

## АВТОРСКА СПРАВКА

за приносния характер на научните трудове на гл. асистент д-р Силвена Ботева Ботева,

кандидат в конкурса за научна длъжност „Доцент”

по професионално направление 4.3. Биологически науки (Екология и опазване на екосистемите – Екология на микроорганизмите)

Научните приноси в областта на конкурса могат да бъдат систематизирани в следните основни направления.

**I. Влияние на замърсителите върху почвени микробни съобщества – в тази област са насочени и основните публикации, включени в хабилитационния труд**  
**I.1. Въздействие на фунгицида азоксистробин върху почвени микробни съобщества**

*Публикации: B4-1, B4-2, Г7-5*

*Участия в конференции: 1, 3, 8, 9, 12, 19, 21, 27*

Фунгицидите имат приложение в селското стопанство и все още ефективно елиминират гъбните патогени по посевите. Въпреки това, фунгицидите могат да се разпространяват в различни части на околната среда, като например почвата, и могат да упражняват селективен натиск върху почвените микроорганизми, което води до увеличаване на разпространението на резистентни към антибиотици форми.

Като по-съществени приноси могат да бъдат посочени:

I.1.1. Изследвана е способността на фунгицида азоксистробин да селектира устойчиви на аминокликозидни антибиотици (стрептомицин, канамицин и гентамицин) почвени бактериални съобщества чрез изчисляване на EC50 на бактериалния растеж. Установени са следните зависимости:

- Промените в антибиотичната резистентност на бактериалните съобщества са в зависимост от типа на почвата, дозите Az и времето на експозиция.
- Третирането на почвите с азоксистробин има различни ефекти върху почвените бактерии, вариращи от антибиотичната чувствителност (стрептомицин в глинесто-песъчливи и гентамицин в песъчливи почви) до антибиотична резистентност (стрептомицин и канамицин в песъчливи и гентамицин в глинесто-песъчливи почви).
- Разликите в EC50 между аминокликозидните антибиотици са значими при песъчливите и незначителни за глинесто-песъчливите почви.
- Прилагането на азоксистробин поражда подбор на антибиотични устойчиви бактерии и степента на подбор е най-висока при стрептомицин в песъчливите почви.
- Азоксистробинът селектира устойчиви на аминокликозидни антибиотици бактерии дори и при най-ниската (препоръчана от производителя) доза фунгицид.

- Прилагането на азоксистробин за защита на културите може да бъде възможен път за предаване на антибиотична резистентност и на хората.

- Времето на експозиция е от решаващо значение за развитието на резистентност и може да бъде диференцирано като резистентност на краткосрочната и дългосрочната експозиция на азоксистробин, като в същото време е установен по-силен ефект на фунгицида при по-късните етапи от провеждането на експеримента.

I.1.2. Изследвана е способността на фунгицида азоксистробин да селектира устойчиви на антибиотици (ампицилин, стрептомицин, хлорамфеникол и тетрациклин) почвени бактериални съобщества чрез изчисляване на EC50 на бактериалния растеж. Установени са следните зависимости:

- Обуславянето на антибиотичната резистентност на бактериалните съобщества е в зависимост от типа на почвата и времето на експозиция, но не и от дозата приложен фунгицид.

- Бактериалните съобщества от двата типа изследвани почви (глинесто-песъчлива и песъчлива) са сходни отношение на ниската си устойчивост към хлорамфеникол и високата устойчивост към ампицилин.

- Ефективната доза EC50 показва, че азоксистробинът стимулира резистентността към стрептомицин (песъчлива почви), ампицилин и хлорамфеникол (песъчлива и глинесто-песъчлива почви), като няма ефект върху тази към тетрациклин (песъчлива и глинесто-песъчлива почви) и стрептомицин (глинесто-песъчлива почви), където е регистрирана чувствителност, а не резистентност.

- По-изразена резистентност е установена към ампицилина, следвана от тази към стрептомицина и хлорамфеникол в песъчливите почви.

- Дори и най-ниската доза азоксистробин (близка до препоръчаната от производителя) стимулира развитието на бактериална антибиотична резистентност в почвите.

- Най-високата приложена концентрация на азоксистробин ( $28.93 \text{ mg kg}^{-1}$ ) е определена като праг, който може да обърне придобиването на антибиотична резистентност в необратим процес, особено при почви с по-груба структура.

I.1.3. Изследвано е влиянието на фунгицида азоксистробин върху ензимната активност на почвени микробни съобщества.

Почвените ензими катализират голям брой биологични процеси в почвата и осигуряват уникална оценка на почвената функция, опосредствана главно от почвената микробиота (Yang et al., 2013). Интересът на голяма част от авторите е свързан с влиянието на азоксистробин върху активността на почвената дехидрогеназа и по-малко с активността на почвената уреаза (Alvarez-Martin et al., 2016; Waćmaga et al., 2015; Bending et al., 2007; Guo et al., 2015; Sopena & Bending, 2013; Wang et al., 2018). В някои случаи информацията е противоречива, тъй като повечето автори съобщават леки до силни негативни ефекти на азоксистробин, прилаган съответно в ниски и високи концентрации. И в двата случая ефектите се проявяват на по-късен етап от експозицията на Az. За разлика от другите автори, Alvarez-Martin et al. (2016) не съобщават за значителен ефект на азоксистробина върху активността на дехидрогеназата както при ниски ( $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), така и при високи ( $25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) концентрации на фунгицида.

