

## ПРИЛОЖЕНИЕ VII

### РАЗГЪРНАТИ НАУЧНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

Научните трудове на доц. М. Любенова са в областта на фитоекологията, като акцента е върху функционалните особености на растителните съобщества. Характерна особеност на научните публикации на доц. М. Любенова, свързана с екологичното мислене на авторката, е комплексният ѝ поглед върху изследваните обекти, използването на различни методи и показатели за решаване на поставените задачи, често демонстриране на оригиналност при съчетаването на методи, подходи и показатели, както и разработване на модели, нови методи и подходи. По тази причина разделянето на тематични направления е доста трудно, тъй като в публикациите те са пряко или косвено свързани помежду си. Все пак за целите на анализа, научната продукция на д-р М. Любенова може да бъде условно разгледана в пет тематични направления. Основните научни и приложни приноси на трудовете на доц. д-р М. Любенова за периода 2000 - 2015 г. ще бъдат групирани по избраните тематични направления и изложени последователно.

#### **I. ПРИНОСИ В ОБЛАСТТА НА ФУНКЦИОНАЛНАТА БИОЦЕНОЛОГИЯ, МОДЕЛИРАНЕ И ОЦЕНКА НА НАЗЕМНИ ЕКОСИСТЕМИ – 58 бр. публикации/17 научни и 14 приложни приноса**

Едва ли някой трябва да бъде убеждаван в значението на функционалните изследвания на макробиологичните системи (МБС), които дават информация за състоянието и възможностите на екосистемите, за тяхното значение за глобалните кръгоговрати, за състоянието на биосферата, за възможностите на МБС да предоставят екосистемни услуги на човешкото общество, за биомениджмънта и за необходимостта от лимитирането на безопасното и устойчиво ползване. Горските екосистеми са на първо място сред останалите наземни екосистеми по отношение на степен и многостранност на екологично и стопанско значение. До голяма степен от тях зависят всички останали природни ресурси в даден район. Видовият състав, биомасата, продукцията и включените химични елементи в горските растителни съобщества определят над 80% от особеностите на всички останали ценози и като цяло особеностите на функционирането на екосистемата. Изучаването на другите компоненти по-скоро е необходимо за определяне на регулаторните механизми в екосистемите, за индикация на измененията и диагностика. На основата главно на данните за функционални показатели са възможни: 1. Разработването на различни типове модели за симулиране на „поведението“ на макробиологичните системи за целите на оценката и прогнозата; 2. Моделиране на екотоксикологичните ефекти от

замърсителите; 3. Оценка на потенциалните и реални екосистемни услуги; 4. Разработването на стратегии за устойчивост на услугите, свързани с лимитиране на ползването и въвеждане на мерки за опазването им.

Трудностите при провеждане на функционални изследвания на екосистемите безспорно са огромни: сложна структурна и функционална организация на екосистемите, необходимост от по-комплексна експертиза и стационарни условия, голяма трудоемкост, по-голяма продължителност, необходимост от значителни финансови средства, изменения във факторите на средата и невъзможност за възпроизвеждане на получените данни, липса на контроли за повечето показатели и др. Това са и причините за липсата на достатъчно информация за функционалната специфика на екосистемите, за отсъствието на адекватна функционална класификация, за липсата на стандартизирани методи и показатели за диагностика на екосистемното здраве. Известен напредък в това отношение има с развитието на проектите, свързани с мониторинга на горските екосистеми в Европа. По тази причина темповете на негативно антропогенно влияние върху природните системи изпреварват знанията ни за тяхното функциониране. За компенсиране на тази негативна за биосферата тенденция екологичната общност е ангажирана основно в непрекъснатата инвентаризация, свързана с определянето на категорията на застрашеност на видове и местообитания, тяхното картиране, следене и опазване. Инвентаризациите са основно на базата на структурни показатели, рядко отразяват функционалните взаимовръзки. Наред обаче с характеристиките: заеманата площ, видов състав и структура на фитоценозите, количество мъртва маса, особености на почвата, влияещи антропогенни фактори и други, за оценка на потенциалното и реално значение на предоставяните от картираните местообитания услуги, е изключително важно характеризирането на техните функционални възможности като източник на биомаса, биопродукция и кислород, като депо на въглерод и химични елементи, като локален и глобален участник в биологичния и биосферните кръговрати. На тази основа е възможна реална оценка на потенциала им, на критериите за безопасно ползване, селекцията на показатели за следене на състоянието и изграждане на стратегии за ефективно опазване. В това тематично направление се отнасят основната част от публикуваните разработки на доц. М. Любенова.

**А. ГРУПА ПРИНОСИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТРУКТУРНИ И ФУНКЦИОНАЛНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ФИТОЦЕНОЗИ, ГЛАВНО ГОРСКИ (А3, В3, D2, D17, D18, D20, D22, E1, E3, E13, E15, E17, F1, F3, F4, F6, F11, G4, G10, G14, G15 - 21 БР.) – 7 научни и 7 приложни приноса.**

В това тематично поднаправление са включени публикувани изследвания за функционирането на горски екосистеми (кестенови, букови, дъбови, бял борови и смърчови), направена е характеристика на някои функционални показатели на букова екосистема със съдоминант обикновен тис, на екосистема на дървовидната хвойна, на тревните екосистеми от

Драгоманското блато, на тревните съобщества от пасището „Синаница“ в Ц. Балкан. Основните акценти на тези изследвания са насочени към обекти, които са силно повлияни от антропогенната дейност, но са локално разпространени, или са широко разпространени елементи на растителността и са важни за опазване на биоразнообразието, здравето, бита и културата на населението – кестенови в ПП „Беласица“, дъбови в ЗЗ „Западна Стара планина и Предбалкан“, тис в НП „Централен Балкан“, дървовидна хвойна в резерват „Тисата“. Някои от публикуваните изследвания са сред първите съществуващи за страната. Вниманието е насочено също към представителни за страната горски екосистеми, имащи изразено стопанско и екологично значение – букови, дъбови, бялборови и смърчови. Оригиналноста на тези изследвания се състои в използването на комплекс от показатели и коефициенти при характеристиката на дървесните етажи, на наземната биомаса и продукцията на растителните съобщества и нейната структура, на годишния опад и постилка; в много от публикациите е изследван химичния състав на растителната маса и са определяни коефициентите на биологично поглъщане, акропеталния коефициент и др.; направена е характеристика на биологичния кръговрат по капацитет, интензивност и химизъм; всички изследвани показатели са оценени по съществуващите скали и е направена, доколкото е възможно, обща оценка на състоянието, прогноза и препоръка. Оригинални са изследванията на подземната биомаса и запасите на въглерод в представителни за страната горски екосистеми. Наличната информация за количествата подземна биомаса и нейните възможности като депо на въглерод е оскъдна и в световната литература. Функционалните изследвания са направени по 2 международни проекта, 3 проекта от НФНИ и 4 университетски проекта. Резултатите са обобщени в 1 монография, 1 тематичен сборник, 10 международни списания (от които 5 с импакт фактор), 5 български списания и 5 сборници от научни форуми.

## **A 1. Научни приноси**

**1. Публикувано е в съавторство функционално изследване на кестеновите екосистеми от Берковския балкан при използването на набор от структурни и функционални показатели за оценка на съвременното състояние, което е сред първите такива изследвания за тази растителност (F1)**

*Обобщени резултати:* Направена е оценка на здравния статус на формацията от обикновен кестен в района на гр. Берковица и са обсъдени някои от екологичните фактори, влияещи върху диклайна ѝ. Във връзка с това е направен фитоценотичен, таксационен анализ и анализ на здравния статус на дърветата; определено е съдържанието на тежките метали мед, цинк, желязо и кадмий в почвата и в отделни фракции фитомаса на вида и са изчислени коефициента на биологично поглъщане и акропеталните коефициенти; определени са киселинността и съдържанието на азот в почвата; изследвана е нематодната фауна и е коментирано влиянието ѝ върху съществуващия диклайн.

Изследването е финансирано от университетски проект и е публикувано в българско списание.

**2. Направени са в съавторство комплексни стационарни функционални изследвания на горите от обикновен кестен в ПП „Беласица“ при използването на голям набор от функционални показатели за оценка, които са сред първите такива изследвания за тази растителност – B3, D2, E1, F11, G10, G14, G15.**

**2.1. За първи път се дават диференцирани данни за биомасата и продукцията на отделните етажи.**

**2.2. За първи път се дават диференцирани данни за биологичния кръговрат като капацитет, химизъм и интензивност.**

**2.3. За първи път се дават данни за съдържанието на 9 химични елемента в различни фракции фитомаса, за коефициента на биологично поглъщане и акропеталния коефициент на елементите по фракции.**

*Обобщени резултати:* В серия от публикации са определени запасите на фитомаса и чистата годишна продукция на дървесните етажи, които силно варират в изследваните кестенови съобщества от 73 - 206 t/ha; в храстовия етаж – средно 560 kg/ha, разпределени между подлеса и подраста, по-ниски от характерните за този тип гори и с 5% участие на келявия габър; в тревния етаж – средно 29 g/m<sup>2</sup>, като преобладава фитомасата на разнотривието, запасите са близки до цитираните за тревния етаж на този тип гори, зависими са също от възрастта и стопанисването; Определена е чистата годишната продукция на дървесния етаж - от 6 до 15 t/ha или около 7 до 8 % от запасите на фитомаса; направена е характеристика на динамиката на растежа на стъблата по диаметър, височина и количество натрупана дървесина за периода на съществуване на съобществата; продукцията на храстовия етаж е средно 303 kg /dka с 53% участие на подлеса; Изследвано е съдържанието на 6 макро- и 5 микроелемента в различни фракции фитомаса и са изчислени коефициентите на биологично поглъщане на елементите (BAC) и акропеталните коефициенти. Най-голям е BAC на Zn, който е и единственият от изследваните 4 метала, който се акумулира във фитомасата. Максималната му стойност е 34 mg/g в 10 и 50 – годишна дървесина. Макроелементите участват с 76,65% във фитомасата, като над 99% от количествата на макро- и микроелементите се натрупват в стъблата и многогодишните клонове. Ежегодно запасите на макро- и микроелементи във фитомасата се увеличават с 27% и 22% чрез продукцията. Водещите елементи в кръговрата са N, Ca, Mg и Cu за 120-годишната и Ca, Mg, Mn за 45-годишната гора. Според химизма и капацитета си биологичният кръговрат се отнася към групата на Na-Ca кръговрати със среден капацитет (0,26-0,8 t.ha<sup>-1</sup>), отнася се към класа на калциево-суббореалните кръговрати, характерни за широколистните гори. В случая (преобладаващо участие на N) се наблюдава известно отклоняване към азотно-субтропичния клас. На основата на получените функционални показатели, свързаните с горското здраве показатели и собствените виждания на авторите, са направени обобщаващи оценки за състоянието на екосистемите. Развита е концепцията за термина „горско здраве“, в който да се взема под внимание характера на екосистемите като интегрални системи и при оценките да бъдат включвани и функционални показатели.

