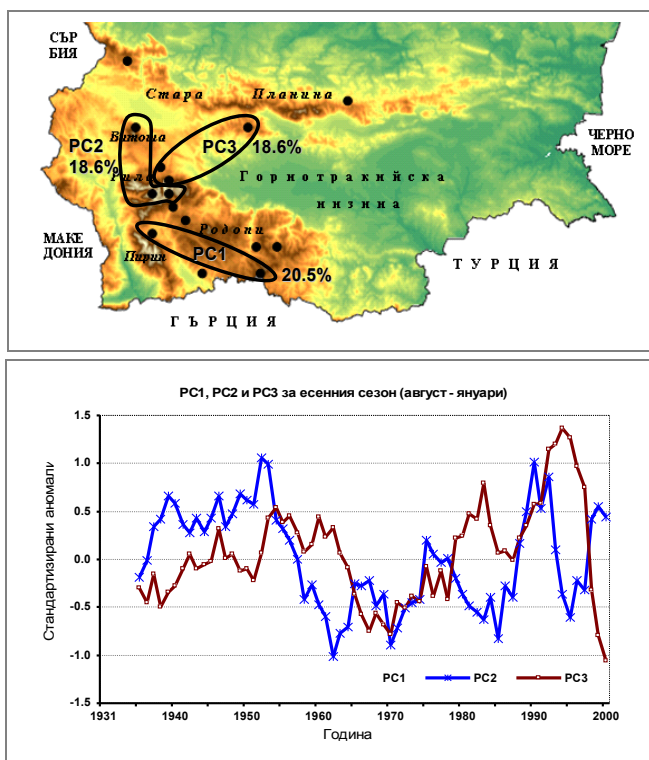
За периода 1971-2000 г., е установен един сравнително голям регионален клъстер за колебанията на максималната годишна височина на снежната покривка, включващ шест станции: Манастир, Чепеларе, Райково, Кръстец, Самоков и Боровец, като повечето от тези станции са разположени в планинската зона от 1000 до 1500 m н.в.



Фиг. 5.2. Регионалните клъстери, определени от PC1 и PC2 (горе), и съответните 5-годишни пълзящи средни, за колебанията на максималната годишна височина на снежната покривка (долу)

Продължителност на снежната покривка през есенния сезон

За продължителността на снежната покривка през есенния сезон за периода 1931-2000 г (Фиг. 5.3), са идентифицирани три главни компоненти (PC1, PC2 и PC3), определящи три регионални клъстера. Регионалният клъстер, съответстващ на PC1, се простира от Източните Родопи (Райково) към Пирин (Банско). Регионалният клъстер, съответстващ на PC2, обединява три станции, разположени в Рила и Витоша (Ситняково,



Фиг. 5.3. Регионални клъстери, определени от PC1, PC2 и PC3 (горе) и 5-годишните пълзящи средни, за колебанията на снежната покривка през есенния сезон (долу)

Сара гьол и в. Черни връх), а регионалният клъстер, съответстващ на PC3, обединява две станции в Северна Рила (Самоков и Боровец) и една в Средна гора (Копривщица). Времевите редове, съответстващи на трите главни компоненти, показват значителни регионални и времеви колебания за есенната продължителност на снежна покривка.

Резултатите от анализите за периода 1971-2000 г., дават доказателство за разширяване на регионалния клъстер за есенната продължителност на

снежната покривка, представен от шест станции (Манастир, Чепеларе, Лееве, Юндола, Копривщица и Петрохан), разположени в планинската зона от 1000 до 1500 m н.в. *Продължителността на снежната покривка през есенния сезон* в този регионален клъстер, показва *статистически значима намаляваща тенденция*, в отговор на по-високите температури на въздуха през м. декември над Балканите (*Brown and Petkova, 2007*).

Продължителност на снежната покривка през пролетния сезон

Резултатите от проведените анализи за продължителността на снежната покривка през пролетния сезон, твърде много се доближават до резултатите от анализите за продължителността на снежната покривка през есенния сезон: първият регионален клъстер, определен от РС1, се простира над централните Родопи и Пирин планина и включва станциите: Райково и Банско. Вторият регионален клъстер, съответстващ на РС2, е разположен над Рила и Витоша и обединява станциите в Черни връх, Ситняково и Сара гьол. Регионалният клъстер, определен от РС4, се простира над Северна Рила и Средна гора, и включва станциите Копривщица и Самоков. Времевите редове за регионалните клъстери, определени от РС1, РС2 и РС4, показват значителни регионални и времеви колебания (графиките не са представени в автореферата).

За периода 1971-2000 г., няма доказателство за наличието на по-голям регионален клъстер, който да е свързан с намаляване продължителността на снежната покривка през пролетния сезон в планинските райони на България, установено за много други региони на Северното полукълбо.

Годишна продължителност на снежната покривка

За годишната продължителност на снежната покривка, чрез проведените РСА анализи, са установени регионални клъстери със същите групи от станции, каквито групи от станции обединяват клъстерите, генерирани от анализите за пролетната продължителност. Този резултат, дава основание да се приеме, че процесите през пролетния период имат определяща роля за колебанията на годишната продължителност на снежната покривка (*Petkova, et al., 2005; Brown and Petkova, 2007*).