Установени са следните зависимости:

- Азоксистробинът предизвиква незабавен (още на първия ден) отговор, проявяващ се в относително висока устойчивост на уреазата, последвана от тази на бета-глюкозидазата, арилсулфатаза, алкалната и киселатата фосфатази.

- Стойностите на пластичността на ензимните активности (анализирани на 120-ти ден от експеримента) показват, че четири месеца след обработка на почвата с азоксистробин, активността на почвените ензими все още не се възстановява и освен това те са далеч от стабилното си естествено състояние (състояние преди добавяне на фунгицида).

- Възстановяването на ензимната активност може да се повлияе с различна скорост от свойствата на почвата, включително остатъци от азоксистробин и добавките в използвания фунгициден препарат.

I.1.4. Оценени са промените в почвената среда при нарастващи концентрации на азоксистробин. Установени са следните зависимости:

- Съдържанието на амониев азот и фосфати в почвите с азоксистробин се увеличава, а това азоксистробин и нитратен азот намалява с времето.

- Установено е покачване на киселинността на почвите с времето под въздействието на азоксистробина.

Цитирана литература:

Álvarez-Martín A., Hilton S. L., Bending G. D., Rodríguez-Cruz M. S., Sánchez-Martín M. J. 2016. Changes in activity and structure of the soil microbial community after application of azoxystrobin or pirimicarb and an organic amendment to an agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, 106: 47–57.

Bačmaga M., Kucharski J., Wyszowska J. 2015. Microbial and enzymatic activity of soil contaminated with azoxystrobin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: article number 615.

Bending G. D., Rodríguez-Cruz M. S., Lincoln S. D. 2007. Fungicide impacts on microbial communities in soils with contrasting management histories. *Chemosphere*, 69(1): 82–88.

Guo P., Zhu L., Wang J., Wang J., Xie H., Lv D. 2015. Enzymatic activities and microbial biomass in black soil as affected by azoxystrobin. *Environmental Earth Sciences*, 74(2): 1353–1361.

Sopeña F., Bending G. D. 2013. Impacts of biochar on bioavailability of the fungicide azoxystrobin: a comparison of the effect on biodegradation rate and toxicity to the fungal community. *Chemosphere*, 91(11): 1525–1533.

Wang F., Li X., Zhu L., Du Zh., Zhang C., Wang J., Wang J., Lv D. 2018. Responses of soil microorganisms and enzymatic activities to azoxystrobin in cambisol. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(6): 2775–2783.

Yang Y., Wu L., Lin Q., Yuan M., Xu D., Yu H., Hu Y., Duan J., Li X., He Z., Xue K., van Nastrand J., Wang S., Zhou J. 2013. Responses of the functional structure of soil microbial community to livestock grazing in the Tibetan alpine grassland. *Global Change Biology*, 19(2): 637–648.

## **I.2. Въздействие на радионуклиди и тежки метали върху почвени микробни съобщества**

*Публикации: В4-3, В4-4, В4-5, Г7-3, Г8-2*

*Участия в конференции: 2, 7, 10, 11*

Рудодобивът и преработката са една от широко разпространените човешки дейности, влошаващи наземните екосистеми, причиняващи физически смущения и химично/радиологично замърсяване на почвата и водата. Селективната сила на замърсителите променя състава и активността на почвените микробни съобщества, променяйки техния капацитет да поддържат екосистемните услуги. Тъй като ензимите катализират всички биохимични трансформации, включително детоксификация на замърсители, измерването на активността на почвените ензими е полезен индикатор за биологичната активност и как това се влияе от замърсителите и промените в околната среда. Замърсяването на почвите с тежки метали е от голямо значение в глобален мащаб поради заплахите за околната среда, безопасността на храните и човешкото здраве. Тежките метали са основните замърсители на почвите в България, като са широко разпространени в тях в резултат на селскостопанска и индустриална дейност. Замърсяването с тежки метали променя обилието и разнообразието на бактерии (Xu et al., 2017) и активността на почвените микробни съобщества (Chen et al., 2014; Hong et al., 2015), като в повечето случаи тези изменения съответстват на концентрациите на метали и тяхната биодостъпност.

Като по-съществени приноси могат да бъдат посочени:

I.2.1. Изследвана е ензимната активност (дехидрогеназа, алкална и кисела фосфатаза) на микробни съобщества от терени замърсени с радионуклиди и тежки метали. Установени са следните зависимости:

- Активностите на почвените ензими са пространствено, но не и времево зависими, като се разделят на две основни групи: (1) биологично по-активната група на леко до умерено замърсените почви и (2) групата на замърсени почви с по-ниска ензимна активност.
- Отчетена е по-висока микробна ензимна активност в по-замърсената среда, което би могло да бъде резултат от толерантността и адаптацията на микроорганизмите към замърсителите.
- Резултатите показват доказателство за ключовата роля на почвените органични вещества в поддържането на високи микробни ензимни активности и смекчаване на токсичността на металите.
- Продължителното и относително ниско замърсяване на почвата е подбрало функционално добре адаптирани към местната среда микробни съобщества, които избягват металната токсичност чрез поддържане на висока фосфатазна активност.
- Способността на почвените микроорганизми да преодоляват стреса от тежките метали им позволява да посредничат при предоставянето на жизненоважни екосистемни услуги, включително участие в биохимичните цикли, поддържане на здравето и продуктивността на растенията, регулиране на въглеродната секвестрация и др.

