**Приложение 5**

**КРАТКО ОПИСАНИЕ НА ПРИНОСИ**

**Проф. Веселин Александров**

* **КЛИМАТИЧНИ РЕСУРСИ**
* ***Индекси***

Определени са нормите на редица климатични и агроклиматични индекси, напр. продължителността на безмразния период за съвременния климат (1961-1990 г.) по територията на страната. Резултатите допълват представата за особеностите на съвременния климат; могат да се ползват за сравнение и оценка на предишни норми или например при осъвременяване на стратегии за отглеждане на втори земеделски култури в границите на един потенциалния вегетационен сезон и т.н.

* ***Карти***

изработени са карти за съвременните климатични и агроклиматични ресурси в България и Джорджия, САЩ

* **КОЛЕБАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ НА КЛИМАТА**
* ***Хомогенизация на климатични редици***

Един от важните проблеми при проучване на климата е качеството на данните. Дълги редици от надеждни климатични данни са необходими при изследване на колебанията и изменението на климата. Много усилия бяха положени за контрол на качеството на българските данни за минималната и максималната температури на въздуха, валежите и продължителността на слънчевото греене.

Резултатите от проведените изследвания показват, че хомогенизацията е важна за изграждане на надеждна основа за база от климатични данни в България. Очевидно е, че хомогенизацията на редици от климатични данни е съществена, особено за проучване на климатичните промени в страната. Създаването на редици от климатични данни с високо качество изисква прилагането на серия за тестване на хомогенността им. За целта беше използвана процедурата за хомогенизация, която е разработена и въведена в метеорологичната служба на Франция. Тази процедура се оказа съществен инструмент при изследване на колебанията и изменението на климата в България. Демонстрирано бе, че проблема с конструкцията на хомогенни редици е разрешим, дори и при ограничени мета-данни. Приложената методология на хомогенизацията е ценна и от практическа гледна точка, позволявайки откриването на многочислените точки на прекъсване в климатичните редици. Повечето методи на хомогенизация, прилагани в Европа са развити за анализ главно на температурата и валежа. Но, методът на Caussinus - Mestre в това изследване беше успешно приложен и за редици от данни за продължителността на слънчевото греене.

* ***Колебания и изменение на климата в различни региони***

Изследвани, установени и анализирани са колебанията и тенденциите на климата (температура на въздуха и валежи) в България, Балкански полуостров, централна Европа и югоизточните САЩ. през изминалото столетие за различни временни интервали (месеци, сезони, години).

От началото на 1980-те години обща тенденция към затопляне и намаляване на валежите се наблюдава на Балканския полуостров. В течение на втората половина на 20-то столетие регионът на югоизток в Балкански полуостров (включващ Югоизточна България и Северозападна Турция), също е бил характеризиран с по-високи температури на въздуха и намаляване на валежите, което довежда до сериозни засушавания. Регресионният анализ потвърждава корелацията между индекса NAO и аномалиите на зимните валежи в гореуказания регион.

Няколко резултати бяха получени в анализа по отношение колебанията и изменението на климата в България. Например, наблюдаваното затопляне в България е по–слабо, от глобалното, установено от IPCC. Има статистическо значимо повишение на средната температура на въздуха през зимния сезон, в някои области в Северна България (за 1901-2000 г. и 1931-2000 г.). Последните години на 20-то столетие са сред годините с високи минимални температури на въздуха – затоплянето е по-слабо в Южна България и по-високо в Северна България. Увеличението в годишната минимална температура на въздуха е било значително в течение на последното столетие в България – линейната тенденция за 20-тото столетие се изменя в пределите на интервала от 0.6о  до 0.8оC. За сезонната минимална температура на въздуха най-голямо затопляне се наблюдава през лятото. Годишната максимална температура на въздуха показва по-слабо повишение. Намаляваща тенденция е била регистрирана в годишните и особено летните валежи от края на 1970-те години. Обратно, значителна положителна тенденция на зимните валежи е регистрирана в течение на последното столетие в страната. От една страна, всички метеорологични станции показват намаляваща тенденция в продължителността на слънчевото греене в периода 1931-2000 г., а от друга страна, България е разделена почти диагонално на два типа (статистически значителни и незначителни) тенденции към повишаване на годишната продължителност на слънчевото греене в течение на последните 50 години на 20-тото столетие (1951-2000 г.). Зимната продължителност на слънчевото греене също показва увеличение през втората половина на предшестващото столетие.