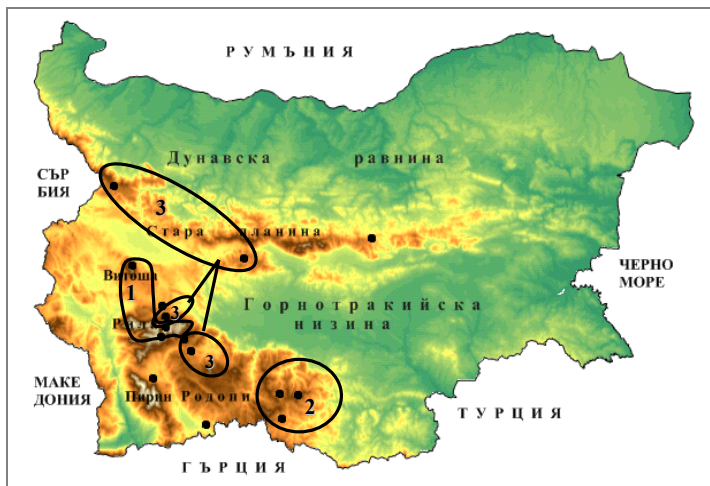
Резултатите от проведените анализи за периода 1971-2000 г., дават ясно доказателство за разширяване на регионите за годишната продължителност на снежната покривка. Тези резултати определят един регионален клъстер със шест станции (Петрохан, Копривщица, Самоков, Юндола, Лееве и Чепеларе). Това са по-голяма част от станциите с надморската височина от 1000 до 1500 m н.в., като те показват тенденция на скъсяване на годишната продължителност на снежната покривка през периода 1971- 2000 г., поради по-късното начало на зимния сезон.

Получените регионални клъстери за есенната и пролетната продължителност на снежната покривка, групират станции, разположени в

една по-голяма териториална област, отколкото районите, определени за максималната височина на снежната покривка, а пространствените клъстери за максималната височина, есенната и пролетната продължителност на снежната покривка, са в съответствие с климатичните райони на България, определени от *Събев и Станев (1959)*.

В заключение, може да направи следното обобщение:

Проведените изследвания, чрез метода на главните компоненти, разкриват три ясни регионални клъстера за снежната покривка в планинските райони на България за периода 1931-2000 г. (Фиг. 5.6): 1) регионален клъстер, центриран над Витоша и Рила, който включва станции над 1500 m н.в. (Черни връх, Ситняково и Сара гьол); 2) регионален клъстер, центриран над източните Родопи (Чепеларе, Райково и Манастир) и 3) регионален клъстер, обхващащ станции, разположени в планинската зона от 1000 до 1500 m н.в. (Лееве, Юндола, Петрохан, Копривщица и Боровец).



Фиг. 5.6. Местоположение на метеорологичните станции и основните регионални клъстери, идентифицирани от проведените анализи

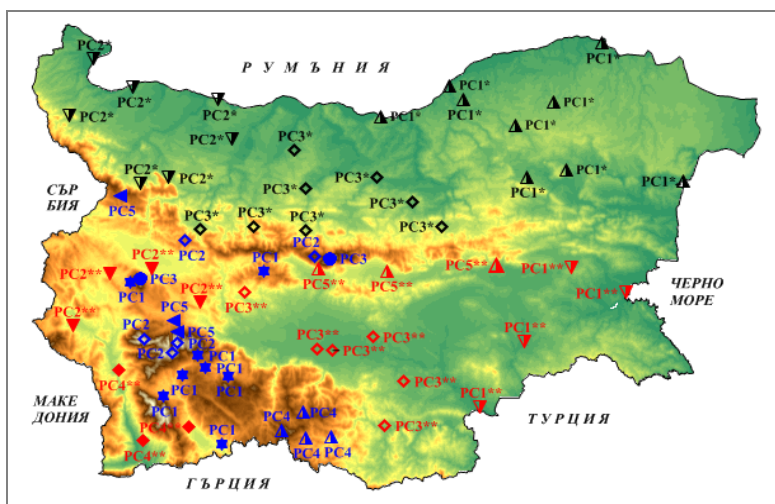
5.2. Регионализация и анализ на регионалните колебания и тенденции на снежната покривка в България, 1931 - 2005 г.

Този параграф представя резултатите от проведените анализи за определяне на региони за територията на България, в които колебанията на годишната продължителност и максималната годишна височина на снежната покривка са кохерентни в пространството и времето. В получените региони (регионални клъстери), са оценени тенденциите на

всяка от двете променливи характеристики на снежната покривка. В изследванията са използвани климатични данни за годишната продължителност и максималната годишна височина на снежната покривка, получени за 68 метеорологични станции в България, за периода 1931 - 2005 г.

Регионализация и анализ на регионалните колебания и тенденции на максималната годишна височина на снежната покривка

За максималната годишна височина на снежната покривка в България, са определени 13 регионални клъстера, въз основа на данните за периода 1931 2005г. На Фигура 5.7. са представени регионалните клъстери, а тенденциите на максималната годишна височина на снежната покривка в определените 13 регионални клъстера, са дадени в Таблица 5.5. (не се представя в автореферата).