Изследванията са финансирани по международен, национален и университетски проект и са публикувани в тематичен сборник, 2 международни и 1 българско научно списание и в 3 сборника от научни форуми.

**3. В съавторство е направено изследване на количеството, структурата и съдържанието на въглерод в подземната биомаса от представителни горски екосистеми в България, което има пионерен характер за страната и е сред малкото съществуващи изследвания в световен мащаб - A3, D20, D22 и E17.**

**3.1. За първи път у нас се дават диференцирани данни за фините и грубите корени.**

**3.2. Получени са оригинални данни и са направени изводи за динамиката на биомасата на фините и грубите корени в различни горски съобщества.**

**3.3. За първи път у нас са събрани и обобщени данни за биомасата на корените на подраста, като отделен елемент на горската екосистема.**

Разработките са финансирани от НФНИ, а резултатите са обобщени в 1 монография и 3 публикации в международни списания, две от които с импакт фактор.

**4. Публикувани (в съавторство) са оригинални функционални данни за съобществата на *Fagus sylvatica* L. от Западна Стара планина – E13 и E15.**

Буковите гори имат важно стопанско и екологично значения за страната и установяването на фактори, които нарушават тяхното функциониране е от значение за околната среда и икономиката ни.

*Обобщени резултати:* определени са запасите на постилка, количеството на годишния опад (3,2 to 4,2 t.ha<sup>-1</sup>), фракционния му състав и общата интензивност на биологичния кръговрат (опадо-постилъчен коефициент 1.3 – 2.1, интензивен – затормозен кръговрат). Интензивен кръговрат е получен за съобществата, намиращи се в непосредствена близост до магистрала – нарушаване в интензивността поради замърсяване. Изследвано е съдържанието на N, Ca, K, Pb, Zn, Mn and Fe в почвата, постилката и фракции фитомаса на опада и са определени интензивностите на кръговратите на елементите. Установено е, че: почвите се характеризират с кисела реакция, високо съдържание на Fe, Mn и N и ниско съдържание на Ca и K; концентрацията на олово и цинк са високи също; в листата и жълдите се натрупва Mn, а в куполи – Fe; по-висока от характерната за този тип гори интензивност на кръговратите на Zn и Ca.

Изследванията са финансирани от НФНИ и са публикувани в международни списания.

**5. Публикувани (в съавторство) са оригинални съвременни функционални данни за съобществата на *Quercus cerris* L. и *Q. frainetto* Ten. (91M0, Natura-2000) от ЗЗ „Западна Стара планина и Предбалкан“ и оценка за тяхното състояние – D17 и D18.**

*Обобщени резултати.* Изследвани са: биомасата, чистата продукция, структурата им, динамиката на продукцията на дървесина; обезлистването и обезцветяването на короната, коефициентът на увреждане; химичния състав на почвата, постилката и опада, също интензивността на биологичния кръговрат и др. Според данните, получени за биомасата в надземната и подземна сфера на съобществата, изучаваните

ксеротермни екосистеми се отнасят към бал 8 (300.1-400 t.ha<sup>-1</sup>), характерен за широколистни горски екосистеми. Разпределението на растителна маса в надземни многогодишни органи и листата е аналогично на други публикувани данни: 60-81% и 1-3%. Процентът на подземната биомаса е по-висок от цитираните данни (17-29%), което може да е резултат от издънковия характер на гората. Негативни тенденции: ниска средна възраст на пониците, зачимяване в тревния етаж; тенденция на ксерофитизиране - увеличаване на броя на пониците на храстите, деградация на дървесния етаж и увеличаване броя на сухите дървета; високо съдържание на Mn (над 0,05 g.kg<sup>-1</sup>) и Fe (над 0,1 g.kg<sup>-1</sup>), също така и малко по-високо съдържание на Cu (над 0006 g.kg<sup>-1</sup>) в растителната маса, много ниска интензивност на кръговрата на Fe и висока интензивност – този на K. Независимо от това, тези гори имат потенциал за възпроизводство. При добро управление, ще подобрят състоянието си и повишат екологичното, социално и икономическо значение.

Изследванията са финансирани по международен и национален проект и са публикувани в списания с импакт фактор.

**6. Публикувани са оригинални функционални данни (в съавторство) относно състоянието на съобществата на консервационно значими дървета и техните съобщества - *Juniperus excelsa* M. B. и *Taxus baccata* L. – E3 и G4.**

*Обобщени резултати:* изследвано е флористичното сходство и видовия състав на съобществата на дървовидната хвойна, също състава и обилието на нематодната фауна, съдържанието на Cu, Zn, Fe, Cd и Pb в почвата и в различни фракции фитомаса на хвойната. Изчислени са акропеталния коефициент и коефициента на биологично поглъщане. Не е намерено голямо отклонение в изследваните показатели и е направено заключението, че диклайна на съобществата вероятно е свързан с климатични фактори и особената чувствителност към тях, поради това, че дървовидната хвойна е в северните части на ареала си. (G4) Направен е анализ на исторически факти, на разпространението на обикновения тис в миналото и сега, на стопанското значение в миналото и сега и са направени заключения за опазването на вида. (E3)

Изследванията са направени по университетски проекти и са публикувани в международно списание и сборник от научен форум.

**7. Публикувани (в съавторство) са оригинални данни за функционални показатели на тревни съобщества от защитени територии и е направена оценка на състоянието – F3, F4, F6.**

**7.1. Публикувани са сравнителни данни за фитомасата и нейната структура (участие на агробиологичните групи) в различни екологични типове тревни съобщества (хидромезофитни, мезохигрофитни и мезоксерофитни) от растителността в резерват „Драгоманско блато“ след частичното му осушаване.**

**7.2. Публикувани са сравнителни данни за фитомасата, нетната продукция, тяхната структура (участие на агробиологичните групи) и съдържанието на N, P и K в нея за формациите на *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Nardus stricta* L. и *Agrostis capillaris* L., които формират растителността на високопланинското пасище „Синаница“ в НП „Централен Балкан“.**

## А 2. Приложни приноси

**1. Формиран е цялостен екосистемен подход, включващ набор от функционални показатели, за оценка състоянието на горска екосистема.**

**2. Направена е ревизия относно съдържанието на термина „горско здраве“ – предложено е термина да включва и показатели, отразяващи интегритета на горската екосистема.**

**3. Формирана е цялостна методика за провеждане на научни изследвания върху подземната биомаса на горските екосистеми.**

**4. Направени са оценки на консервационно значими горски съобщества, които могат да се използват при разработване на ПУ на защитените територии и зони за устойчивото им управление.**

**5. Направените изследвания на представителни горски екосистеми могат да бъдат ползвани при управлението на горските ресурси и на въглеродните емисии.**

**6. Методическите подходи и резултатите от изследванията могат да бъдат използвани за целите на горския мониторинг.**

**7. Данните от функционалните изследвания са послужили за попълване на международната on-line база от данни - TRY, също за попълване на базата данни за биомасата и базата данни за структурните и функционални особености на горските хабитати в южната част на Европа.**

**Б. ГРУПА ПРИНОСИ ОТ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧНИТЕ МЕТОДИ ЗА ФУНКЦИОНАЛНА ОЦЕНКА НА ГОРСКИ ЕКОСИСТЕМИ (ЧРЕЗ ТЕХНИТЕ ЕДИФИКАТОРИ) И МОДЕЛИРАНЕ (C7, D3, D12, D15, D16, D19, D21, B2, E2, E5, E6, E9, E10, E18, E19, F2, F7, F8, F9, G1, G2, G5, G16, G22 - 24 БР.) – 5 научни и 6 научно-приложни приноса.**

Възможностите на дендрохронологичните методи за оценка влиянието на комплекса от екологични фактори върху функционирането на горските екосистеми силно привлича вниманието на авторката при нейните функционални изследвания по следните причини:

- дълбока биологична обосновааност на тези методи: базират се на силно изразената чувствителност на камбиалната тъкан към сезонните изменения в хигро-термичния режим, водеща до формирането на ранната и късната дървесина и отдиференцирането на годишните пръстени, имащи съответни особености под влиянието на комплекса от екологични фактори на местообитанията;

- формиране на характерен за всяко местообитание и вид рисунък на напречния пререз на стъблото („последователност“ на тесни и широки, по-тъмни или по-светли годишни пръстени), в които е кодирана екологична информация;

- наличие на разработен статистически апарат, позволяващ елиминиране на влиянието на възрастта върху радиалния растеж, усилване, идентифициране и количествена оценка на лимитиращите растежа екологични фактори;

- единствен по рода си метод с възможности за проследяване на радиалния растеж и особеностите на годишните пръстени за набор от години, необходимо условие за изготвянето на оценка и прогноза.