I.2.2. Изследвани са бактериалната физиологична активност и физиологичен профил в почви от изоставени уранови мини чрез тестове Biolog (EcoPlate). Установени са следните зависимости:

- Бактериалните съобщества не се разграничават по отношение на физиологичната си активност между местата на пробовземане с изключение на тези с най-висока и най-ниска активност.
- Физиологичната активност, степента на използване на въглехидрати, полиоли, карбоксилни киселини и аминокиселини / амини, и физиологичното разнообразие на бактериите са много повече под влияние на замърсяването, изразено чрез различни връзки на бактериалната метаболитна активност (As, Cu, Zn, Pb и U) и физиологичното разнообразие (Co, Cr, Ni и Mn) с тежките метали.

- Физиологичното разнообразие на бактериите е специфично по отношение на мястото на пробовземане.

- Ензимите, които участват в биоразграждането на устойчиви вещества, са по-резистентни на замърсяване от тези от пътищата на лесно разградимите източници на въглерод.

- Установена е обща тенденция за увеличаване на значението на броя на използваемите субстрати за бактериалното физиологично разнообразие при по-слабо замърсените места, докато при силно замърсените места равномерността на степента на използване на субстрата е по-значителна.

I.2.3. Определено е бактериалното обилие в почви замърсени с тежки метали чрез използване на количествен PCR (qPCR). Установени са следните зависимости:

- Дългосрочното замърсяване на почвата с НМ намалява обилието от бактерии.

- Установена е локална специфичност на почвените бактериални съобщества, поради местните почвени условия и вида на земеползване.

- Има значителна корелация между бактериалното обилие и  $\text{NO}_3\text{-N}$  и слаба корелация между бактериалното обилие и съдържанието на глината и  $\text{Zn}$  в почвата.

- Бактериалното обилие корелира отрицателно със свойствата на почвата (наноси, рН, съдържание на вода,  $\text{Cu}$  (обща и биодостъпна форма), общо съдържание на  $\text{Pb}$  и биодостъпен  $\text{Zn}$ ).

- Свойствата на почвата като общ органичен въглерод,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{HPO}_4$ , пясък и биодостъпно  $\text{Pb}$  не оказват влияние върху бактериалното обилие.

I.2.4. Анализирана е връзката между абиотичните ((рН, общ органичен въглерод, текстура,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , почвена влага, тежки метали (обща и бионалични форми)) и биотични (дехидрогеназна активност, 16S rRNA генни копия, богатство и разнообразие на бактериалния генотип) свойства на почвата по градиента на замърсяване с тежки метали. Установени са следните зависимости:

- Дългосрочното замърсяване с тежки метали на почвата има значителен отрицателен ефект върху активността на почвената дехидрогеназа.

- Дехидрогеназната активност корелира значително и положително с общото бактериално обилие и отрицателно с концентрацията на тежки метали в почвата.

- Бактериалното разнообразие се повлиява главно от почвените органични вещества и пясъчната фракция в почвата.

I.2.5. Направено е обобщение на резултатите от изследвания на въздействието на тежки метали върху физиологията на почвените микроорганизми.

- Разгледани са предимствата и недостатъците на съвременните методи за анализ на функционалното разнообразие на почвените микроорганизми.

- Разгледани са ефектите на замърсени с тежки метали почви върху микробното функционално разнообразие.

- Установено е, че токсичността на тежките метали по отношение на микробната катаболна активност и функционално разнообразие, особено в силно замърсени почви, може да бъде измерена въз основа на промените във физиологичния профил и индуцираната толерантност на микробните съобщества.

- Установено е, че различните аспекти във функционалните особености на микробните съобщества могат да се използват при оценка на качеството на почвата и оценка на риска за околната среда.

Цитирана литература:

Chen J., He F., Zhang X., Sun X., Zheng J. 2014. Heavy metal pollution decreases microbial abundance, diversity and activity within particle-size fraction of a paddy soil, *FEMS Microbiology Ecology*, 87: 161–181.

Hong C., Si Y. X., Xing Y., Li Y. 2015. Illumina MiSeq sequencing investigation on the contrasting soil bacterial community structures in different iron mining areas, *Environmental Science and Pollution Research*, 22: 10788–10799

Xu X., Zhang Z., Hu S., Ruan Z., Jiang J., Chen C., Shen Z. 2017. Response of soil bacterial communities to lead and zinc pollution revealed by Illumina MiSeq sequencing investigation, *Environmental Science and Pollution Research. Int.*, 24: 666–675

### **1.3. Влияние на замърсяване с петрол върху микробни съобщества**

Биоразграждането от естествени популации на микроорганизми представлява един от основните механизми, чрез които петролът и другите въглеродородни замърсители могат да бъдат отстранени от околната среда (Atlas, 1992; Amund and Nwokoye, 1993; Lal and Khanna, 1996, Ulrici, 2000) и е по-евтини от други технологии за ремедиация (Leahy и Colwell, 1990). Биоразграждането на петролните въглеродороди е сложен процес, който зависи от естеството и количеството на наличните въглеродороди. Въглеродородите в околната среда се разграждат предимно от бактерии, дрожди и гъби.