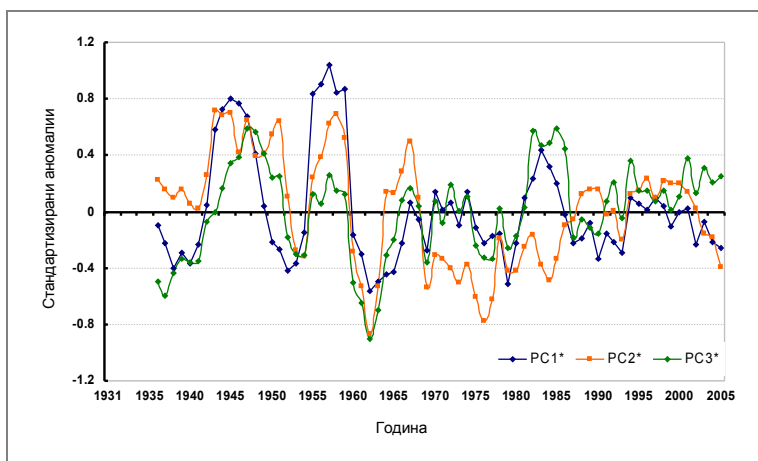
Фиг. 5.7. Основните регионални клъстери, идентифицирани от проведените анализи за максималната годишна височина на снежната покривка в България

За Северна България, са определени три главни компоненти за максималната височина на снежната покривка, които описват 72.96% от общата дисперсия (Фиг.5.7 и Таблица 5.2). Първата главна компонента (PC1*) дефинира регионален клъстер, центриран над Източна Дунавска равнина и Северното Черноморие, включващ 9 станции. Втората главна компонента (PC2*) дефинира регионален клъстер, обединяващ 7 станции от Западна Дунавска равнина и Западен Предбалкан. Третият регионален клъстер, дефиниран от PC3*, е центриран над Централна Дунавска равнина и Централен Предбалкан и обединява 8 станции.

Резултатите от анализите на тенденциите на максималната годишна височина на снежната покривка в определените три регионални кълъстери, показват намаляваща тенденция в Източна Дунавска равнина и Северното Черноморие (PC1*), и в Централна Дунавска равнина и Централен Предбалкан (PC3*), а в Централна Северна България (PC2*), тенденцията е нарастваща.

Таблица 5.2: Регионални кълъстери за максималната годишна височина на снежната покривка в Северна България.

Регионален кълъстер	PC	% от общата дисперсия	Брой станции	Имена на станциите
Източна Дунавска равнина и Северно Черноморие.	PC1*	26.20	9	Свищов, Русе, Силистра Образцов Чифлик, Исперих, Разград, Търговище, Шумен, Варна
Западна Дунавска равнина и Западен Предбалкан.	PC2*	24.03	7	Видин, Лом, Оряхово, Кнежа, Белоградчик, Вършец, Враца
Централна Дунавска равнина и Централен Предбалкан.	PC3*	22.73	8	Плевен, Павликени Велико Търново, Елена, Тетевен, Ловеч, Троян, Ботевград



Фиг. 5.8. Петгодишни пълзящи средни, свързани с колебанията на максималната годишна височина на снежната покривка в Северна България, в определените регионални кълъстери от главните компоненти PC1*, PC2* и PC3*

За Южна България, са определени пет главни компоненти за максималната височина на снежната покривка (Фиг.5.7), които дефинират пет регионални кълъстера. В тези регионални кълъстери, максималната

годишна височинна на снежната покривка показва значителни регионални и времеви колебания.

Резултатите от анализите на тенденциите на максималната височина на снежната покривка в определените регионални клъстери за Южна България, показват *нарастваща тенденция* във високите котловинни полета на Централна Западна България (PC2**) и в Горнотракийската низина (PC3**). Намаляваща тенденция се открива в равнинните райони в близост до реките Струма и Места (PC4**), и в Задбалканските полета (PC5**). Намаляващата тенденция е статистически значима в регионалния клъстер (PC1**), центриран над Югоизточна България и Южното Черноморие.

За *планинските райони* на България (Фиг.5.7), анализите определиха пет доминиращи компоненти за максималната височина на снежната покривка. В определените от анализите регионални клъстери, максималната височинна на снежната покривка показва значителни регионални и времеви колебания. Регионалният клъстер PC4, центриран над Централните и Източни Родопи, съвпада с един от пространствените клъстери за максималната височина на снежната покривка PC2 (Фиг. 5.2), описан в параграф 5.1. на глава 5 от дисертацията, но разширен при новите изследвания.

Резултатите от анализите на тенденциите в определените регионални клъстери за планинските райони, показват *две статистически значими намаляващи тенденции*: едната, за районите, разположени по северните склонове на Западна Стара планина и Северна Рила (PC6) и втората, за планинските райони, разположени над 2000 m н. в. (PC3). Освен това, в регионалните клъстери за планинските райони до 1300/1400 m н.в. (PC1) и за Централен и Източно Родопски планински район (PC4), в изменението на максималната височина на снежната покривка се откриват близки, намаляващи тенденции. В регионалния клъстер за северните склонове на Западна Стара планина и Северна Рила, в зоната 1500-2000 m н.в. (PC2), максималната височина показва нарастваща тенденция.