В предходния период (в съавторство) е разгледана и обобщена теорията и методологията в областта на дендрохронологията и е издадена единствената по рода си книга в България – Дендрохронология, в която се разглеждат биологичните и екологични основи, разнообразието и особеностите на съществуващите направления в дендрохронологията, някои от които са оформени като самостоятелни такива. Издаването ѝ дава тласък на дендрохронологичните изследвания в България. През разглеждания период авторката публикува редица изследвания, развивайки направлението дендроекология, като прилага самостоятелно или в съавторство оригинални подходи. Акцентът на изследванията ѝ е върху консервационно значими дървесни видове и техните съобщества в защитени територии и зони – *Juniperus excelsa* M.B. в резерват „Тисата“ (G5), *Taxus baccata* L. в НП „Централен балкан“ (G1), *Pinus peuce* Griseb. и *P. heldreichii* Christ. в НП „Пирин“ (F8), *Castanea sativa* Mill. в ПП „Беласица“ и в Берковския балкан (F2, B2, E10), *Picea abies* Karst. и *Fagus sylvatica* L. в биосферен резерват „Чупрене“ (F7), *Quercus frainetto* Ten. в резерват „Соколата“ и ЗЗ „Западна Стара планина и Предбалкан“ (G16, E9 и др.), *Pinus nigra* Arn. в поддържан резерват „Габра“ (F9); също върху *Pinus sylvestris* L. и *Pinus nigra* Arn., широко разпространени в растителността на страната в естествени и изкуствени съобщества (E6, F9); направени са дендрохронологични изследвания на *Quercus rubra* L. и *Q. robur* L. от паркови територии в района на гр. София - Борисовата градина, парк Врана, Западен парк, Княжево (G2, E5), имащи значение за поддържането на по-добра микроклиматична и санитарно-хигиенна среда за района на столицата. В тези първоначални изследвания наред с традиционните показатели - таксационни, бал на обезлистване на дърветата, видов състав, етажна и доминантна структура на горските съобщества и др., се прилагат дендрохронологични методи за анализ и моделиране на радиалния растеж на стъблата, за установяване на описващите растежа регресионни модели и на периодите с понижен растеж (с растежен индекс под единица); при възможност са изследвани: чувствителността на редиците, индикационната стойност на растежните индекси за редиците от годишни пръстени, също за редиците от ранна и късна дървесина, лимитиращите растежа екологични фактори. При някои от изследванията са установени месеците, в които валежните суми или температури са имали основно значение за формиране на прираста на стъблена дървесина. На фона на динамиката на растежния индекс на получените моделни редици е направен опит за оценка на състоянието и очертаване на бъдещи тенденции в развитието на дървостойте. Проведени са дендрохимични изследвания относно съдържанието на химични елементи в дървесината и кората на кестена и на благуна (30), които са предварителни, но

резултатите са ценни, поради малкото налични изследвания в тази област, трудността за тяхното провеждане, свързана с пробовземането и скъпо струващите анализи. Получените резултати могат да бъдат основа за разширяване на изследванията и търсене на статистически достоверна връзка между замърсяването на средата, съдържанието в дървесината и кората на изследваните елементи – замърсители и установените стресови периоди. В една от публикациите е направена дендроекологична оценка на степента на неблагоприятното влияние на *Loranthus europaeus* L. върху радиалния растеж на стъблата на слабо и умерено увредени дървета в ПП „Беласица“. Изследванията, с малки изключения, са провеждани главно по вътрешни за университета проекти, съвместно със студенти-магистри и докторант. Те са публикувани основно в сборници от доклади, а някои в български списания. Една от публикациите (Е9) е в областта на дендроклиматологията – в съавторство е направена достоверна реконструкция на валежите в югозападна България за 200 – годишен период на базата на получения тренд за динамиката на растежния индекс на вековен благунов дървостой в резерват „Соколата“.

В следващите си изследвания авторката се фокусира към идентифицирането и анализа на статистически доказаните стресови периоди за извадката и съответния дървостой, наречени „еустресови периоди“, въвеждането и точното дефиниране на термина „еустрес“, или същински стрес, при който растежния индекс е под единица,  $I_t < 1$ , но биологичната система не губи адаптивните си възможности и при благоприятни условия може да възвърне или повиши интензивността на радиалния прираст ( $I_t \geq 1$ ), за разлика от състоянието на „дистрес“, при което изхода е летален. Въведени са статистически граници за определяне на еустреса -  $(I_t < 1)_{av} - \delta$ , където  $\delta$  е доверителния интервал на средния за редицата  $I_t < 1$  при достоверност 0.05. Поради наличие на разлики в растежния потенциал на отделните индивиди от популацията (разлики в големината на семената на майчиното дърво при семенен произход, или в конкурентните възможности на получените издънки, също известни микроразличия в средата – състав, гъстота и възраст на индивидите в групировките и мозайките; разлики в значението на влияещите екологични фактори и др.) обикновено няма пълно припокриване на еустресовите периоди за отделните сондирани дървета от горското съобщество. Тава наложи въвеждането на редица статистически показатели, като кардиналност - Card. и покритие - Cov., също коефициентите K и St, чрез които да се унифицират сигурните еустресови периоди за извадките и да могат да бъдат извършвани сравнения. Въведени и дефинирани са също три показателя за оценка на еустреса – честота за 100 г. (F), продължителност (D) и дълбочина (A). Разработени са 5-степенни скали за оценка на тези показатели при различните видове дървета. Този подход за анализ на стреса по своята същност е холистичен, тъй като не се разглеждат подробно протичащите физиологични

процеси (механизмите), водещи до намаляване на радиалния растеж, а се анализира крайния резултат – формираният годишен пръстен.

За формиране на извадките при провежданите дендроекологични изследвания се сондират доминиращите видове дървета от първи клас на Крафт за съответните местообитания, за да се минимизират ценотичните влияния върху радиалния прираст и се усилва климатичния сигнал, за да бъде изследвано влиянието главно на изменението на температурите и валежите върху прираста. При предишните изследвания влиянието на климата върху  $I_t$  е чрез регресионен анализ на редиците от месечни и годишни валежни суми и средногодишните и месечни температури и изчисляване на съответните индекси. Поради невъзможност да се получат трендове, достатъчно добре описващи динамиката на тези климатични показатели, то получаването на моделите на влияние върху растежа не са достатъчно точни. В дендроекологичните изследвания на Любенова се развива друг подход – идентифициране на климатични типове години за растежния период и търсене на преобладаващите типове, кореспондиращи с появата на еустрес. Поради забавяне на реакцията на видовете дървета при въздействие, в последната версия на анализа се разработва „патерн анализа“ - анализа на климатичния тип и на две предхождащи появата на еустрес години. За развитието на този нов подход на дендроекологичен анализ, статистически е дефинирана „климатичния тип година“ (календарна година с валежи и/или температури в или извън климатичните норми за валежите и температурите), като се разглеждат типовете: HD, CD, ND, HW, CW, NW, NN (H- топла, D – суха, C- студена, W – влажна, N – нормална). Климатичните норми се определят статистически като средна стойност на валежите или годишните температури за 30 –годишни периоди заедно с доверителния интервал на тези стойности. Направените мета-анализи на собствени дендрохронологични данни за различни видове в България и такива от международната дендрохронологична база доказват приложимостта на подхода за идентифициране на еустресовите периоди в радиалния прираст, характеристиката му и отчитане на влиянието на климатичните типове години (CTs). Направено е изследване на връзката на еустреса със стандартизирания индекс на валежите (SPI) и е потвърдено, че в конкретния случай CTs по-добре описват еустресовите. По-голяма адекватност на анализите би се постигнала при определянето на биологичната година и нейния климатичен тип. Тя е специфична за всеки дървесен вид и зависи от екологичните му особености и условията на местообитанието, включва месеците, в които има активна жизнена дейност и екологичните фактори съществено влияят върху жизнените функции, както и месеците от предходната година, чиито режими оказват съществено влияние върху текущия прираст. Периодът на дълбок покой при широколистните дървета с опадливи листа се изключва от продължителността на годината. За тази цел обаче са необходими системни и организирани изследвания по региони и видове относно продължителността на

вегетационния период и динамиката на климатичните фактори. Изследванията са провеждани по международни проекти, а резултатите са публикувани в списания с импакт фактор и в рефериран балкански журнал: D3, D12, D15, D16, D19, E2, E20-22 и G22.

За реализиране на анализите в съавторство се разработва софтуера SP-PAM, досега в 2 версии (ръководство C7 и публикации D3 и D21) и е създадена класификационно ориентирана база от дендрохронологични и климатични данни за провеждане на мета-анализи.

## **Б1. Научни приноси**

**8. Въвеждане на новото за Софийския университет и в частност за Биологическия факултет, научно направление -„дендрохронология“, като се развива поднаправлението - „дендроекология“.**

Публикувани са над 20 разработки; под научното ръководство на доц. М. Любенова са защитени съответно: първата в Софийския университет дипломна работа и първата дисертация в областта на дендроекологията, като досега дипломните работи с такава тематика са над 10. Предстои аprobация и защита на следваща дисертация, в която също са приложени дендроекологични методи за моделиране на радиалния растеж и оценка на състоянието на дървесните етажи в местообитание 91M0 от 33 „Западна Стара планина и Предбалкан.

**9. Дендроекологични изследвания на консервационно значими дървесни видове в защитени територии и зони са едни от първите за страната, като е направен опит за оценка на състоянието на дървесните етажи и определящите го фактори (B2, E9, E10, F2, F7, F8, F9, G1, G5, G16).**

**9.1. *Taxus baccata* L.** – установено е, че динамиката на растежния индекс се описва с експоненциален тренд, в 93% се определя от режима на валежите и с най-голямо значение са валежните количества през октомври и декември на предходната година и януари и юни на текущата година. Видът е преодолел двата установени стресови периода и находището се намира в стадий на развитие (G1).

**9.2. *Juniperus excelsa* M. B.** – установено е: изразен диклайн на съобществата; изключително нисък радиален прираст; увреждания на дървостоя, които се увеличават с възрастта; динамиката на растежния индекс се описва с полиноми от различна степен; два продължителни стресови периода и няколко стресови години, свързани с валежно-температурния режим, нападението от хвойновия молец и антропогенни фактори (G5).

**9.3. *Pinus heldreichii* Christ. и *P. peuce* Griseb.** – установено е, че растежната крива при двете мур е от полиномиален тип; налични продължителни стресови периоди с максимална продължителност 35 и 54 г.; при черната мура основния влияещ фактор върху радиалния прираст е температурата, особено тази

през м. август; при бялата мура като основен фактор се очертават валежите през ноември на предходната и март на текущата година (F8).