*Публикации: Г7-11, Г7.0-3*

*Участия в конференции: 33*

1.3.1. Изследвано е въздействието на петрол при лабораторен експеримент с алувиални почви (глинести и пясъчливи) върху числеността (общ брой хетеротрофни бактерии и численост на нефторазграждащите бактерии) и дехидрогеназната ензимна активност на почвените микроорганизми. Установени са следните зависимости:

- Разграждането на 50% от суровия нефт в алувиални почви продължава един (лек петрол) или два (тежък петрол) месеца в зависимост от специфичната плътност на петрола, като не зависи от структурата на почвата.

- Замърсяването на почвите с 5% суров нефт стимулира растежа на бактериите и активността на дехидрогеназата и тяхната динамика във времето е зависима от структурата на почвата (общ брой хетеротрофни бактерии и дехидрогеназна активност) и плътността на петрола (численост на нефторазграждащите бактерии).

1.3.2. Изследвана е специфичната за сезона динамика на броя на бактериите (хетеротрофни и нефторазграждащи бактерии) и активност (хетеротрофни бактерии) в замърсени и възстановени изкуствени влажни зони във предприятието, което произвежда нефтохимикали.

- Установено е, че броят и метаболитната активност на хетеротрофните бактерии от водната колона и седиментите се определят от сезона, но не и от местните условия на влажната зона.

- Установена е сходна численост на бактериалните хетеротрофи във седиментите на влажните зони, въпреки различното съдържание на органично вещество.

- Нефторазграждащите бактериите, се повлияват както от сезона, така и от условията във влажните зони, като броят им корелира значително с рН, NO<sub>2</sub>-N и PO<sub>4</sub>-P (положително) и с NH<sub>4</sub>-N (отрицателно)

Цитирана литература:

Atlas R. M. 1992. Petroleum microbiology. In: Encyclopedia of Microbiology. Academic Press, Baltimore, Md, USA, pp. 363–369.

Amund O. O., Nwokoye N. 1993. Hydrocarbon potentials of yeast isolates from a polluted Lagoon. Journal of Scientific Research and Development, 1: 65–68.

Lal B., Khanna S. 1996. Degradation of crude oil by *Acinetobacter calcoaceticus* and *Alcaligenes odorans*. Journal of Applied Bacteriology, 81 (4): 355–362.

Ulrici W. 2000. Contaminant soil areas, different countries and contaminant monitoring of contaminants. In: Rehm, H. J. and Reed, G. (Eds.). Environmental Process II. Soil Decontamination Biotechnology, 11: 5–42.

Leahy J.G., Colwell R.R. 1990. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment, Microbiological Reviews, 54 (3): 305–315. 24.

#### **I.4. Влияние на метан върху почвени микробни съобщества**

*Публикации: Г7-10*

I.4.1. Изследвано е влиянието на температурата върху щам метанотрофни бактерии, изолиран от общинско депо за отпадъци. Установени са следните зависимости:

- Изследваният щам показва висока сепен на окисление на метан в температурния диапазон от 15°C до 45°C, и много ниска при 5°C

- Изследвано е влиянието на концентрацията на метан върху щам метанотрофни бактерии, изолиран от общинско депо за отпадъци.

- Най-високата степен на окисляване на метан е измерена при насищане на средата с 30% CH<sub>4</sub>.

- Изследваният метанотрофен бактериалният щам окислява метан при широк диапазон от концентрации и температури, което го прави потенциален агент за биоремедиация на депа, с цел намаляване на емисиите на метан.

#### **II. Микрофлора на високопланински езера – това направление се явява естествено продължение на дисертационния труд**

Условията на околната среда във високопланинските езера традиционно се считат за екстремни за живота - ниски концентрации на хранителни вещества, високи нива на UV лъчение, ниска температура, дълготрайна ледена и снежна покривка и др. (Catalan et al., 2006). Такива среди се характеризират с ниско видово разнообразие прости пелагични хранителни мрежи, доминирани от микроорганизми, особено бактерии (Ellis-Evans, 1996; Straškrabova et al., 1999). Въпреки

доминирането на бактериални представители и тяхното екологично значение, структурата и динамиката на пелагичните микробни съобщества остават сравнително слабо изучени поради трудностите при идентифицирането на таксономичния и/или функционалния състав на микроорганизмите (Alfreider et al., 1996; Pernthaler et al., 1998).

Публикации: Г7-14

Участия в конференции: 32

### **Като по-съществени приноси могат да бъдат посочени:**

II.1. Анализирана е динамиката на числеността на бактериопланктона от езерото Бъбрека от циркуса на Седемте Рилски езера.