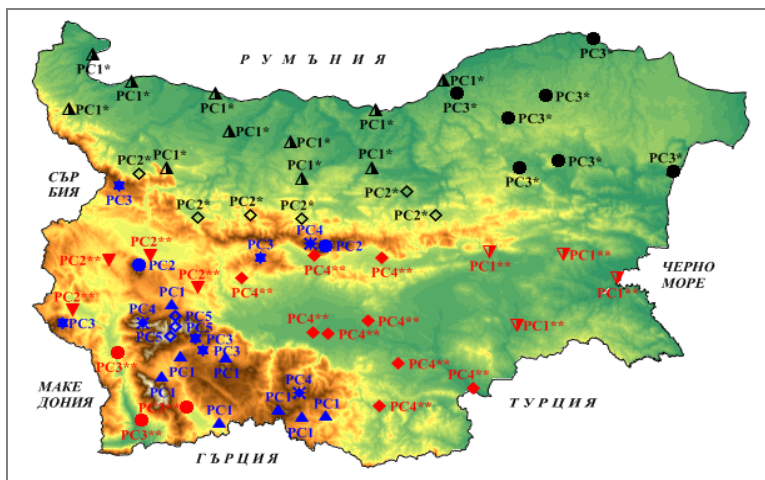
Регионализация и анализ на регионалните колебания и тенденции на годишната продължителност на снежната покривка

За годишната продължителност на снежната покривка в България, са определени 12 регионални клъстера, които са представени на Фигура 5.11. Тенденциите на годишната продължителност на снежната покривка, за периода 1931 - 2005г. в тези 12 регионални клъстера са дадени в Таблица 5.9. (не се представя в автореферата).

За *Северна България*, са определени три главни компоненти (Фиг.5.11), които определят съответните регионални клъстери. Колебанията на годишната продължителност на снежната покривка в определените три

регионални кълъстера са значителни и са приблизително кохерентни през периода 1931-2005г. като изключение прави само регионалният кълъстер, определен от PC2* (района на Предбалкана), през късните 1970-те години.

Резултатите от *анализите* в определените регионални кълъстери за годишната продължителност на снежната покривка в Северна България, показват намаляваща тенденция в района на Западна и Централна Дунавска равнина (PC1*), в Източна Дунавска равнина и Черноморското крайбрежие (PC3*), но нарастваща тенденция в района на Централния Предбалкан (PC2*).



Фиг. 5.11. Основни регионални кълъстери, идентифицирани от проведените анализи за годишната продължителност на снежната покривка в България

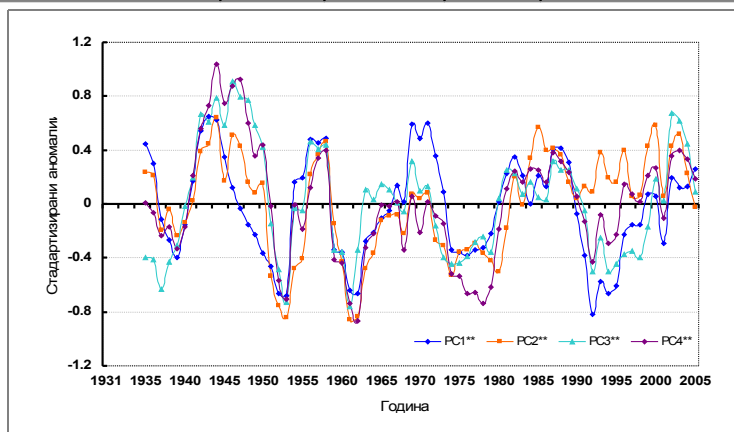
За Южна България са определени четири главни компоненти, представлящи 83.93% от общата дисперсия (Фиг.5.11 и Таблица 5.7). Първата главна компонента, PC1**, определя регионален кълъстер, центриран над Югоизточна България и Южното Черноморие, включващ 4 станции. Втората главна компонента PC2**, дефинира регионален кълъстер, разположен във високите котловинни полета на Централна Западна България: Софийско, Пернишко, Кюстендилско и Ихтиманско, обединяващ 4 станции. Третият регионален кълъстер, определен от PC3**, включва 3 метеорологични станции, разположени в равнинните райони, в близост до река Струма на юг от Благоевград, и равнинните райони, разположени в близост до река Места. Четвъртият регионален кълъстер, определен от PC4**, обединява 9 станции от Горнотракийската низина и Задбалканските полета, Карловско и Казанлъшко.

От графиките на Фигура 5.13, които представят петгодишните пълзящи средни, свързани с колебанията на годишната продължителност

на снежната покривка в определените регионални кълъстери за Южна България, се установява, че колебанията в тях са кохерентни през късните 1930-те, 1950-те и ранните 1960-те и през 1980-те години. Регионалните кълъстери PC1** и PC4** показват кохерентни колебания, с изключение на късните 1980-те години, а колебанията в PC3** и PC4** са кохерентни от късните 1930-те години до края на XX век.

Таблица 5.7: Регионални кълъстери за годишната продължителност на снежната покривка в Южна България.