**9.4. *Castanea sativa* Mill.:** изследвани са съобществата на вида в Берковския балкан и Беласица. Установен е устойчив диклайн, който се лимитира от комплекс от екологични фактори. За съобществата от Берковица при различните групи дървета са установени 4 типа биологични криви, показващи хетерогенност на извадката по отношение на носения екологичен сигнал. Очертават се 5 стресови периода с голяма средна продължителност. Статистически доказано е значението на валежните суми, особено на тези през октомври на предходната година, за формирането на прираста. При по-късни паралелни анализи с кестенови хронологии от Беласица и благунови хронологии от резерват Соколата е установена аналогия между редиците от индекси на кестена и дъба за последните 50 г. и са прецизирани месеците, в които хигротермичния режим е лимитиращ за формирането на радиалния прираст за кестена от двата локалитета и дъба: дърветата отговарят положително на повишаване на температурите през юни и август, но негативно на прекомерно топъл септември и студен април; отрицателното въздействие на прекомерни валежи през предходния септември и от текущата година - май, юни и юли и положително влияние върху прираста на валежните количества през февруари. За първи път са публикувани предварителни резултати относно степента на влияние на черния имел върху прираста (F2, B2, E10).

**9.5. *Quercus frainetto* Ten. в резерват „Соколата“** – едни от първите дендроекологични изследвания на вида за резерват Соколата, при които е установено: значителна корелация между редиците от индекси за годишния пръстен и късната дървесина; потвърдени са публикуваните стресови периоди за същия вид в Словакия; лимитиращото влияние на климатичния режим при формирането на прираста - най-силно влияние оказват температурите в средата на вегетационния период и валежите в неговия край, а за формиране на ранната дървесина – температурите в началото на вегетационния период (G16, E9 и др.).

**9.6. *Picea abies* Karst. и *Fagus sylvatica* L. в биосферен резерват „Чупрене“ (F7)** – установено е, че: най-добре описващите динамиката на растежния индекс биологични криви са от типа полином от трета степен и на второ място - експоненциалния тип. Динамиката на индексите показва, че растителността е изложена на серия от по-слаби или по-силни стресови периоди, които почти изцяло се припокриват с периодите на суша - климата с двата си компонента - валежи и температура е една от основните причини за появата и развитието на деградация в изследваните съобщества.

**9.7. Събиране и изследване на хронологии на *Pinus nigra* Arn. от поддържан резерват „Габра“ (F9).**

**10. Публикувани са дендроекологични изследвания на значими дървесни видове в паркови територии. (E5, E6, F9, G2)**

**10.1. *Quercus rubra* L. и *Q. robur* L.** от 4 паркови територии. Установено е, че основните стресови периоди се очертават около годините: 1945, 1950-1960, 1987-1990, 1996-2000. Критичните месеци по-отношение на климатичните фактори за изследвания вид са: валежите през април, май, юни и

миналогодишните температури през октомври ноември и декември. При изследването на ранната и късната дървесина бе установено различие в индикаторната стойност на редиците по отношение на чувствителност и влияещи фактори (G2, E7).

**10.2. *Pinus sylvestris* L. и *P. nigra* Arn.,** главно в Софийския регион– установено е, че изменението на индексите на средните хомогенни редици при двата вида за изследвания период (1895-2000) се описва достатъчно добре с полином от трета степен; получените хомогенни серии от индекси за двата вида (на годишния пръстен, ранната и късната дървесина) имат висока чувствителност (над 25%), т.е. подходящи са за целите на биоиндикацията; най-голямо е сходството между индексните редици на годишния пръстен и тези на ранната дървесина; потвърдени са публикуваните стресови периоди за белия бор и са установени (F9) набор от стресови периоди при черния бор с различна честота и продължителност; установена е тенденция на увеличаване стойностите на растежния индекс при черния бор след 1995 г.; важни за радиалния прираст фактори са растежния потенциал от предходната година и валежно-температурния режим (E6, F9).

**11. Разработен е оригинален холистичен подход в дендроекологията за идентифициране и оценка на периодите с понижен радиален растеж на дърветата (еустресови периоди) на основата на растежния индекс.**

**11.1. Теоретически и статистически е дефиниран еустресът и трите параметъра за неговата оценка – честота, продължителност, дълбочина. Теоретически и статистически са дефинирани термините „климатична норма“ и „климатична година“ за целите на дендроекологичния анализ.**

**11.2. За първи път е създадена формална и репитативно изчислима номенклатура на еустреса. На основата на разработените 5-бални скали за сравнителна оценка на еустреса може да бъде оценен и потенциалния риск за здравето на гората и устойчивото ѝ съществуване в заеманата територия.**

**12. За първи път в дендроекологията са публикувани сравнителни анализи на еустреса чрез използване на голям набор от климатични и дендрохронологични данни и характеризиращи ги описания (мета-данни).**

**12.1. Сравнителни дендроекологични изследвания на мета-данни за *P. sylvestris* L.: 1007 хронологии от 28 локалитета в южната и северна част на ареала му - Испания и Скандинавия. (D12)**

*Обобщени резултати:* установени са общи за тези отдалечени географски локалитети стресови периоди: 1901-1911; 1917-1922; 1936-1942; 1949-1950 и 1961-1969; в двата изследвани района еустресът (ЕС) се провокира от горещите и сухи години; на второ място са студените и сухи години в Скандинавия, докато в Испания това са студените - влажни и сухите години; в Скандинавия по-голям брой локалитети са със средна честота на еустрес от 3 и 4 степен, а дълбочината е от 3-та степен - растежа се характеризира с честата и много честа поява на дълбок ЕС; в испанските локалитета ЕС се появява много рядко или рядко за 68 % от локалитетите; за 10 от изследваните локалитети в Скандинавия и само за две от тях в Испания комбинацията от често или много честа поява на дълбок ЕС може да създаде риск за екосистемите на белия

бор (D12).

**12.2. Сравнителни дендроекологични изследвания на мета-данни за *P. nigra* Arn.: 682 хронологии от 29 локалитета в Европа. (D16, D19)**

*Обобщени резултати:* радиалният растеж и броят на идентифицираните стрес години слабо се изменят в изследваните локации, но различията в характеристиките на ЕС между локациите са значителни; средните стойности на продължителността и честотата на стресовите периоди, на коефициента К и дълбочината на стресовите периоди са идентични или близки до публикуваните стойности за благона; измененията в характеристиките на ЕС (честотата с изменението на надморската височина, продължителността с изменението на г. ширина и дълбочината с изменението на средногодишните валежи), се описват с полином от шеста степен,  $R^2 = 0,3 - 0,4$ ; в 48,3%, от локациите е установен умерен риск, за около 41,4% - риска е слаб и само за 10,3% - риска е значителен (D16). Установено е също, че по-голямата част от климатичния стрес се предизвиква от много сухи или много влажни години, особено когато са съчетани със студен или топъл режим; от значение са буферните възможности на горските съобщества, т.е. способността им да модифицират регионалния климат, и последователността на климатичните типове (СТ) в предходните години. Паралелно е изследвана връзката между ЕС и SPI (стандартизиран индекс на валежите) и е установено, че в случаите, когато няма голямо различие в стойностите на температурите и валежите по локалитети, използването на СТ за изследване на връзката между изменението на климата и функционирането на горските екосистеми е по-приложимо. (D19)

**12.3. Сравнителни дендроекологични изследвания на мета-данни за *F. sylvatica* L.: 325 хронологии от 10 локалитета в Европа. (E2)**

*Обобщени резултати:* установено е: обратна корелационна зависимост между It и надморската височина, която може да се опише с линейна регресия и степенна функция; обратна линейна регресия между It и отрицателно отклонение на валежите от климатичните норми за валежи (dP) при 60% от изследваните локации; съществуват различия между климатичния тип на календарните и определените за същия локалитет биологични климатични години, които се проявяват значително в малките и големите надм. височини; установени са 25 общи стресови години за 50% от локациите; топлите и сухи години са преобладаващите провокатори за появата на ЕС, а при голяма надм. вис. преобладаващи неблагоприятни години са влажните и сухите; изследваните локации оформят 5 групи според оценката на ЕС по трите показателя – горите в три от тях имат капацитет да буферират неблагоприятното климатично влияние, но за две от локациите съществува риск за дървостоя. (E2)

**12.4. Направени са сравнителни дендроекологични изследвания на *Quercus frainetto* Ten., *Q. cerris* L. and *Q. dalechampii* Ten., съответно за 250, 161 и 130 години: 136 хронологии от 6 локалитета в Софийския регион и от резерват „Соколата“; също и за съобществата на благона (60 хронологии, възраст 42-77 г.) и цера (48 хронологии) в 5 локалитета от 33 „Западна Стара планина и Предбалкан“. (D15, G22)**

*Обобщени резултати:* съответно бяха получени 57, 30 и 13 SPs с покритие над 50% за трите вида; не може да бъде изрично посочено, че е налице увеличение на броя на SPs при благона и цера в изследваните

региони през последните 57 години; влиянието на температурно - валежен режим е по-добре изразен за радиалния растеж на благуна и цера; средните честоти на SPs през последните 57 години са: 3.3 за цера, 3.7 за благуна и 4.4 за горуна; съответно от 62.5% до 56.52% и 33.33% от топлите и сухи СТ и от 33.33% до 40.91% и 35.29% от студените и влажни СТ са причинили намаляване на радиалния растеж през последните 99 години; установените общи стресови години са: 1968, 1979, 1985 и 1987, а 1945, 1950 и 1968; кардиналността и покритието са съответно 7 и 100%. (E1). Част от стресовите години са потвърдени и в защитената зона; благуният и при двете изследвания се очертава като по-чувствителен вид в сравнение с цера при отклонение на режимите извън климатичните норми, също показва по-високи стойности за броя на SPs и неговите характеристики; стресът се провокира и от внезапната смяна на климатичните типове в предходните две години; за половината от изследваните локалитети няма риск за съществуването на церово-благуновите гори в зоната; като цяло са установени повече на брой стресови периоди и стреса е продължителен и много дълбок в сравнение с буквите съобщества от зоната и турските локалитети на цера. (D15, G22)

#### **12.5. Сравнителни дендроекологични изследвания на мета-данни за *Quercus rubra* L. и *Q. robur* L. в Америка и Европа: 428 хронологии от 14 локалитета. (E18)**

*Обобщени резултати:* Получените стойности за относителния брой на SPs, продължителността и честотата му за двата вида са близки до публикуваните стойности за цера и благуна от български и турски локалитети, въпреки географските различия; получените средни стойности за дълбочина на еустреса за двата вида са по-ниски от тези за цера и благуна от български локалитети; чрез споменатите показатели не се индикира риск за двата вида в изследваните локалитети; установените общи стресови години са публикувани като неблагоприятни за състоянието и при други широколистни дървета; годините - 1936 и 1966 са най-честите стресови години за всички изследвани локалитети на американския дъб, а пет години: 1941, 1942, 1965, 1966 и 1970, са стресови за двата вида дъб от различни географски райони в изследваните им локалитети.