Бактериалната численост нараства драстично (81 пъти) от юли до септември 2006 г. и не се увеличава толкова драстично през 2007 г., като ограничената степен на нарастване през септември 2007 г. е резултат евентуално от ниското рН на водата.

II.2. Използвани са молекулярни методи (ARDRA) за анализиране на разнообразието на бактериопланктона от езерото Бъбрека от циркуса на Седемте Рилски езера.

Бактериалните съобщества се отличават с ниско разнообразие и то намалява от юли до септември, като те се състоят от специалисти за съответната екологична ниша (r-специалисти), които гарантират адекватни реакции на съобществата в зависимост от колебанията в околната среда, отколкото видовете генералисти (r-генералисти).

II.3. Използвани са молекулярни методи (ARDRA) за анализиране на разнообразието на бактериопланктона от езерото Окоето от циркуса на Седемте Рилски езера.

Построени са три клонови библиотеки на анализирани проби от Окоето.

Установени са промените в бактериалното разнообразие във времеви и сезонен аспект.

Alfreider A., Pernthaler J., Amann R., Sattler B., Glöckner F.O., Wille A., Psenner R. 1996. Applied and Environmental Microbiology, 62: 2138-2144

Catalan J., Smarero L., Felip M., Pla S., Ventura M., Buchaca T., Bartumeus F., de Mendoza G., Miró A., Casamayor E.O., Medina-Sánchez J.M., Bacardit M., Altuna M., Bartrons M., de Quijano D.D. 2006. limnetica, 25(1-2): 551-584.

Ellis-Evans J.C. 1996. Biodiversity and Conservation, 5,:1395-1431.

Pernthaler J., Glöckner F.O., Unterholzner S., Alfreider A., Psenner R., Amann R. 1998. Applied and Environmental Microbiology, 64: 4299-4306.

Straškrabova V., Callieri C., Carrillo P., Cruz-Pizarro L., Fott J., Hartman P., Macek M., Medina-Sanchez J.M., Nedoma J., Šimek K. 1999. Journal of Limnology, 58(2): 77-87.

### **III. Приноси в областта на екоотоксикологията**

Нови синтетични химикали се регистрират всяка година и законодателството в страните изисква незабавното провеждане на токсикологични и екоотоксикологични тестове. Мащабът на



потенциалните екологични въздействия върху околната среда и живите организми изисква бързи и точни оценки на токсикологичните ефекти. Практическото значение на екотоксикологията за съществуването и функционирането на биологичните системи непрекъснато нараства. Токсичността може да е различна за различните видове в една екосистема и за един и същ вид в различните екосистеми. Освен това токсикантите не влияят само пряко върху биологичната система, която се оценява, но могат да имат непряк отрицателен ефект върху нея, променяйки както абиотичните, така и биотичните параметри в екосистемата.

Публикации: Г7-8, Г7.0-1, Г7.0-2, Г8-1

Участия в конференции: 16, 24

Като основни приноси могат да бъдат посочени:

III.1. Изследвано е въздействието на хербицидите паракват и глифозат с използването на тест обекти крес салата (*Lepidium sativum* L.) и репички (*Raphanus sativus* var. *radiculata* L.) върху броя на покълналите семена и жизнеспособните кълнове, дължината на стъблата и корените и абсолютно сухо тегло на стъблата, корените и листата. Установени са следните зависимости:

- Тестовите показват общо изразена по-висока токсичност на параквата по всички изследвани показатели.

- Сухото теглото на пробите, третирани с паракват, като цяло показват по-ниски стойности от контролните, а тези на пробите, третирани с глифозат - по-високи.

- По отношение на въздействието върху броя на покълналите семена и жизнеспособните кълнове, като по-чувствителен обект се очертава крес салатата.

- Проведените молекулярни анализи (PCR) показват мутационни пренареждания в ДНК на третираните с хербициди растения, което е доказателство за реакция на ниво ДНК.

III.2. Изследвана е възможността за използване на крес салата (*Lepidium sativum* L.) като тест обект за почвен мониторинг, като са използвани проби от пунктове на Националната система за мониторинг на околната среда.

- Установени са силни корелации между кълняемостта на семената и развитието на кълнове и промяната в съдържанието на азот и концентрацията на кобалт, никел, цинк и мед в почвените проби.

- Въпреки, че няма установено превишаване на нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите, проведените експерименти представят възможности за прилагане на биотестове, което може да допълни мониторинга с информация за функционалния капацитет на почвата и способността ѝ за осигуряване материални и поддържащи екосистемни услуги.

III.3. Изследвана е екотоксичността на пречистени производствени отпадъци от производство на метални продукти води върху тест обекти *Pseudorasbora parva* (лъчеперка) и *Lepidium sativum* L (крес салата).

- Отчетена е смъртност на рибите е близо 100%, въпреки че измерените концентрации на токсични вещества во отпадъчните води са в норма.

- Установено е, че добавянето на медни йони към тестваните отпадъчни води намалява токсичния ефект на медните йони вероятно поради промените в биодостъпността в резултат на въздействието на други примеси или присъствието на детергенти във водите.