Затоплянето в избраните региони в Австрия е по-очевидно в края на 20-тото столетие. Годишните валежи в страната показват общо намаляване от средата на 1960-те до края на 1980-те и условия за засушаване преобладаваха в 1970-те и 1980-те. Упоменатите години са охарактеризирани със сухи епизоди в течение на няколко сезона. Засушаване има и през 1990-те години, особено през хладната половина на годината.

Годишната средна температура на въздуха в Джорджия, САЩ показва през 20-тото столетие статистически значима отрицателна тенденция. Това е противоположно в сравнение с тенденцията на националната и средната глобална температура на въздуха, която показва увеличение. Този резултат потвърждава, че локалния, регионалния или националния климат може да има други колебания или тенденции, сравнявайки го с други локални, регионални, национални и особено с глобалните колебания на климата и тенденциите. Валежите в този щат показват значително годишно изменение от 1901 до 1997 г. Джорджия изпитва няколко епизода на засушаване през 20-тото столетие, особено през 1930-те, 1950-те и 1980-те години. Намаляването на валежите от април до септември е забелязано от края на седемдесетте години. Трудно е да се предскажат колебанията на валежите през 21-то столетие. Но, случаите на засушаване през 1998, 1999 и 2000 г. продължават дълго време и това показва, че дефицита на валежите става по-чест. Най-вече епизодите El Niño в течение на студената половина на годината (октомври-март), бяха характеризирани с повишена честота на случаите на валежи в Джорджия. През есента явленията El Niño в този щат бяха по-топли, от съвременните климатични (1961-1990 г.) условия. Но, почти всички зими със събитията на El Niño, бяха с по-ниски температури на въздуха от януари до март.

* ***Колебанията и тенденциите на топлинни и светлинни агроклиматични ресурси в България***

Установени са колебанията и тенденциите на топлинни и светлинни агроклиматични ресурси в България за 100-годишен период. Установени са многогодишните колебания и тенденциите на началото, края и продължителността на потенциалния вегетационен период, сумите от ефективни температури и фотосинтетична активна радиация при устойчив преход на температурата на въздуха през 5 и 10 и 15С . Статистическите характеристики на устойчивите преходи през 5 и 10С (необходими за оценка и прогноза за настъпване/прекратяване на активната вегетация на земеделски култури) са предоставени за ползване в сектор "Оперативна агрометеорология", НИМХ-БАН.

* **НЕБЛАГОПРИЯТНИ И ЕКСТРЕМНИ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ЯВЛЕНИЯ**
* ***Суша***

Изследвани са метеорологични и агрометеорологични аспекти на засушаване. Установени са многогодишните колебания и тенденциите на валежните суми през потенциалния и реалния вегетационен и невегетационния периоди. Установени са многогодишните колебания и тенденциите на безвалежните периоди с продължителност 10 и 15 дни при устойчив преход през 10C. Изведени са корелационни зависимости между валежни суми и добива зърно от царевица. Анализирани са периодите на засушаване през 1992, 1993 и 1996 г.

* **УЯЗВИМОСТ И АДАПТАЦИЯ НА ОТДЕЛНИ СЕКТОРИ В УСЛОВИЯТА НА КОЛЕБАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ НА КЛИМАТА**
* ***Климатични сценарии***

Изведени са климатични сценарии за територията на България при възможна промяна на климата, използвайки симулации от математични модели на ОАЦ (обща атмосферна циркулация). Тези сценарии се използват за оценка на уязвимостта и адаптацията на важни отрасли като горско стопанство и земеделие при евентуална промяна на климата.

В предшестващи и съвременни изследвания са използвани няколко типа сценарии за климата. Те се разделят в три основни класа: синтетични сценарии, аналогови сценарии и сценарии, които се основават на данни от глобалните модели на атмосферна циркулация. Една част от синтетичните сценарии (т.н. „стъпкови” сценарии) описват методи, при които конкретните климатични елементи са изменят с реалистични, но произволни количества, често въз основа на качествени интерпретации на моделирани резултати за климата на даден регион. Например, изменението на базовата температура +1°, 2°, 3° и 4°C и базовите валежи ± 5, 10, 15 и 20% биха могли да представят различни нива на бъдещото изменение на климата. Аналоговите сценарии са създадени от условията на климата в миналото, което може да има сходства с бъдещия климат в даден регион. Тези данни могат да бъдат получени или от миналото (временни аналози) или от други региони в днешно време (пространствени аналози).