#### **12.6. Сравнителни дендроекологични изследвания на мета-данни за *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. в Европа: 255 хронологии от 13 локалитета. (E19).**

*Обобщени резултати:* установени са средно 42 броя стресови периоди; оценката на характеристиките на SPs показва наличие на риск за съобществата на вида в три от изследваните локалитетите; преобладаващи сред общия брой неблагоприятни години са горещия и сух (HD) студения и сух (CD) климатичен тип.

### **Б2. Приложни приноси**

**8. За първи път в съавторство е направена реконструкция на валежите в югозападна България за 200 г. като са използвани благунови хронологии (E9).**

**9. Публикуваните дендроекологични изследвания за дървесните видове и техните съобщества са приложими при изготвянето на ПУ на защитените територии, за управлението на парковите зони и за целите на биологичния мониторинг.**

**10. Публикуваните дендроекологични изследвания на мета-данни са приложими за характеристика на устойчивостта на съобществата на вида в части от неговия ареал и**

**очертаване на възможни тенденции на изменение, което е важно при симулиране на промените в растителната покривка.**

**11. В съавторство е създадено оригинално приложение – SP-PAM, развито като 2 версии, за анализ на мета-данни (дендрохронологични и климатични), идентифициране и оценка на периодите с понижен растеж (еустресови периоди), изява на функционални типове дървета и тяхната верификация, както и оценка на риска (C7, D3 и D21).**

Основните функции на предложената софтуер, наречен SP-PAM са: обобщаване на стресовите периоди на случайна извадка; статистически анализ на общи периоди на еустреса и неговите характеристики; категоризация на еустреса и оценка на риска. Тези анализи могат да улеснят определянето на тенденциите в развитието на горската екосистема. Информацията е приложима за оценка, прогноза и екологичен мениджмънт на горските ресурси в лесовъдска практика за устойчиво развитие на регионите.

**12. Участие в създаването и поддържането на сайта [www.e-ecology.org](http://www.e-ecology.org), на които са показани on-line резултатите от работата на SP-PAM приложението и те могат свободно да бъдат ползвани от потребители.**

**13. Участие в поддържането и попълването на класификационно-ориентирана база от дендрохронологични и климатични данни, която може да се използва за различни анализи и изготвянето на бални скали.**

**В. ГРУПА ПРИНОСИ, СВЪРЗАНИ С ПРИЛОЖЕНИЕ НА СЪВРЕМЕННИ ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ ВЪВ ФУНКЦИОНАЛНАТА ЕКОЛОГИЯ И МОДЕЛИРАНЕ НА ЕКОЛОГИЧНИ СИСТЕМИ (A1, A2, D4, D6, D7, D8, D14, F7, F15, G3, G6, 14, 15 – 13 бр.) – 5 научни и приложен принос.**

Днес особено е необходимо знанията за структурата и функционирането на екосистемите да бъдат преосмислени и обобщени със средствата на информационните технологии по следните причини: наличие на огромен поток данни и информация, получавани чрез съвременните средства за наблюдение на природните и културните екосистеми и глобализиране на екологичното познание; стремително развитие на информационните технологии; остра необходимост от развитие на бази екологични данни, обединяващи информацията в дадено направление и улесняващи практическото ѝ използване за разработване на модели за бърза диагностика на уврежданията, прогнозиране на ефектите от съществуващите регионални и глобални геополитики за ограничаване и спиране на негативните ефекти, екологично управление за устойчиво съществуване на биосферата. Съществуват обаче редица ограничения за създаването на работещи екосистемни модели: екосистемите практически почти винаги са извън равновесие, т.е. трудно е да се определят ключовите индикатори на „нормалния здравен статус“; предложени голям брой екосистемни характеристики и параметри, като при различните разработки изборно са

характеризирани различен брой от тях, понякога при използването на различни методи; повечето от съществуващите причина - ефект отношения, свързани с функционирането на екосистемите не са достатъчно добре проучени; няма разработена представителна функционална класификация на типовете екосистеми - подобни по структура, тип кръговрат и енергиен поток. Поради липсата на система от стандартизирани индикатори и унифицирани методи за екосистемно моделиране, за оценка на екосистемното здраве, за мониторинг на екосистемно ниво, наличната информация се характеризира с ограничен набор от измервания и голям набор от индикатори; непълнота - липса на повторемост на измерванията на редица параметри в пространството или времето и снемане на параметри при нестандартизирани условия на средата. Прилагането на математическата статистика при обработката на тези данни много често не дава надеждни резултати. Необходимостта от обобщаване на натрупаната екологична информация води до все по-системното навлизане на нови информационни технологии за генерализиране, систематизиране и изследване на съществуващите връзки и зависимости, както и за извличане на екологични теоретични и практически изводи. Развитието на различни генерации от модели и търсенето на динамични екосистемни индикатори за симулиране на екологични ефекти също влиза в това направление. С други думи научното направление се занимава с активно търсене на съвременни информационни технологии за решаване на екологични проблеми. С активното участие на доц. М. Любенова е създаден сайта [www.e-ecology.org](http://www.e-ecology.org) за обмяна и популяризиране на междудисциплинарни знания в областта на информационните технологии и екологията. За разработване на създаденото междинно направление са необходими съвременни кадри, познаващи информационните технологии и съществуващите екологични модели, както и имащи познания в областта на екологията и опазването на околната среда. С активното участие на доц. М. Любенова е създадена магистърската програма „Информационни технологии в екологията“ в Природо-математическия факултет на Югозападния университет, поради подходящата структура и кадрови състав на университета.

Съвременният подход за изучаване на екологичните системи изисква интегриране на различни научно-изследователски методи, съвременни аеро- и геоинформационни технологии и нови информационни технологии (ИТ).

## **V1. Научни приноси**

**13. Участие в развитието на новото научно направление в екологията „e-ecology“ (съвременни информационни технологии в екологията), което е българската контрибуция към международната COST акция ES 0805 TERRABITES.**

**14. Участие в разработването на концепции за приложение на нови информационни технологии в екологията. (D4 и D8)**

**14.1. Участие в разработването за първи път на концепцията за класификационно ориентирана екологична база данни. (D4)**

В съавторство е разработена оригинална концепция за класификационно ориентирана база от данни (КОБД). Основната характеристика на предложената класификационна база е, че позволява лесно моделиране на материални или идеални обекти, като връзките между тях се описват посредством нива на обобщеност (от по-обща към по-конкретна категория) и на нива на съдържане (агрегиране). Така за всяка единица се знае къде се намира в йерархията на общност на категориите, както и в агрегатите от данни (подобно на таксономичните класификации в биологията). Допълнително за всяка единица се съхранява задължително и пространствено-времева информация. КОБД позволява осъществяването на връзка между многобройните налични бази за биомасата, продукцията, кръговрата на веществата и др., по-голяма оперативност, комбинативност и повишени възможности за оптималното категоризиране на връзки и закономерности между наличните данни, улесняващи моделирането и прогнозирането. Така разработената КОБД е използвана от приложението SP-PAM, както и за проекти в областта на енергийната ефективност (в индустрията).

Изследванията са направени по международен и национален проект и са публикувани в списание с импакт фактор.

**14.2. Участва в разработването за първи път на концепцията за приложението на онтологията и семантичната мрежа за обмяна на екологично знание. (D8)**

В съавторство е разработен подход за използване на езика за описание на онтологии Web Ontology Language (OWL) за формално представяне на сложни обектни системи, каквито са макробиологичните системи. Подходът е илюстриран с формално описание в категориите на OWL на опростен принципен модел на екологична структура. Илюстрирана е възможността за представяне на сложни екологични системи в машинно-четим формат (machine readable format).

Изследванията са направени по международен и национален проект и са публикувани в списание с импакт фактор.

**15. Приноси, свързани с моделирането на екологични системи.**

**15. 1. В съавторство за първи път е разработен механистичен формален модел на кестенови екосистеми в ПП „Беласица“. (A1)**

*Обобщени резултати:* За първи път творчески е приложен екосистемният подход и съществуващите 8 основни екосистемни характеристики за екосистемна диагностика. Разработена е система от индикатори за моделиране на кестенови екосистеми - основа за развитието на механистични и формални модели. Попълнена е съществуващата база данни за тези индикатори. Посочени са изисквания към екосистемните индикатори: да отразяват особеностите на ключови за екосистемата елементи; да отразяват важни за

екосистемата функции; да отразяват интегрални показатели; да съществуват стандартизирани методи за отчитане и по възможност разработени техники за повтарящи се наблюдения. Направена е също оценка на влияещите социално-икономически фактори върху кестеновите екосистеми и е приложена логическата рамка DPSIR за устойчивото им управление.

Изследванията са финансирани от международен и национален проект и са обобщени в монографична разработка.

**15. 2. В съавторство за първи път прилага невронните мрежи (NN) и SOM (self-organizing maps) за моделиране на ксеротермни дъбови екосистеми. (15), като разширява приложението на тази ИТ в областта на екологията.**

Предимства на NN: позволява избягването на съществуващите недостатъци на екологичните данни за макробиологичните системи. Изследванията са направени по международен и национален проект и са докладвани на международен форум.

**15. 3. Публикувани са (в съавторство) оригинални резултати и оценки за здравния статус на смърчови и букови екосистеми от биосферния резерват „Чупрене“ при интегралното използване на екологичния подход и географските информационни системи. (F7, G3, G6)**

*Обобщени резултати:* На основата на наличната информация и направените изследвания са създадени слоеве на: горските подотдели с характеристиките на дървостоя (обезлистване, възраст, склоп и др.), слоеве на релефа – надм. вис., наклон, изложение, слоеве с почвените характеристики и др. и е анализирана степента на увреждане в зависимост от различните фактори и разпределението на здравите дървостои и тези с различна степен на увреждане спрямо тези фактори. Направени са изводи за динамиката на смърчовата и букова растителност в резервата и сукцесионните промени.