III.4. Направен е обзор на екоотоксикологичните изследвания за периода 2010-2016 г.

- Установени са основни тенденции в развитието на екоотоксикологичните изследвания за съответния период по отношение на използваните тест обекти, средата, използваните екоотоксикологични анализи, реакциите на тест-обектите.

- Очертани са основните насоки в развитието на екоотоксикологията и използването на нови индикатори за оценка на риска и състоянието на екосистемите.

#### **IV. Използване на дистанционни методи в областта на екологията**

*Публикации: Г7-2, Г7-4, Г7-7, Г7-12, Г7-13*

*Участия в конференции: 15, 23, 25, 28, 30*

Като основни приноси могат да бъдат посочени:

IV.1. Анализирани са два метода (базиран на пиксели и базиран на обекти) за класификация на земно покритие и земеползване на сателитни изображения от район в южната част на остров Крит.

- Алгоритъмът с максималната вероятност създава най-висока точност за клас Пасища по отношение на идентифицирането му, в резултат от по-голям спектрален диапазон на избрания тренировъчен пиксел, което позволява на класификатора за максимална вероятност да дефинира по-големи региони за вземане на решения за тези конкретни класове.

- Методът на опорните вектори показва най-добри резултати при различаването с висока точност при повечето класове, което го прави най-подходящ за идентификация на класовете земно покритие и земеползване.

- При двата класификатора, метод на опорните вектори и изкуствена невронна мрежа, класът „Изкуствени повърхности“ се обръква с клас „Непрекъснатата градска структура“, но при класификатора за максимална вероятност обръкването е с класовете „Прекъснатата градска структура“ и „Пристанищни зони“.

- Методът на най-близкия съсед успява да се справи с класифицирането на изкуствени повърхности като цяло, докато класовете на земеделските райони и класовете горски и полуестествени зони са сегрегирани успешно с метода на опорните вектори.

- Установено е, че конвенционалният метод на класификация дава по-точни резултати, отколкото метода на стратифицирано маскиране като цяло с двата използвани алгоритми - максимална вероятност и метода на опорните вектори.

IV.2. Оценено е пространственото разпределение на различни типове наклон и стръмност, като е изследвана връзката между геоморфологията и типовете земно покритие в района на полуостров Ситония, Гърция чрез използване на цифров модел за надморска височина.

-Използването на цифрови данни като в това проучване позволява съвместна регистрация с други цифрови карти и изображения.

- Приложената методология изцяло подкрепя пространственото разпределение на геоморфологичните характеристики.

- Получените резултати потвърждават наслагването на очертаните геоморфометрични елементи върху дадено дистанционното изображение.

- Геоморфометричните техники, използващи цифров модел за надморска височина, освен разделянето на геоморфологичните единици, дават големи възможности и за други различни приложения, като например идентифициране на ландшафтна единица за почвен ландшафт, хидрологични анализи и изследване на връзката между земното покритие и процесите на формиране на земните форми.

IV.3. Приложен е метод за потенциална ерозия за оценка на риска от ерозия в района на река Брегалница и Национален парк Маврово - Република Северна Македония

- Установено е, че методът може да предостави надеждни данни както за общите нива на ерозия, така и за загубата на почвата, напълно сравними с други модели, получени в рамките на проекти на ЕС, насочени към опазване на почвата и природните ресурси.

- Установено е, че промените в земеползването, дължащи се на стратегии за развитие, излагащи чувствителни към ерозия геоложки образувания и слабата растителна покривка, са основните фактори за увеличаване на ерозията.

- Моделът демонстрира, че може да се използва както за общите нива на ерозия и в същото време за оценки на загубите на почва.

IV.4. Използван е цифров модел за надморска височина за да се определи комбинираното влияние на факторите на околната среда и човешката намеса върху разпространението на растителността в района на Nisos Elafonisos (остров Крит, Гърция).

- Покритието на изследвания терен беше разделено в шест клъстера, като се наблюдава вертикално разпределение на растителността спрямо надморската височина.

- Установено е че площите, покрити с гори, са малки в сравнение с цялата изследвана площ и се срещат главно на голяма надморска височина, далеч от човешката намеса.

- С преминаване към по-ниска надморска височина, започва да се появява човешката намеса, като тук се обособява и обработваемата земя във втория клъстер.

- Установено е намаляване на растителната покривка с повишаване на надморската височина, като в по-ниските височини смесената гора изчезва, докато започва да се зачестява появата обработваема земя.

IV.5. Направено е сравнение между Канадската система за оценка на опасността от горски пожари и Националната система за оценка на риска от горски пожари в средиземноморския район (остров Крит, Гърция) чрез използване на отделни модели с растителни видове.

- Установено е, че Националната система за оценка на риска от горски пожари и в частност индекса за суша на Keetch–Byram, предсказва с по-голяма точност съдържанието на влага в растителните видове *Piptlothemum miliaceum*, *Parietaria diffusa* и *Avena sterilis*, които са с плитка коренова система.

- Установено е, че индексът е неприложим за предсказване на съдържанието на влага за видове с дълбока коренова система като *Pinus halepensis*.