Регионален кълъстер	PC	% от общата дисперсия	Брой станции	Имена на станциите
Югоизточна България и Южно Черноморие	PC1**	21.18	4	Сливен, Карнобат, Бургас, Елхово
Високи полета на Централна Западна България	PC2**	19.47	4	София, Перник, Кюстендил, Ихтиман
Равнинни райони по реките Струма и Места	PC3**	15.39	3	Благоевград, Сандански, Гоце Делчев
Горнотракийска низина и Задбалкански полета	PC4**	27.89	9	Панагюрище, Пловдив, Садово, Чирпан, Хасково, Кърджали, Свиленград, Карлово, Казанлък



Фиг. 5.13. Петгодишни пълзящи средни, свързани с колебанията на годишната продължителност на снежната покривка в Южна България, за регионалните кълъстери, определени от главните компоненти: PC1**, PC2**, PC3** и PC4**

Годишната продължителност на снежната покривка в определените регионални кълъстери за Южна България, показва нарастваща тенденция във

високите полета на Централна Западна България (PC2**), и в Горнотракийската низина и Задбалканските полета (PC4**). В района на Южното Черноморие и Югоизточна България PC1**), тенденцията е намаляваща. В южните равнинни райони, разположени в близост до реките Струма и Места (PC3**), годишната продължителност на снежната покривка показва отсъствие на тенденция.

За *планинските райони на България*, са определени пет главни компоненти (Фиг. 5.11), които дефинират пет регионални клъстера за годишната продължителност на снежната покривка, за която и в този случай, се установяват значителни регионални и времеви колебания през периода 1931-2005г.

Резултатите от анализите на тенденциите за годишната продължителност на снежната покривка показват, че те са намаляващи в западните планински райони от 1000 до 1500 m н.в., (PC3), в планинските райони над 2000 m н.в. (PC2), и в планинските райони в Северна Рила, от 1500 до 2000 m н.в. (PC5). но нарастват статистически значимо в планинските райони, разположени над северните склонове на Централна Стара планина и Рила, и в Източните Родопи (1000 - 1500 m н.в.), обединени в един регионален клъстер, определен от PC4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

❖ ИЗВОДИ

- Пространственото изменение на основни климатични характеристики на продължителността и максималната височина на снежната покривка за периода на съвременния климат, 1961- 1990 г., е значително за територията на България, което е естествено следствие от пространственото изменение на температурата на въздуха и валежите.
- За периода на съвременния климат, 1961-1990г., е установено повдигане на надморската височина, над която през месец януари има непрекъсната снежна покривка, от порядъка на 150 m, спрямо климатичния период 1921-1950г. Този факт се обяснява с нарастващата тенденция на зимна температура и общата намаляваща тенденция на зимния валеж в България, които водят до намаляване на продължителността на снежната покривка.
- За *колебанията на годишната продължителност и максималната годишна височина* на снежната покривка в България, за периода 1931-2005 г., е установено, че те са над средните стойности в края на 1930-те и през 1940-те години, което се свързва с продължителен период със зимни температури под средната и зимни валежи над средната стойност. Очертава се един период с непрекъснато ниска снежна покривка, през късните 1950-те и ранните 1960-те години. Дефицитът на сняг през ранните 1960-те, се свързва с един по-дълъг период с температури, по-

високи от средната през есента и началото на зимата над Балканите, което води до забавяне началото на снежните сезони. За планинските райони на България, се установява и втори подобен период, от късните 1980-те до средата на 1990-те години. Дефицитът на сняг през този период, се свързва с топлия и сухия период, 1984-1992 г. За равнинните райони се установяват още два периода със стойности на снежната покривка по-ниски от средните, през 70-те и ранните 90-те години. От късните 1990-те години до края на изследвания период, снежните условия отново са близки до средните.

- За *максималната годишна височина на снежната покривка* за периода 1931-2005г., е установена намаляваща тенденция в Западна Дунавска равнина и Западен Предбалкан, в Източна България и по Черноморското крайбрежие, в най-южните райони и в много от планинските райони на България. Намаляващата тенденция е статистически значима в планинските райони, разположени над 2000 m н.в., и по северните склонове на Западна Стара планина. В Централна Дунавска равнина и Централен Предбалкан, в Горнотракийската низина и в районите, разположени по Северните склонове на Родопите, за максималната годишна височина на снежната покривка е установена нарастваща тенденция. В много от тези райони зимният валеж също показва нарастваща тенденция. Причината за различната посока на тенденциите се свързва с атмосферната циркулация и с нейното взаимодействие с локалните условия, което води до преразпределение на снежната покривка, проявяващо се най-често в планинските и предпланинските райони на България.

- За *годишната продължителност на снежната покривка* е установена също намаляваща тенденция за периода 1931-2005 г., в повече от районите на Дунавската равнина, в Източна България и по Черноморското крайбрежие, в Задбалканските полета, в най - южните и в много от планинските райони на България. В централните и източните райони на Предбалкана, във високите полета на Централна Западна България, и в много райони на Горнотракийската низина, е установена нарастваща тенденция за годишната продължителност на снежната покривка.

- За *продължителността на снежната покривка през пролетния сезон* е получена намаляваща тенденция в много от районите на Дунавската равнина и Източна България, в Горнотракийската низина, в най-южните и в много от планинските райони на България, за периода 1931-2005г. Намаляващата тенденция е статистически значима в няколко района на Западна и Централна Дунавска равнина, което може да се дължи на статистически значимото нарастване на зимната температура в тези райони.