Изследванията са направени по университетски проект и са публикувани в българско списание и в сборник от научен форум.

**16. Приноси, свързани с пространственото моделиране чрез комбинираното използване на аерокосмически технологии и ГИС за изучаване динамиката на горска растителност. (D7, D14, F15, 14)**

*Обобщени резултати:* В съавторство е приложен интегрален подход за използване на географските информационни системи и аерокосмическите информационни технологии за пространствено моделиране на изменението на площното разпределение на горски хабитати по отношение на орографските фактори - надморска височина, изложение и наклон на терена. Моделирането на тази пространствена динамика при съответно изменение на климата дава възможност за прогнозиране на влиянието на климата върху състава и разпространението на горската растителност в даден район.

Изследванията са по международен и национален проект и са публикувани в 2 списания с импакт фактор, 1 българско списание и са докладвани на международен форум.

**16.1. Публикувани в съавторство са пилотни оригинални изследвания за пространствената динамика на горската растителност в ШП „Беласица“. (D7)**

*Обобщени резултати:* В резултат на моделирането са установени промени в пространственото разпределение на горските съобщества в природния парк за 23-годишен период (от 1977), изразяващи се в: намаляване на площта на смесените гори на източна и западна експозиция с 9% и 33% съответно, поради превръщането на смесените гори от над 1200 m надм. вис. в букови, или в кестенови при надм. вис. под 1200 m ; също изместване на смесените акациево - кестенови гори на надморска височина под 900 m. Площите, заети от кестенови съобщества, са се разширили с 28%, 15% и 5% съответно в западните експозиции, за диапазона на надморската височина 874-376 m и за височинен диапазон от 1271-389 m. Площите с буюките съобщества върху западните експозиции са се разширили с около 5% и разположените на голяма надморска височина (1435-771 m) площи са се увеличили с повече от 2%. Долната граница на разпространение на кестеновите гори е намаляла, а горната граница при някои височинни диапазони се е увеличила. По-голямата част от горски съобщества в планините са разпространени при наклон на склоновете 15-23 °. Това разпределение също се изменя за 23 годишен период – най-големи са заетите от буюкови гори площи при наклон 0 - 15 °. Тези резултати доказват първоначалната хипотеза, че под влияние на изменението на факторите на средата (главно климатични), съответните промени в горската растителност могат да се изразят не само с промени на видовия състав и големината на заемана площ, но и с изменение на пространственото разпределение на съобществата спрямо факторите на релефа.

**16.2. Публикувани в съавторство са пилотни оригинални изследвания за пространствената динамика на горската растителност в Източни Родопи. (F15)**

*Обобщени резултати:* установено е увеличаване на заеманите площи от широколистна растителност и намаляване на заетите с иглолистна растителност за 20 г. период. За същия период не са установени значителни изменения в динамиката на температурно-валежния режим. Това увеличение вероятно се дължи на възстановяване на горската растителност на обезлесените територии в пояса на широколистните гори. Установено е също повишаване в стойностите на NDVI за всички горски класове.

**16.3. За първи път са публикувани в съавторство оригинални пространствени модели на ксеротермни дъбови гори в ЗЗ „Западна Стара планина и Предбалкан“ и оценка на състоянието. (D14)**

Приложен е комбиниран метод на изследване и е оценено състоянието (чрез вектора на състоянието) и изменението на съобществата.

*Обобщени резултати:* създадени са пространствени модели за разпространението на ксеротермна дъбови екосистеми в ЗЗ през 1977 г., 1992 г. и 2007 г.; изследвано е изменението на заетите територии спрямо надморска височина, изложение, наклон, тип на почвата и почвообразуваща скала като отговор на климатичните колебания (използван е индекса де Мартон); определено е екологичното състояние на съобществата чрез изчисляване на вектора на състоянието и са посочени изходните факторите с най-голяма тежест за установено състояние. Сравнителният анализ на пространственото и екологично състояние на дъбовата горската растителност е резултат от прилагането на комбинираното обработване на: сателитна

информация, ортофото, GPS и наземни данни при използването на космически технологии и моделиране в ГИС среда. Създадените пространствени модели могат да бъдат използвани при мониторинга на горските екосистеми, за целите на опазването, за устойчиво управление на горските територии, както и за изследване на ксеротермната дъбова растителност в други региони и защитени зони.

## **17. Приноси, свързани с развитието на динамичните глобални модели на растителността, DGVMs. (A2, D6)**

### **17. 1. Дискутирани са екологичните основи на моделирането на екосистемно ниво като основа за разработването на регионални и глобални модели. (D6)**

*Обобщени резултати:* Макробиологичните системи се разглеждат като ACS или CAS - „Адаптивна комплексна система“ като всяка от тях е подсистема в йерархичната структура на живото вещество, характеризираща се със свои особености на „поведение“ в изменящата се среда. Коментирана е система от индикатори за моделиране на основата на използваните и публикувани такива при моделирането на кестенови и букови екосистеми.

### **17. 2. Приноси, свързани с изявата нова генерация от функционални типове дървета на основата на периодите на еустрес за развитието на DGVMs. (A2)**

*Обобщени резултати:* Дефинирането на нови PFTs, свързани с връзката между динамиката на биологични показатели и динамиката на екологичните фактори във времето (което позволяват дългоживеещите и статични дървесни видове), както и отразяващи функционирането на горите (като индикатор може да бъде използван радиалният растеж) е изключително необходимо за по-нататъчното развитие на DGVMs за получаване на по-добри симулации на измененията в растителната покривка. Няма разработена досега нито една класификация на функционални типове, която да включва индикатор с известна динамика за дълъг период от време, която да дава възможност за изграждането на прогнози. Предложени са нови възможности за изграждане на оригинални PFT класификации на дърветата според особеностите на периодите с понижен стъблен растеж – честота, продължителност и дълбочина и според преобладаващия тип неблагоприятна климатична година, иницираща понижеея растеж. Въведена е специфична терминология, свързана с общата и статистическата характеристика на тези периоди и години, както и 5-степенна скала за оценка и сравнение. За целта са обработени 1674 дендрохронологични серии на 9 иглолистни и широколистни видове от 102 локалитета, също данните за вележите и температурите за всеки локалитет за периода 1901 - 2009 г. и са използвани свойствата на растежния индекс като класификационен показател.

Изследванията са извършени по международен и национален проект и са обобщени в монографична разработка.

## **B2. Приложни приноси**

**14. Предложените подходи, индикатори и модели могат да бъдат приложени в моделирането, биологичния мониторинг и при създаването на „Decision Support Systems“, DSS, за целите на адаптивно управление на горската растителност за устойчиво развитие.**

**II. ГРУПА ПРИНОСИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕ НА БИОРАЗНООБРАЗИЕТО И КОНСЕРВАЦИОННАТА МУ ЗНАЧИМОСТ: ПОПУЛАЦИОННО (G11), ФЛОРИСТИЧНО (D10, D11, E11, F10, F12, G8), ФИТОЦЕНОТИЧНО (D1, D5, E4, E14, G9, G19), ХАБИТАТНО (C5, B1, B3, B4, B5, G13 и G17; G7, G18, G20, G21, 32) И ЛАНДШАФТНО (F14) (26 БР.) – 3 научни и 4 приложни приноса.**

В почти всички функционални изследвания от първото тематично направление (I) е направена фитоценотична характеристика на съобществата – обект на изследването, включваща орографски фактори, видов състав, оценка на обилието по етажи, доминантна структура, също са характеризирани част от таксационните показатели и др. В някои от публикациите елементи на флорния анализ, наред с другите показатели, са използвани също при оценката на състоянието и настъпващите промени. Това съчетаване на структурни и функционални показатели обуславя по-голяма коректност при прилагане на методите, при извършването на анализите, също при оценка на получените резултати и даваните оценки за състоянието на изследваните растителни съобщества. Акцентът обаче е поставян на функционирането, а не на структурата на фитоценозите, поради което тези публикации са отнесени към т. I. Функционална фитоценология. Авторката е извършвала и целенасочени изследвания за видовия състав и структурата на кестенови, ксеротермни дъбови, букови и други местообитания (главно по Natura 2000 проекти), голяма част от тези изследванията все още не са публикувани. Те са намерили своята практическа реализация при актуализиране на формулярите за местообитанията и оценката на благоприятното природо-защитно състояние на местообитанията в защитените зони по програмата Natura-2000.

### **II.1. Научни приноси**

**18. Публикувани в съавторство са оригинални фитосоциологични и фитоценологични изследвания на съвременна горска растителност. (D1, D5, E4, E14, G9, G19)**

**18. 1. Фитоценологични и фитосоциологични изследвания на кестеновите гори в III „Беласица, които са сред първите за страната. (G9, D1, E14, D5, G19, E4)**

*Обобщение:* При фитоценологичните изследвания (2004) са установени 4 асоциации, а при фитосоциологичните изследвания (2007) на базата на съществуващата информация е взето синтаксономичното решение, че описаните горски съобщества могат да бъдат отнесени към клас *Quercetea robori-petraeae*, разред *Quercetalia robori-petraeae*, съюз *Quercion robori-petraeae*, асоц. *Castanetum sativae-macedonicum* Nikolovski (1951) и субасоц. *faetosum* Em 60. При последните фитосоциологични изследвания на основата на повече направени описания, анализ на палеоекологични данни и установена близост на изследваната растителност до тази в северните части на Гърция е направена ревизия и е публикувано ново фитосоциологично решение – кестеновата растителност е отнесена към асоц. *Tilio tomentosae-Castanetum sativae*.

Изследванията са направени по 2 международни и един национален проект и са публикувани в списание с IF, международно списание и сборник доклади от международен форум.

**18.2. Фитосоциологични изследвания на съобществата на *Quercus frainetto* Ten., *Q. cerris* L., *Q. dalechampii* Ten. в България, които са сред първите за страната. Направени са също структурни изследвания на тези съобщества в 33 „Западна Стара планина и Предбалкан“. (D5, G19)**

*Обобщение:* Изследването представлява първи опит за генерализация на описания на ксеротермни дъбови съобщества в пояса на хълмистите равнини и предпланините и ксеро-мезофитни дъбови съобщества в долния планински пояс. Тези горски съобщества са елемент на потенциалната растителност и са силно антропогенно повлияни. Описанията са събирани от 1980 г. Изследваната растителност е отнесена към съюзите: *Quercion confertae* (Horvat, 1949) и *Quercion petraeae* (Zolyomi et Jakucs in Soo, 1963).