- Установено е, че няма единна система, която да е достатъчно адекватна за предсказване както за съдържанието на влага в почвата, така и за съдържание на влага в едногодишните растения едновременно.

## **V. Допълнителни приноси**

*Публикации: Г7-6*

*Участия в конференции: 17*

V.1. Оценена е енергийната ефективност на четири оранжерийни култури, отглеждани на остров Крит, Гърция, на базата на входящите и изходящи енергийни потоци, като в последствие е направено и финансово остойносттаване.

- Установено е, че азотните торове са с най-голям дял в процента на внесена енергия.

- Установено е че най-изгодна за оранжерийно отглеждане по отношение на единица произведена продукция и енергийна ефективност е комбинацията домати-чушки.

- Направено е разделение на ефективните и неефективните фермери чрез използване на анализ на обхвата на данни.

- Най-голям финансов разход за производителите е този за труд, следван от тези за торове и растителна защита.

V.2. Проучени са възможностите за използване на текстилни отпадъци за производство на покрития от нетъкан текстил за улавяне на нефтени разливи, като е разработен подходящ адсорбент, който е ефективен, икономичен и щадящ природата.

*Публикации: Г7-9*

*Участия в конференции: 26 29 31 35 36*

- Установено е, че нетъканите материали произведени чрез зашиване с нишки (технология Maliwatt) по-добре улавят нефта в сравнение с тези, произведени чрез игло-набиване, поради по-голямата свободна влакнеста повърхност.

- Използването на смеси от отпадъчни влакна с по-високо съдържание на полиакрил нитрил е по-ефективно за абсорбенти на нефт.

- Установено е, че проученият материал остава да плува на повърхността дори 48 часа след насищане с нефт.

- Използването на този сорбент след това в пещи като горивого прави добра алтернатива на съществуващите синтетични сорбенти.

V.3. Направен е анализ на въздействието на прилагането на Общата селскостопанска политика в Югозападния район за планиране в Република България.

*Публикации: Г7-1*

- Установено е, че Югозападния район за планиране не се различава съществено по основните тенденции в земеделието и животновъдството на национално ниво, особено произтичащи от

прилагането на европейските селскостопански политики в България след присъединяването на страната към ЕС.

- Установено е, че област Благоевград се разграничава в това отношение, където е най-високият дял на постоянно затревени площи, земеделските парцели са по-малки, а площите, засети със зърнени култури, не се увеличават, като повечето са големи площи с монокултури.

- Тази характеристика на областта е предпоставка за относително високото ниво на екстензивно животновъдство, което позволява опазването и поддържането на пасищата и ливадите с всичките им последствия и подобряване на предоставяните екосистемни услуги.

## **VI. Учебно-методическа дейност**

Разработени са следните курсове:

### **VI.1. Упражнения по дисциплината Управление на отпадъците, която е задължителна за специалности Екология и опазване на околната среда и Биомениджмънт и устойчиво развитие.**

В рамките на практическите занятия се изработва План за управление на строителни отпадъци съгласно изисквания на Българското законодателство. В допълнение студентите попълват различни документи, които касаят класификация, отчетност, транспортиране на отпадъците. Решават се казуси, които са максимално близки до тези, които са предмет на дейност на експертите работещи в тази област, за да могат студентите да бъдат максимално подготвени по отношение на тематиката.

### **VI.2. Упражнения по дисциплината Почвознание, която е задължителна за специалност Екология и опазване на околната среда и лекции и упражнения, които са задължителни за специалност Агробиотехнологии**

Курсът има за цел да даде съвременни знания на студентите за основния екологичен и производствен ресурс – почвата. Основните въпроси, които се разглеждат в лекционния курс са свързани с изучаване на генезиса на почвата, нейния състав и свойства, закономерностите в разпределението и развитието на почвите в България, тяхното плодородие и агропроизводствени характеристики. Застъпени са и основни методи за изследване на почвените химични, физични и механични свойства. Курсът обхваща две основни части – обща и специална. В общата част студентите придобиват знания за почвообразуването, изветрянето на скалите, влиянието на биотичните и абиотичните фактори в почвообразователните процеси. Подробно се разглеждат състава и свойствата на почвите. В специалната част от курса са застъпени почвите в България, тяхната класификация, разпространение, условия на образуване, класификация, морфологични особености, свойства, плодородие. Разглеждат се основните проблеми с почвите като ерозия и замърсяване. Представят се основните принципи за бонитирането на почвите и за тяхната категоризация. Семинарните занятия са свързани с получаване на по-подробни познания в областта на почвознанието по основни за дисциплината въпроси включващи процесите на почвообразуване и хумуса. Практическите упражнения са пряко свързани с разглежданите теми от лекциите и засягат актуални въпроси и критерии за диагностига и оценка на почвите, използвани в практиката.