- За по-съвременния период, 1971-2005 г., няма получено ясно доказателство за скъсяване продължителността на снежната покривка през

пролетния сезон в България, каквото скъсяване е установено в много други райони на Северното полукълбо.

- Във времевите редове на снежната покривка за периода 1931- 2005 г. са установени значителни десетгодишни и с по-дълги периоди колебания, но от друга страна, няма получено ясно доказателство за статистически значими дълго периодични тенденции.
- Температурната чувствителност на снежната линия в планинските райони, е оценена на (-191 ± 20) m/°C, а температурната чувствителност на годишната продължителност и на максималната годишна височина на снежната покривка, са оценени съответно на: (-17 ± 2) дни/°C и (-16 ± 3) cm /°C. Тези резултати са сравними с резултатите, получени от *Haerberli and Beniston (1998)* и *Hantel et al., (2000)*, за района на Алпите.
- В планинските райони на България за периода 1931-2005 г., 41.3% от всички зими са нормални, 29.3% - студени, а 29.3% от зимите са топли. През периода 1976 - 2005 г. студените зими намаляват с 6%, нормалните с 1%, а топлите се увеличават със 7%, спрямо периода 1931-2005 г. Този факт е следствие от нарастващата тенденция на зимната температура в планинските райони.
- За планинските райони на България за периода 1931-2000 г., са установени три ясни регионални клъстера за снежната покривка.: 1) регионален клъстер, центриран над Витоша и Рила, който включва станции над 1500 m н.в.; 2) регионален клъстер, центриран над източните Родопи и 3) регионален клъстер, обхващащ станции, разположени в планинската зона от 1000 до 1500 m н.в. В определените три локални региона, са установени значителни десетгодишни и по - дълги колебания на снежната покривка, но няма ясно доказателство за статистически значими дълго периодични тенденции за 1931 - 2000 г. За по-съвременния период, 1971-2000 г., е получен един разширен регионален клъстер за максималната годишна височина, есенната и годишната продължителност на снежната покривка, обхващащ повече от станциите от планинската зона 1000-1500 m н.в. В този регионален клъстер, продължителността на снежната покривка през есенния сезон намалява статистически значимо.
- За максималната годишна височина на снежната покривка в България за периода 1931-2005г., са получени тринадесет регионални клъстера. В регионалните клъстери, центрирани над: Западна Дунавска равнина и Западен Предбалкан, Източна Дунавска равнина и Северното Черноморие, Задбалканските полета, равнинните райони, в близост до реките Струма и Места, планинските райони до 1300 m н.в., е открита намаляваща тенденция. Намаляващата тенденция е статистически значима в регионалните клъстери, центрирани над: Югоизточна България и Южното Черноморие, северните склонове на Западна Стара планина и Рила от 1000 до 1500 m, н.в., планинските райони над 2000 m н.в. В регионалните клъстери, центрирани над: Централна Дунавска равнина и Централен

Предбалкан, високите полета на Централна Западна България, Горнотракийската низина, северните склонове на Централна Стара планина и Рила от 1500 до 2000 m н.в., е открита нарастваща тенденция.

- За годишната продължителност на снежната покривка са получени дванадесет регионални клъстера. В регионалните клъстери, разположени в: Западна и Централна Дунавска равнина, Източна Дунавска равнина и Северното Черноморие, Югоизточна България и Южното Черноморие, западните планински райони от 1000 до 1500 m н.в., планинските райони в Северна Рила от 1500 до 2000 m н.в., планинските райони над 2000 m н.в., е установена намаляваща тенденция. Нарастваща тенденция е открита в регионалните клъстери, разположени в: Предбалкана, високите полета на Централна Западна България, Задбалканските полета и Горнотракийската низина, планинските райони до 1300 m н.в. в Пирин, Рила и Родопите. В регионалния клъстер, разположен над северните склонове на Централна Стара планина и Рила, и в Източните Родопи от 1000 до 1500 m н.в., е установена статистически значима нарастваща тенденция.
- Регионалните клъстери, определени за есенната и пролетната продължителност и максималната годишна височина на снежната покривка в планинските райони, показват добро съответствие с климатичните райони на България, определени от Събев и Станев (1959).
- Полезно е изследванията, свързани с регионализацията на снежната покривка в България да бъдат продължени и актуализирани.

❖ ПРИНОСИ

1. Установен е режимът на снежната покривка в България за периода на съвременния климат, 1961-1990г. Получени са и са представени в компактен картен вид, пространствените разпределения на основни климатични характеристики на снежната покривка с включени към тях анализи и резултати с практическа насоченост. Установено е повдигане на надморската височина, над която през месец януари има непрекъсната снежна покривка за периода на съвременния климат, спрямо климатичния период, 1921-1950 г. Резултатите от този принос, допълват предишни резултати, получени за България от други български автори.
2. Получени и анализирани са колебанията на максималната годишна височина и годишната продължителност на снежната покривка, съвместно с анализ на колебанията на зимния валеж и зимната температура за периода 1931-2005 г.
3. Получени, анализирани и оценени са тенденциите на снежната покривка, зимния валеж и зимната температура в България за периода 1931-2005 г. Установена е обща намаляваща тенденция на годишната максимална височина, годишната продължителност и продължителността на снежната покривка през пролетния сезон, което се обяснява с

намаляващата тенденция на зимния валеж и нарастващата тенденция на зимната температура.