Изследванията са публикувани в списание с IF и сборник доклади от научен форум.

**18.3. За първи път е описано едно от най-големите находища на *Taxus baccata* L. в НП „Централен Балкан“ и са направени фитоценологични и флористични изследвания. (E4)**

*Обобщени резултати:* Описаните съобщества с доминиране и участие на обикновения тис заемат площ от над 138.2 ha; установени са 61 вида висши растения, вкл. един балкански ендемит - *Moeringia pendilla* (Wk) Fenzl. Във видовия състав преобладава многогодишния биологичен тип, евро-азиатските флорни елементи, а от жизнените форми растения – криптофитите и хемикриптофитите. На основата на изчисляване на коефициента на сходство между описаните фитоценози, растителността е отнесена към асоциациите: *Fagus sylvatica* + *Taxus baccata* — *Carex digittata* + *Sesleria latifolia* и *Fagus sylvatica* + *Taxus baccata* — *subnudum*.

**19. Публикувани в съавторство са оригинални флористични изследвания (D11, E11, F10, G8)**

**19.1. Флорен анализ на ксеротермните горски екосистеми (*Quercus cerris* - *Q. frainetto*) в България, които са сред малкото съвременни флористични изследвания на тези съобщества в страната. (E11)**

*Обобщение:* На основата на над 100 фитоценологични описания в цялата страна са идентифицирани 598 вида висши растения (271 рода и 67 семейства) и 24 вида бриофити, което потвърждава голямото видово богатство на тези гори. По-голямо е участието последователно на евро-азиатските, евро-медитеранските, субмедитеранските, евро-сибирските и европейските флорни елементи. От жизнените форми отчетливо преобладават хемикриптофитите.

Изследванията са публикувани в международно списание.

**19.2. Оригинални флористични изследвания в защитени територии и зони. (D10, D11, G8, F10, F12)**

**19.2.1. Флорен анализ на ценозите от обикновен кестен (*Castanea sativa* Mill.) в ПП „Беласица“ и 33 „Западна Стара планина и Предбалкан“, които са сред малкото съвременни флористични изследвания на тези съобщества в България. (F10, F12)**

*Обобщение:* От 20 трансекта в кестеновата растителност са идентифицирани 270 вида висши растения, отнасящи се към 189 рода и 62 семейства; по-голямо е участието последователно на медитеранските, евро-азиатските, евро-медитеранските и субмедитеранските флорни елементи; от жизнените форми отчетливо преобладават хемикриптофитите и е голямо участието на фанерофитите. Сравняването на получените данни с данни от изследвания през 1921 г. показва следните тенденции: намаляване участието на фанерофитите и увеличаване това на хемикриптофитите и криптофитите във флорния комплекс; също намаляване участието на бореалните елементи и увеличаване – на рудералните растения. Във флористичната композиция на кестеновите гори в Берковския балкан са установени 139 вида висши растения; тези гори се нареждат на второ място по видово богатство след съобществата в Беласица. Евро-азиатските флорни елементи и хемикриптофитите преобладават във флористичната композиция. Силно изразената тенденция на деградация на кестеновите гори и постепенната сукцесионна смяна на кестена от други широколистни видове се потвърждава от установеното високо процентно участие на фанерофитите в биологичния спектър и направения графичен модел на разпространението на кестена в Берковския Балкан. Изследванията са по билатерален и национален проект и са публикувани в българско списание.

**19.2.2. Резерват „Каменщица“, Централна Стара планина (G8).**

*Обобщение:* направен е флорен анализ на горската (*f. Ouerceta dalechampii* и *f. Fageta sylvaticae*) и тревна растителност в резервата; установени 114 (90 рода и 41 семейства) и 129 (96 рода и 38 семейства) вида висши растения, съответно в горските и тревните съобщества; от флорните елементи преобладаващи за горската растителност са: евро-азиатските, суббореалните, евро-медитеранските и евро-сибирските, а за тревната растителност – суббореалните, субмедитеранските, евро-медитеранските и бореалните елементи; от жизнените форми преобладават хемикриптофитите и криптофитите.

Изследванията са финансирани от университетски проект и са публикувани в сборник от международен форум.

**19.2.3. 33 „Западна Стара планина и Предбалкан“, церово-благунови съобщества. (D11)**

*Обобщение:* При инвентаризацията са установени 100 вида висши растения, отнасящи се към 80 рода и 40 семейства; в биологичния спектър преобладават хемикриптофитите, а от флорните елементи – евро-азиатските и субмедитеранските, следвани от европейските, евро-медитеранските и суббореалните елементи.

Изследванията са финансирани от национален проект и са публикувани в списание с IF.

**19.3. Нови хорологични данни за 19 вида висши растения, от които 3 включени в Червената книга на България за флористичния район - долината на р. Места. (D10)**

Изследването е по оперативна програма и национален проект (Натура-2000 в България) и е публикувано в списание с IF.

**20. Публикувани са оригинални изследвания за биотипното разнообразие на популацията на смърча в биосферен резерват „Чупрене“. (G11)**

*Обобщение:* При екологичните изследвания в биосферния резерват „Чупрене“ е установено голямо разнообразие на формите в популацията на смърча (според дължина и ширина на семената, дължина и ширина на шишарката, дължина на иглиците; набраздяване и цвят на стъблената кора, височина и разклоняване на короната). В м. „Ветърника“ е установена хибридна форма, която вероятно при гнездовото кълнене на семената и развитието на младите растения дава няколко еднакво жизнени стебла, излизащи от едно място (образуване на няколко стъбла от едно семенно гнездо), но съчетаващи различни форми, които се различават също от околните дървета. Чрез генетични изследвания бе доказан силно изразен локален полиморфизъм, които заедно с голямото разнообразие от форми спрямо различните признаци, навежда на мисълта, че изследвания обект е формообразователно огнище. За първи път е направен дискриминантен анализ на белезите при различните форми за търсене на връзка между тях и техните признаци, като е изследвана степента на „привързаност“ на признаците към отделните форми.

Изследването е направено по университетски проект и е публикувано в сборник от международен форум.

## **II. 2. Приложни приноси**

**15. Резултатите от изследванията на биоразнообразието са послужили за попълване на националната и балканската фитоценологична база от данни.**

**16. Приноси от съвместни разработки, отнасящи се до местообитание 9260 Кестенови гори. (C5, B3, B4, B5, B1, G13 и G17)**

*Обобщение:* публикувани са серия от разработки за различни научни и социално-обществени кръгове. В тези разработки е синтезирана информация за разпространението и екологичната характеристика на 9260 в Беласица и в страната (B3, B4, B1, G13 и G17) и са коментирани различни типове на управление – екологично, адаптивно и алтернативно (логическата рамка DPSIR); обобщаването на информацията за местообитанието и в други части на страната са послужили за включването му в Червената книга на РБългария (B5) и разработване на параметрите за определяне на благоприятен природозащитен статус (C5).

**17. Приноси от съвместни разработки за разнообразието на типове местообитания и консервационната им значимост. (G7, 32; G20, G21; G18)**

**17.1. Букови местообитания в Централна и Западна Стара планина. (G7, 32)**

*Обобщение:* Направен е сравнителен анализ на видовия състав на местообитания 9110 и 9130 в Ц. Балкан с други райони на страната; направен е сравнителен фитосоциологичен анализ между местообитания 9110,

9130 и 9150 в Западен Балкан с цел по-доброто отдиференциране на *Cephalanthero-Fagion* от другите букови местообитания в буковия пояс на планината.

#### **17.2. Местообитание 91M0 в 4 защитени зони (G20, G21)**

*Обобщение:* Направен е анализ на разликите в състава и структурата на съобществата в ЗЗ "Западна Стара планина и Предбалкана", ЗЗ "Централен Балкан - буфер", ЗЗ "Долна Места и ЗЗ" Западни Родопи " на основата на направени геофизични и фитоценологични описания(G20). Обсъдено е значението на местообитание 91M0 за ЗЗ "Западна Стара планина и Предбалкана" и стопанското му значение за региона на основата на група показатели.

#### **17.3. Хабитатно разнообразие по долината на р. Места и в ЗЗ „З. Стара планина и Предбалкан“. (G18, G21)**

*Обобщение:* Обсъждания географски район (десния долинен склон на р. Доспат) попада между три защитени зони, две на българска и един на гръцка територия - BG 0001030 „Западни Родопи“, BG 0000220“Долна Места“ и GR 1140008“Долината на река Места“. Десният долинен склон на р. Доспат се намира на българска територия и е предимно скалист, зает е от местообитание 8210, местообитанията 91НО на север и 91АА на юг също са представени. Авторите предлагат включване на участъка по р. Доспат в ЗЗ“Западните Родопи“, което означава свързване на зоната със ЗЗ“ Долна Места“ и обединяване с гръцката ЗЗ. Обединяването на тези ЗЗ ще доведе до подобряване качеството и количеството на екосистемните (ландшафтни) услуги, които те предоставят. Разгледано и оценено е разнообразието от местообитания в ЗЗ „Западна Стара Планина и Предбалкан“.

#### **18. Ландшафтно разнообразие по долината на р. Камчия и консервационна значимост. (F14)**

*Обобщение:* Описано и картирано е ландшафтното разнообразие по долината на р. Камчия. Установени са тенденции на ксерофитизиране на лонгозната растителност в долината и развитие на нови видове ландшафти. От ландшафтите – род Лонгоза са описани 5 вида, в някои от които участва *Quercus cerris* L. Тези ландшафти се отнасят към местообитания 91Е0, налични са и производни храстови и тревни ландшафти. Уникалната склопена растителност (местообитание 91F0) е силно чувствителен към влошаване на водния режим. Тенденциите на ксерофитизиране са сериозна заплаха не само за неговото съществуване, но и за запазване на стабилността на природните комплекси в долината.