### **VI.3. Лекции и упражнения по дисциплината Оценка на въздействието върху околната среда, които са задължителни за специалност Биомениджмънт и устойчиво развитие и избираеми за магистърска програма Екотуризъм към Геолого-географски факултет на СУ.**

Дисциплината има изцяло приложен характер и нейната цел е да запознае студентите с процедурите за извършване оценка на въздействието върху околната среда (ОВОС) на инвестиционни предложения. Курсът започва с основните понятия, предмета и нормативната основа на ОВОС, както и на участниците в нея. Разглеждат се общите изисквания към документацията за ОВОС. Обърнато е внимание на всеки един етап от процедурата по ОВОС и участниците в него. В рамките на учебния процес те ще определят, описват и оценяват по подходящ начин и според всеки конкретен случай преките и непреки въздействия върху човека, биологичното разнообразие, почвите, водите, въздуха, климата, ландшафта, земните недра, материално и културно-историческо наследство, както и взаимодействието между тях.

#### **VI.4. Лекции и упражнения по дисциплината Екологичен отпечатък, която е избираема за различни курсове.**

Тя е теоретико-приложна дисциплина, чиято цел е да запознае студентите с това как човешката дейност влияе на околната среда и как тя влияе върху човешката дейност. Концепцията за екологичния отпечатък е един съвременен и все по-широко използван подход за оценка на влиянието на човека върху околната среда. Обучаваните студенти ще се запознаят с директното и индиректното влияние на различни дейности върху околната среда. Курсът акцентира върху различните видове отпечатъци, начините за тяхното изчисление и мерките за намаляване на въздействието върху околната среда. Ще се разгледат подробно отпечатъците в зависимост от консумираните ресурси и отделените емисии (екологичен, въглероден и воден) и в зависимост от отраслите (растениевъдство, животновъдство, индустриални сектори). Обучаваните студенти ще бъдат запознати и с отпечатъците, които оставят различни събития, дейностите на фирми, както и техния индивидуален отпечатък. В практическите занятия студентите ще могат сами да изчисляват различните отпечатъци, да правят съпоставки и анализи на получените данни.

#### **VI.5. Лекции и упражнения по избираема дисциплина Алтернативни източници на енергия, която е избираема за магистърска програма Биобизнес.**

Това е теоретико-приложна дисциплина, чиито основни акценти систематизират техническите, технологичните и икономическите основи при разработването и внедряването на нови енергоносители от алтернативен тип. Отделено е време както за вече утвърдени енергоизточници (етанол и биогаз), така и за перспективни решения от типа на водорода, изкуствения нефт, биофотобатериите и др.

#### **VI.6. Лекции и упражнения по избираема дисциплина Картиране и оценка на екосистемни услуги за магистърска програма Екология, като те са разработени съвместно с колега от катедра Екология и опазване на околната среда.**

Курсът е с теоретико-приложен характер и е отговор на съвременните тенденции в опазване на биологичното разнообразие и устойчиво потребление на екосистемни услуги. Лекционните часове ще акцентират върху основните биофизичен и монетарен подходи за картиране на състоянието на екосистемите и предлаганите от тях екосистемни услуги. Ще се дискутират основните класове и групи индикатори, приложими за различни типове екосистеми и ще се оценява тяхната индикативна стойност чрез използване на богат демонстрационен материал. Упражненията ще се конкретизират върху определени типове екосистеми и ще включват целия етап на процеса по картиране и оценка на екосистемните услуги. По време на упражненията, студентите ще работят в ГИС среда, ще събират, обработват и анализират данни за индикатори, ще изграждат съответна база данни, ще правят оценка на състоянието на подбрани екосистеми и ще участват в подготовка на картен материал. Курсът ще изгради у студентите познания и умения за използването на екосистемния

подход при опазване на биологичното разнообразие и устойчиво потребление на екосистемни услуги. Хорариумът позволява в рамките на предвидените часове да се изградят необходимите познания и умения у студентите за прилагане на екосистемния подход при опазване на биологичното разнообразие и устойчиво потребление на природни ресурси.

**VI.7. Лекции и упражнения по дисциплината Процедури за оценка на въздействието върху околната среда и комплексни разрешителни, която е задължителна от учебен план за обучение на студенти за ОКС Магистър по специалност от магистърската програма на специалността „Инженерна екология” към Технически университет – София.**

Курсът започва с основните понятия, предмета и нормативната основа на ОВОС, както и на участниците в нея. Студентите се запознават с процедурите за ОВОС на програми и планове, на инвестиционни проекти и на обекти в експлоатация. По нататък се разглеждат общите изисквания към документацията за ОВОС. Обърнато е внимание на общественото обсъждане на резултатите от ОВОС, както и на правните последици от него. Предмет на изучаване е и вземането на решение по ОВОС на планове и програми, на инвестиционни проекти и на обекти в експлоатация. Разглеждат се последиците от съответните решения на компетентния орган и контрола по изпълнението им. В дисциплината се изучава и т. н. преценка на влиянието върху околната среда и се разглежда процедура за преценяване на влиянието на проекти, обекти и дейности, неподлежащи на задължителна оценка на въздействието върху околната среда. В частта касаеща комплексните разрешителни се обръща внимание на условията и реда за издаване на комплексни разрешителни. Специално внимание се отделя на методиката, касаеща изготвянето на заявления за издаване на комплексни разрешителни, както и на хоризонталните и вертикални документи на Европейската комисия, разглеждащи най-добрите налични техники за даден индустриален сектор.

гр. София

30.11.2020 г.

гл. ас. д-р Силвена Ботева