4. Във времеви редове на снежната покривка за периода 1931-2005 г., са установени значителни десетгодишни и с по-дълги периоди колебания, но няма получено ясно доказателство за статистически значими дълго периодични тенденции. За по-съвременния период, 1971-2005г., няма получено ясно доказателство за скъсяване продължителността снежната покривка през пролетния сезон в България, каквото скъсяване е установено в много други райони на Северното полукълбо.

5. Оценена е температурната чувствителност на снежната линия, годишната продължителност и максималната годишна височина на снежната покривка за планинските райони на България. Получените оценки в дисертацията, са сравними с резултати, получени от други автори за района на Алпите. Създадена е и температурна класификация на зимите за планинските райони на България.

6. Получено е едно приемливо решение на задачата за регионализация на снежната покривка, както в планинските райони, така и за цялата територия на България. Установени са регионалните колебания и тенденциите на максималната годишна височина и продължителността на снежната покривка в определените локални региони.

❖ Някои идеи за приложения на постигнатите резултати

- Отчитайки, че снежната покривка е важен климатичен елемент, която оказва влияние върху климатичните промени на планетата Земя и освен това, тя е индикатор за тези промени, можем да обобщим, че направените дисертационни изследвания и получените оценки на тенденциите на снежната покривка, са полезни при разработките на регионални оценки и обобщения, по отношение на посоката и количествения израз на съвременните климатични промени.

- Познаването на естествените колебания и изменение на снежната покривка и на нейната регионализация за България, заедно с разработването на сценарии за бъдещи климатични промени, причинени от увеличаващото се газово и аерозолно замърсяване, могат да станат добра научна основа за правилно икономическо планиране и предлагане на мерки за адаптация в области като: земеделие, напояване, зимни спортове, туризъм, строителство и др.

- Пространственото изменение на основни характеристики на снежната покривка, има своите естествени приложения в области като: земеделие, туризъм, зимни спортове и др. Например, пространственото разпределение на годишната продължителност на снежната покривка, с височина над 10 cm и на максималната средна десетдневна височина, са важни характеристики при оценяване на условията за презимуване на

земеделските култури. Пространственото разпределение на максималната височинна на снежната покривка, е основа за оценяване на водните ресурси, а пространственото разпределение на абсолютната максимална височина, е информативна и полезна характеристика при прогнозиране на възможни наводнения, които настъпват при масовото снеготопене след обилни и продължителни снеговалежи, при изготвяне на норми за строителното проектиране и строителството на сгради, пътни и хидротехнически съоръжения и др.

❖ Някои идеи за бъдещи изследвания

- Разработване на климатични сценарии, необходими при решаване на задачата за оценяване чувствителността на снежната покривка към възможни бъдещи климатични промени. Това ще даде възможност за предлагане на мерки за адаптация в области като: туризъм, високопланинско земеделие, водни ресурси и др.
- Изследване на такива екстремни явления, като: снежни бури, обилни снеговалежи, лавини и др., и оценка на риска от тях, при изграждане на системи за ранно предупреждение.
- Разширяване обхвата на изследванията, направени по дисертационната тема и за други, съседни на България региони, например включване на Балканския регион, Югоизточна Европа и др.

❖ Авторски публикации, свързани с дисертацията

1. Публикации в научни списания

- 1.1. **Petkova N**, Koleva E, Alexandrov V. 2004: Snow cover variability and change in mountainous regions of Bulgaria, 1931-2000. *Meteorologische Zeitschrift* 13: 19 – 23.
- 1.2. Brown R, **Petkova N**. 2007: Snow Cover Variability in Bulgarian Mountainous Regions, 1931- 2000, *International Journal of Climatology* 27: 1215-1229. DOI: 10.1002/joc.1468.
- 1.3. **Petkova N**, Alexandrov V., Koleva E. 2010a: Snow Cover Variability in North Bulgaria. *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology*, v.15 (1): 9 - 20.
- 1.4. **Petkova N**, Alexandrov V. 2013: Spatial changes of snow cover in Bulgaria, *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology*, v. 18 (1-2): 140 - 146.

2. Доклади, публикувани в пълен текст в сборници от научни форуми

- 2.1. **Petkova N**, Koleva E, Alexandrov V. 2004: Winter Climate Variability and Classification in the Bulgarian Mountainous regions. *In Proceedings of*

International Conference on Water Observation and Information System for Decision Support-BALWIOS - 2004, Ohrid, FY, Republic of Macedonia, 25 - 29 May, 2004, (CD version): 9pp.

2.2. **Petkova N**, Brown R, Koleva E, Alexandrov V. 2005: Snow Cover Changes in Bulgarian Mountainous Regions, 1931-2000. *In Proceedings of ICAM2005, 28th International Conference on Alpine Meteorology, Zadar, Croatia*, 23-27 May, 2005, 662-665, <http://meteo.hr/ICAM2005/>).

2.3. **Petkova N**, Alexandrov V, Koleva E. 2010b: Snow Cover Variability in Bulgaria, 1931 - 2005. *In Proceedings of the International conference: „Geography and regional development”*, 14 - 16 October, 2010, Sofia, Bulgaria: 198 – 204.