#### **III. ГРУПА ПРИНОСИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕМЕНТНИЯ СЪСТАВ НА ФИТОМАСАТА, ЗАМЪРСЯВАНЕ, ФИТОМОНИТОРИНГ И ЕКОТОКСИКОЛОГИЯ (D9, E16, E12, G12) – 3 приложни приноса.**

В редица изследвания на авторката са публикувани данни относно елементния състав и замърсяване на фитомасата (D2, D17, E1, E15, F1, F6, F11, 30 и др.). Акцентът в тези публикации е поставен върху изследване на особеностите на биологичния кръговрат и затова те са разгледани в

I. Функционална фитоценология. М. Любенова има някои изследвания (в съавторство) относно екотоксикологична оценка на замърсяването на агроecosистеми с отпадни води (D9, E16), също свързани с въздушно замърсяване с озон, влияние върху растителността и мониторинг на степента на замърсяване (E12, F13, G12). В това тематично направление ще бъдат коментирани приносите именно от тези изследвания.

### Приложни приноси

**19. Данните за елементния състав и замърсяването на фитомасата са послужили за попълване на международната база данни TRY, могат също да бъдат използвани за сравнителни анализи и при изчисляването на кларковете на елементите във фитомасата.**

**20. Участие в пилотната фаза на първите мониторингови изследвания за озоновото замърсяване на приземния въздух в Софийски регион, които са предоставени на общинската администрация. (E12, F13, G12)**

*Обобщение:* Проведен е активен биомониторинг с биоиндикатора *Nicotiana tabacum* L. Cv. Bel – W3 в 33 пункта в района на София; изчислен е индекса на листно увреждане и е направена карта на зоните с видими наблюдавани увреждания; Проведен е активен биомониторинг при използването на две-годишни растения *Quercus robur* L. (чувствителен към озоново замърсяване) и *Quercus rubra* Michx. (устойчив) за един вегетационен сезон в 2 пункта - контролен и с налично замърсяване; следени са концентрациите на озон, влажността и температурата на приземния въздух за периода на изследване; отчитани са броя на листата, листната площ, интензивност на транспирация и увреждане на листната фитомаса в двата пункта; установени са различия в ефекта между двата вида и експериментални пункта; Проведен е пасивен биомониторинг в 8 пункта с 16 иглолистни и широколистни дървета и 3 храстови вида. Видимите увреждания върху широколистните и иглолистните видове са оценявани по точкова система, препоръчвана от ICP-Forest. Определени са пунктовете с увреждане от първа степен.

Изследванията са по национален проект и са публикувани в международно и българско списание и сборник от международен форум.

**21. Публикуван е оригинален модел за екотоксикологично тестване в агроecологията на комплекса растение-почва-вода при използване на отпадни води за поливни цели. (D9, E16)**

*Обобщение:* Направено е екотоксикологично тестване на отпадни води, при които концентрациите на замърсителите са в препоръчаните норми, но е установен токсичен ефект върху биотестовите *D. magna* St. и *P. parva* Temminck & Schlegels., което вероятно се дължи на комбинативен ефект на замърсителите; установена е също биоаккумуляция на Fe и Zn в хрилете на риби; Проведено е екотоксикологично тестване на отпадните води с голям набор от биотестове - *Lepidium sativum* L., *Raphanus sativus var. radicola*, *Medicago sativa* L. (variety Pleven), *Zea mays* L. (variety Kneja 509- hybrid, 3-th fraction) and *Triticum vulgare* Host. (variety Sadovo), които се култивират в района, като са отчитани показателите: енергия на кълнене и кълняемост на семената, дължина и тегло на корен и стъбло на пониците и биоаккумуляция на Fe и Zn в растителната

биомаса. Биотестовите са третираны с почвени извлеци. Измерено е почвеното дишане. Установеният ефект на биостимулация и биоаккумуляционния потенциал на културните растения към изследваните тежките метали в отпадните води генерират значителен риск за агроекосистемите и населението в региона.

#### **IV. ПРИНОСИ ОТ ПУБЛИКАЦИИ, КАСАЕЩИ ЕКОСИСТЕМНИ УСЛУГИ (D13, F5, E7, E8, 7, 8, 9, 16 – 8 бр.) – 2 приложни приноса.**

В няколко публикации са разработени нови аспекти на екосистемни услуги, които могат да предоставят растенията. Публикувани в съвотрство са изследвания за *Chenopodium botrys* L. и *Rosemarinus officinalis* Lin. като източник на биологично-активни вещества (F5, E7, E8) - направена е фитоекологична характеристика, изследван е химичния състав на етеричните масла и е тествано бактерицидното, фунгицидно и хербицидно въздействие на маслата и водния извлек от фитомасата. Докладвана е обобщена информация на основата на проучени литературни източници за възможностите на видовете от р. *Spirulina* Turpin. и р. *Amaranthus* L. като ефективен източник на белтъчини и биологично-активни вещества (7, 8), също предоставяните услуги от защитени територии и зони в планината Осогово като възможност за развитие на местните общности (9). Коментирана е необходимостта от свързване на двете крупни съвременни стратегии – устойчиво развитие и иновативна икономика, изразяващи и обезпечавачи стремежа за повишаване на жизнения стандарт на човешкото общество и необходимостта от съхраняване на биосферата. Коментирана е необходимостта от активен и конструктивен диалог между различните научни общности, бизнеса, икономиката и различни социални кръгове. (D13)

**22. Публикуваната оригинална информация за химичния състав на етеричното масло, също неговото бактерицидно, фунгицидно и хербицидно въздействие, както и това на водния извлек от фитомасата на *Chenopodium botrys* L. и *Rosemarinus officinalis* Lin. може да бъде използвана във фармацията, медицината и агрономията. (F5, E7, E8)**

Изследванията са направени по университетски проект и са публикувани в международно списание.

**23. Публикуваните идеи за необходимостта от глобална интеграция на съвременните стратегии, формираны от различни научни общности, и превръщането им в мега-стратегия са от значение за глобалните политики и устойчивото съществуване на биосферата и на човечеството. (D13)**

#### **V. УЧЕБНО - МЕТОДИЧНИ (C1 – C4, C6, F16 –F22; 11 бр.) – 6 приноса.**

**1. Издаден е първият по рода си учебник в страната „Фитоекология“ (2004), в който се разглеждат всички аспекти на растителната екология, включени са също: практически курс; тестове за самоподготовка и данни от изследванията на авторката. (C1)**

Учебникът включва пълния курс на авторката „Фитоекология“, част от лекционните курсове – „Биоресурси и тяхното опазване“, „Методи на екологичните изследвания“, „Екологичен мониторинг“, „Екология и

опазване на околната среда“. Предназначен е за студенти, преподаватели и широк кръг специалисти, интересуващи се от растителна екология.

**2. Издаден е първият по рода си учебник в страната по Функционална биоценология (2005, 2009), в който са включени някои обобщения и илюстрации от изследвания на авторката и тестове за самоподготовка. (С3)**

Коментирани са: основните функционални особености на макробиосистемите, възможностите за използването им при оценка на състоянието; основните фактори, резултиращи тяхното изменение в антропоферата и съвременните стратегии за запазване на равновесието в Биосферата. Учебникът включва пълния курс на авторката „Функционална биоценология“, част от лекционния курс „Методи на екологичните изследвания“, „Екология и опазване на околната среда“ и „Екотоксикология“. Предназначен е за студенти, докторанти, специализанти и широк кръг специалисти.

**3. Издадено е първото по рода си за страната методично помагало – „Ръководство по функционална биоценология“ (2009), в което са обобщени и адаптирани от авторката методи и показатели за функционални изследвания и скали за оценка. Разработен е набор от практически задачи, включващ оригинални данни от изследванията на авторката. (С6)**

Ръководството е предназначено за бакалаври и магистри в Биологическия факултет на СУ "Св. Климент Охридски", за студенти и докторанти, интересуващи се от екология и опазване на околната среда и екотоксикология. Може да бъде полезно за широк кръг от специалисти от сродни области.

**4. Издадено е първото по рода си методично помагало – „Екотоксикология – малък практикум“ (2007, 2009), в който са представени основни теоретични принципи, методи и показатели и различни видове биотестове, като те са разгледани по две основни класификации. (С4)**

В предложения практикум са включени провежданите лабораторни занятия по дисциплината Екотоксикология, включена в учебния план за бакалаври от сп. Биомениджмънт, магистри от сп. „Опазване на околната среда“ и магистри от маг. „Екохимия“ в Биологическия и Химическия факултет на Софийския университет “Св. Климент Охридски”. Той може да бъде полезен за всички специалисти, занимаващи се с опазване на околната среда в научен или практически аспект - от специализираните екотоксикологични лаборатории в Центъра по опазване на общественото здраве, в ИАОСВ, от МОСВ и неговите регионални структури (РИОСВ), от Басейновите дирекции, от МЗГ и неговите регионални структури, от НУГ и неговите регионални структури (РУГ и др.), както и от други структури и учреждения, провеждащи екотоксикологичен контрол и мониторингови изследвания.

**5. Издаден е първият по рода си учебник в страната – „Хроноекология“. (С2)**

Разглежда се биологичната ритмика като синтезирана адаптация с екзо-ендогенна природа при различните биологични системи и нейното изменение - израз на екологичната пластичност и основа за еволюцията на системите. Разглежда се влиянието на антропогенните фактори върху естествената хро-

нология на биологичните явления на различни нива. Практическите занятия включват анализи в областта на дендрохронологията и дендроекологията.

Учебникът „Хроноекология“ покрива едноименния избираем лекционен курс за магистри от сп. „Екология и опазване на околната страна“ в Биологическия факултет на СУ „Кл. Охридски“. Той може да бъде полезен на студенти и специалисти, изучаващи различните области на природните науки.

**6. Серия от публикации са посветени на популяризиране на съвременни екологични направления и методи сред учителите в средните училища. (F16 –F22)**

В тези публикации са коментирани: механизмите на самоуправление и поддържане на устойчивостта на макробиологичните системи; същността на екосистемния подход за моделирането им; основните подходи за екосистемна диагностика; същност и приложение на дендрохронологичния метод; същност и значение на екотоксикологията като наука; биотестове в екотоксикологията и екотоксични ефекти на тропосферния озон.

**08. 2015 г.**

**Доц. д-р М. Любенова**