За оценка на бъдещите концентрации на парниковите газове и аерозолите в атмосферата и въздействието им върху очаквания климат се прилагат глобални климатични модели (GCMs). Тези модели симулират физичните, химичните и биологичните процеси и взаимодействия на системата: атмосфера-океани-надземна повърхност. GCMs заедно с регионалните модели, имат потенциала да обезпечат географските и физическите нива на регионалното изменение на климата, което е необходимо във всеки анализ.

За създаване на сценарии за изменение на регионалния климат е необходимо да се използват минимум три GCMs. Използвайки само един GCM сценарий може да се създаде впечатление за прогноза, а при два GCM сценария понякога се показва незначителна разлика между тях самите. Разработените сценарии за изменение на климата показват, че затоплянето и намаляването на валежите (особено в Югоизточна Европа) се очаква в избраните региони на Европа и САЩ през 21-ви век. Предназначението на сценария е да помага при идентифицирането на чувствителните сектори при изменение на климата. Климатичния сценарий може да помогне да се покажат потенциалните ефекти и величини на влияние. Относителната чувствителност на даден сектор (напр. селско стопанство, гори, водни ресурси, човешкото здраве и т.н.) би могла да бъде подпомогната и от климатичните сценарии за различните климатични промени. Например, такива сценарии могат да бъдат използвани: 1.) да се определи, ако даден сектор, например селското стопанство е потенциално уязвим при изменение на климата; 2.) да се покажат прагове, при които влиянието на изменението на климата става отрицателно; 3.) да идентифицира уязвимите места в секторите в едни и същи региони или в аналогични сектори в други региони.

* ***Уязвимост и адаптация***

Целта на голяма част от изследванията на кандидата е да се оцени влиянието и изменението на климата върху горски и агро-екосистеми в избраните региони на Европа и Северна Америка. Специфичните задачи включиха анализ на:

* влияние на колебанията на климата върху водопотреблението на царевицата в България по време на вегетационния й сезон;
* влияние на климатичните сценарии върху класификацията на Holdridge за зоните на живот, вегетационния сезон, водопотреблението и добивите от царевицата в България;
* влияние на очакваните промени в климата върху пространствените добиви от земеделски култури на Балкански полуостров, а така също и в някои избрани региони в Централна и Източна Европа;
* влиянието на засушаването върху земеделски култури, както и оценка на уязвимостта и адаптацията на земеделието при евентуално изменение на климата (включвайки и промени в колебанията на климата) в изследваните райони в Австрия;
* влияние на колебанията на климата (включвайки и явлението El Niño) върху отделни агро-екосистеми в Джорджия, САЩ;
* оценка на уязвимостта и адаптацията на агро-екосистеми в условията на разработените климатични сценарии за Югоизточните САЩ.

През последните две десетилетия има тенденция към нарастване на потребността от напояване на царевицата в България поради регистрираното намаление на валежите през топлото полугодие. Царевицата се нуждае от значителни количества вода в зависимост от климатичните условия в дадените райони на страната и съответните типове почва за да може да расте при оптимална почвена влага.

Хидро -, метео - и агрометеорологичните данни показват, че през последното столетие в Австрия са наблюдавани редица епизоди на засушаване, особено в течение на последните десетилетия, и, че те са - естествена част от климатичния цикъл на страната. Режимът на валежите в Австрия ясно се е променил в някои от районите през последните десетилетия – продължителни засушавания през пролетта и лятото са вече нормални метеорологични събития. Епизодите на засушаване през 1990-те години повредиха до голяма степен земеделското производство. Последните случаи на валежен дефицит в Австрия задават въпроса, няма ли този дефицит да стане по-чест и интензивен в бъдещето?

В общи линии, температурата и валежите са основните метеорологически показатели, които определят колебанията в добивите в Джорджия, САЩ. По-висока температура на въздуха в течение на студеното полугодие довежда до спад в добива от зимна пшеница. По-ниските температури действат противоположно – увеличават реколтата от пшеница. Всички култури, включително царевица, соя, фъстъци и памук биват засегнати от по-високи температури на въздуха и валежен дефицит през топлото полугодие. Малките валежни суми през юли влияят особено негативно върху тези земеделски култури. От 1961 г., добива от царевица е по-голям при El Niño в течение на топлото полугодие. Създадените статистически линейни модели, които описват корелацията между добивите, валежите и температурата на въздуха, могат да бъдат използвани за оценка на очакваните аномалии на средния добив от зимна пшеница, царевица, соя, фъстъци и памук преди настъпване на узряването им.