2.4. **Petkova N**, Aleandrov V. 2012: Snow Cover in Bulgarian Mountainous Regions, 1931-2005: Observed Variations and Future Activities, *In Proceedings of International Conference on Water Observation and Information System for Decision Support-BALWIOS-2012*, Ohrid, FY, Republic of Macedonia, 27 May - 2 June, 2012, (CD version, ISBN978-608-4510-10-9): 7pp.

2.5. **Петкова Н**. 2013: Снежната покривка в България: колебания и изменение, *Втори Национален Конгрес по Физически Науки*, 25 - 29. 09. 2013 г., София, ФзФ, СУ „Климент Охридски”, (CD version, ISBN 978-954-580-333-8): 5стр.

- Публикации с номера 1.1. и 1.2. са в списания с *импакт фактор*.
- За публикации с номера 1.1., 1.2., 2.2. и 2.3., са забелязани общо 27 цитата.

❖ **Участие в научно - изследователски проекти**

- „Изменение и колебания на снежната покривка в България”, 2005 - 2008 г., проект от научно - изследователския план на НИМХ – БАН.
- Проект „DMCSEE” на Центъра за управление на сушата (Drought Management Centre) за Югоизточна Европа, 2010 - 2012 г.
- Текущ проект на EUMETSAT: „H-SAF - Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Water Management”: „Validation of products”; клъстер „Snow”, 2010-2016г.

БЛАГОДАРНОСТИ

- Изказвам моята специална благодарност на научния ми консултант, *проф. дн Веселин Александров*, за неговите консултации и подкрепа при подготовката и защитата на дисертационния труд.
- Моята благодарност е адресирана и към *доц. д-р Екатерина Колева*, за нейните професионални съвети на климатолог и конкретната ѝ помощ при контрола и обработката на метеорологичната информация за снежната покривка.
- Благодарна съм още на *доц. д-р Нейко Нейков*, за оказаната ми помощ при работа със статистически софтуер и консултациите, свързани със статистически анализи на данните.
- Моята благодарност е отправена и към *Mr. Ross Brown*, изследовател в областта на криосферата от научния консорциум „OURANOS” - Environment Canada, за ценните съвети и научни консултации, отнасящи се до регионализацията и регионалните колебания на снежната покривка в България.
- Изказвам благодарност и на *колегите си от департамент „Климатология и агрометеорология”* от НИМХ - БАН, София, за интереса и подкрепата им. Благодаря и на моите колеги и приятели, които проявиха търпение и разбиране.

Climatic Variability and Change of Snow Cover in Bulgaria

Abstract

Snow cover is an important climatic element having a number of physical properties which affect global and regional energy balance as well as water and carbon cycle. The climatic importance of snow cover is associated with the fact that it is an element of the cryosphere. The importance to climatic fluctuations and changes is based on some of its physical properties, having a strong impact on the energy balance of the Earth's surface. In this respect, the snow cover affects climate change, observed on Earth. On the other hand, the physical properties of snow cover suggest its sensitive reaction to temperature changes, but the observation data over continents and most of oceans and the facts, show an increase in the global mean air and ocean temperature, mass melting of snow and ice and increase the global sea level, it follows that the variation in the snow cover parameters is an important indicator of climate change in the long run. In a changing climate, the study of snow cover variability and change is a current topic and a modern approach to drawing up various environmental and economic assessments, and investigations.

Subject of the dissertation study is to reveal, analyze and evaluate variations and changes of snow cover in Bulgaria both in space and time during the 1931 - 2005 period.

The studies, resulted in establishing the regime of snow cover in Bulgaria for the current climate period (1961-1990). The spatial distributions of basic climatic characteristics for two main variables of snow cover: maximum snow depth and snow cover duration, integrating analyzes and practical results, are obtained. Lifting the altitude of about 150 m, above which in January there is continuous snow cover for the current climate period relative to the 1921-1950 period, is determined.

The variations of annual maximum depth and snow cover duration along with the analysis of the variations in winter precipitation and winter temperature over the 1931-2005 period have been obtained and analyzed.

The tendencies of snow cover, winter precipitation and air temperature in Bulgaria during the 1931-2005 period are obtained, analyzed and evaluated. General decreasing trend in annual maximum snow depth annual and spring snow cover duration are established. This fact could be explained by the decreasing trend in winter precipitation and the increasing trend in winter temperature.

Snow cover series exhibited considerable decadal and longer timescale variability, but there is no evidence of significant long-term trends over 1931 - 2005. There is no clear evidence of shorter spring snow cover season in Bulgaria

over the more recent 1971-2005 period that has been documented in many other regions of the Northern Hemisphere.

Temperature sensitivity of the snow line, annual maximum snow depth and snow cover duration in the Bulgarian mountainous regions are assessed. The obtained results are comparable with the results obtained by other authors for the Alpine region. Temperature classification of the winters in the mountainous areas of Bulgaria is also obtained.

An acceptable solution of the regionalization of snow cover in mountainous regions as well as of the Bulgarian territory is obtained. Regional variations and tendencies in annual maximum snow depth and snow cover duration in the determined local regions are established.