Приложението на модела за зоните на живот, разработен от Holdridge, показва, че при очакваните климатични промени през 21-ви век "*хладната умерено влажна гора*" в България вероятно ще бъде заменена от "*топла умерено суха гора*", а в някои райони - "*умерено топла степ с трън*" и "*субтропична суха гора*". Тези моделни резултати включват около 61% от българските гори, което потвърждава възможно влошаване на външните условия на околната среда. Моделираното затопляне и промените в сумите и разпределението на валежите в България могат да имат значим ефект в композицията на горските екосистеми: в разширение на горските площи и в увеличение/намаление на горските видове дървета и храсти. Затоплянето ще премести горната граница на горите в планините и вероятно ще доведе до по-голям брой широколистни дървета, особено в по-ниските райони.

Затоплянето скъсява продължителността на културите в изследваните региони заради ускореното фенологично развитие. В резултат на очакваното затопляне и валежен дефицит се получава нарастване на водното количество за напояване на царевицата в България. Но от друга страна общата сума вода за напояване намалява поради скъсяване на реалния вегетационен сезон. Този резултат не означава анулиране на възможните проблеми с ограничените водни ресурси. Необходимо е да се отбележи, че скъсяването на продължителността на вегетационния сезон намалява добива от царевица. Ето защо е необходимо да се отглеждат царевични хибриди с по-голяма продължителност на вегетационния сезон при затопляне на климата.

Потенциалното изменение в климатa влияе на земеделското производство както в положителен, така и в негативен аспект. При съвременни нива на CO2, GCM сценариите довеждат до спадане на добива от пшеница и особено царевица в България през 2020-те, 2050-те и 2080-те години. Това намаление на добивите е предизвикано от съкращение на времето за яровизация при зимната пшеница и скъсената продължителност на вегетационния сезон и при двете култури. Моделираното увеличение на добива зърно от царевица при HadCM2 климатичен сценарий за 2020-те години се явяват следствие на сравнително слабото увеличение в температурата на въздуха, и повишение на валежите през юли. При включване на директния СO2 ефект в анализа, всички GCM сценарии предизвикват увеличение в добива от зимна пшеница. Тъй като царевицата се явява представител на C4 растенията, повишеното ниво на CO2 не оказва значително влияние върху ръста и крайния добив.

За зимната пшеница и пролетния ечемик увеличението на валежите в Австрия няма положителен ефект върху добива. Което показва, че температурата на въздуха е доминиращ фактор в конкретния случай. Например, повишението на температурите намаляват дължината на вегетационния сезон. При някои леки почви с ниска влагоемкост, увеличението във валежите има положителен ефект на добива зърно в Австрия. Всички GCM сценарии за изменение на климата през 21-то столетие, включвайки промени само в температурата на въздуха, валежите и слънчевата радиация довеждат до спадане на добива от ечемик и соя вследствие скъсяване на вегетационния сезон. Но при включване на директния ефект на повишените СO2 нива, голяма част от GCM сценариите предизвикват увеличение на добиви от тези култури.

При съвременните нива на CO2, GCM сценариите за 2020-те години също довеждат спадане на добива от земеделски култури в югоизточните САЩ. При включване на директния CO2 ефект в анализа, климатичните сценарии причиняват увеличение в добива от соя и фъстъци.

В действителност, фермерите, земеделските системи и организации се стараят да регулират външните условия на околната среда. Резултатите от оценка на мерки за адаптация предлагат възможни промени в датите на сеитба, избор на хибриди и сортове, и минерално торене, които могат да редуцират отрицателното влияние на потенциалното затопляне през 21-ви век. Промени в напояването и земеползването могат да бъдат допълнителни алтернативни опции за адаптация в земеделието при изменение на климата..

* **ПРИЛОЖЕНИЕ НА СТАТИСТИЧЕСКИ И ДИНАМИЧНИ СИМУЛАЦИОННИ МОДЕЛИ НА КЛИМАТА И ЕКОСИСТЕМИ** 
  + Разработен и адаптиран за климатичните условия на България е един *стохастичен климатичен модел* за имитиране на ежедневни стойности на метеорологични елементи. Моделът генерира неограничен брой реализации на средноденонощни стойности на температурата на въздуха, дефицита на влажността на въздуха, продължителността на слънчевото греене и денонощните суми валеж, съответстващи на зададени климатични норми Получените сценарии на метеорологичните условия са предназначени за широк спектър от числени експерименти в областта на агрометеорологията при симулиране на агроклиматични ресурси, растежни процеси и продуктивност на агроекосистеми. Те могат да бъдат важен елемент при симулиране влиянието на колебанията и изменението на климата върху агроклиматични ресурси и агроекоситеми. Имитираните метеорологични стойности са необходими и при изготвяне на числени оценки на състоянието на земеделски култури и дългосрочно прогнозиране на фенологичното им развитие и формиране на продуктивността им. Компютърният вариант на модела е внедрен в Автоматизираната агрометеорологична информационна система (ААМИС) в сектор "Агрометеорологични прогнози", НИМХ-БАН.
  + Изведена е *методика за съставяне прогноза за формиране на растителната биомаса* на царевица, базирайки се на зависимостта на динамиката на натрупване на растителната маса от температурния режим на въздуха и влажностния режим на почвата. Резултатите от верификация на точността на пресмятане показват, че предложената методика може да бъде внедрена в оперативната практика на агрометеорологичното обслужване на царевичното производство
  + Анализирано е *влиянието* на метеорологичните условия върху продуктивността на основните сортове зимна пшеница. Установени са корелационни зависимости между добива зърно от царевица, зимна пшеница и ечемик и климатичните колебания в България. Изведени са статистически регресионни модели, представящи в количествен вид връзката на добива зърно от тези култури и средната месечна температура на въздуха и валежните суми за съответен месец или междуфазен период при непроменено технологично ниво на производство. Получените регресионни уравнения могат да се използват за оценка на очаквания добив един месец преди узряването на културите. Статистическите модели за симулиране на тенденцията на очаквания добив зърно от царевица и зимна пшеница в конкретна станция или регион са внедрени в ААМИС в сектор "Оперативна агрометеорология", НИМХ-БАН.
  + *Картирано* е настъпването на основни фенологични фази на зимната пшеница по територията на страната с надморска височина до 1000 m за условията на съвременния климат (1961-1990 г.) Използвайки този картен материал и пространственото разпределение на отклоненията в температурата на въздуха и валежите спрямо нормите за конкретни месец и година би могло да се оценява очакваното фенологичното развитие на тази култура през същата година. Оптималните срокове на сеитба за пшеницата са публикувани предварително в пресата, през есента на 1997 г.. Картите, представящи пространственото разпределение нa сеитба, изкласяване и восъчна зрялост на зимната пшеница са предоставени в сектор "Оперативна агрометеорология", НИМХ-БАН
  + Изследвана е пространствената и временна представителност на *базата данни* за фенологично развитие на зимната пшеница и царевицата от агрометеорологичния архив на НИМХ-БАН за периода 1961-1990 г. Установен е необходимия брой и разположение на станциите за оценка на данните от фенологичното развитие на двете основни земеделски култури. Резултатите ще бъдат използвани през втората половина на 1998 г. за оптимизиране на агрометеорологичната мрежа на НИМХ-БАН.
  + Моделирана е *динамиката на почвената влага* под царевичен посев при зададени агрометеорологични условия. Посредством компютърната система за вземане на агротехнологични решения DSSAT са изследвани числени стратегии за дефиниране на оптимални срокове и количество вода за напояване на царевицата и соя в условията на съвременния и бъдещия климат Усъвършенствани и адаптирани са динамични симулационни модели, симулиращи растежа, развитието и формиране продуктивността на стратегически земеделски култури (царевица, зимна пшеница, ечемик, соя и фасул) за агрометеорологичните условия на България Посредством динамичните модели от фамилията CERES е направена числена оценка на вероятните дати на изметляване/цъфтеж и очаквания добив зърно от царевица и зимна пшеница в страната през 1994 и 1995 г. Оптимизираните в моделите генетични коефициенти за фенологичното развитие на царевица и зимна пшеница са внедрени в ААМИС в сектор "Оперативна агрометеорология", НИМХ-БАН.