

**Справка за приносите в трудовете
на доц. д-р инж. Екатерина Иванова Тодорова,**

които не повтарят трудовете от последния конкурс за заемане на академична длъжност и от последния защитен дисертационен труд за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност „Професор“ по дисциплината „Технологии за обработка на твърди отпадъци“, в професионално направление 4.4. „Науки за земята“, научна специалност „Екология и опазване на екосистемите“, обявен в ДВ, бр.100 от 16.12.2022 г., с код на процедурата: ELA-P-1222-98.

Публикуваните научни трудове, заедно с резултатите от научните и научно-приложни проекти след хабилитирането за „доцент“, тематично са обособени в 3 научни направления:

1. Минимизиране и оползотворяване на отпадъците като суровинен и енергиен ресурс, включително и чрез промишлена симбиоза

В това научно направление е монографията №78(В3)

В монографията са включени проучвания, свързани с намиране на възможности за реализация на промишлена симбиоза в България за биоразградимите отпадъци – утайки от пречиствателни станции за битово-фекални води (ПСБФОВ), зелени биоотпадъци и биоотпадъци от храни, във връзка със задълженията на страната ни за въвеждане на кръгова икономика.

Основни научни и научно-приложни приноси в монографията:

Научни приноси:

1. Научно технико-технологично са обосновани възможности за реализация на промишлена симбиоза за биоразградимите отпадъци в България.
2. За първи път е направена връзка между възможностите за минимизиране и оползотворяване на отпадъците в селищни системи, различни по големина, брой на населението и застъпени промишлени сектори. Оползотворяването на отпадъците като суровинен и енергиен ресурс дава възможност за развитие на промишлени дейности, които до момента не са застъпени в тези селищни системи, но са възможни чрез реализация на промишлена симбиоза.
3. Установено е, че промишлената симбиоза за утайки от пречиствателни станции за отпадъчни битово-фекални води в зависимост от класификацията на отпадъка като опасен или неопасен се реализира по различни начини.
4. Потвърдено е, чрез собствени изследвания и анализи, че промишлената симбиоза може да донесе ползи за околната среда, в случаи на успешно внедряване и функциониране на симбиотичните връзки между участниците.

Научно-приложни приноси

1. В контекста на промишлената симбиоза се предлагат конкретни технологични решения на базата на количествения и качествен състав на биоразградими отпадъци и на техния жизнен цикъл.

2. Разработена е схема за минимизиране и оползотворяване на неопасните утайки от пречиствателни станции за битово-фекални води чрез получаване на компост и лубрикомпост.

3. Потвърдена е необходимостта, утайките да преминат процес на анаеробно биотехнологично третиране, а не да се използват директно в земеделието, като по този начин ще се получи максимална полза от този отпадък. От една страна ще се използва енергийния му капацитет за получаване на ел. енергия, след което ще се използва суровинния му капацитет чрез употреба на получения ферментационен продукт в земеделието.

4. Разработена е схема на промишлена симбиоза на опасните утайки от пречиствателни станции за битово-фекални води на базата на термични методи (газификационно-плазмена инсталация, термотрибохимична каталитична инсталация и др.) за получаване на различни химични продукти, които са алтернатива на природния газ и нефт.

5. Предложена е схема на промишлена симбиоза между фирмите-генератори на биоразградими отпадъци и фирми от химическата промишленост, фирми за електро- и тополоенергия, фирми за селскостопански продукти и торове, като могат да се получат биогаз, синтез газ, синтетично масло и други вещества и продукти чрез термично третиране.

Приложни приноси

1. Потвърдено е, че промишлена симбиоза на регионално ниво, включително и виртуално дигитализирана е екологично, технологично и икономически ефективна за термични инсталации за съвместно третиране на отпадъци и утайки от ПСБФОВ от средни и големи селищни пречиствателни станции, т.е. при наличие на достатъчно големи количества утайка. За малките пречиствателни станции не е икономически ефективно да имат самостоятелно стъпало за третиране на утайките, те би трябвало да се третират на регионално ниво, в по-големи съоръжения.

2. Потвърдено е за населени места от 200000 до 2000000 души, по примера на Столична Община, че съществуват възможности за промишлена симбиоза, но те все още са неосъзнати и неидентифицирани като такива от населението и в голяма степен от бизнеса. Характерни са самоорганизираните мрежи на промишлена симбиоза, включително и вътрешнофирмени.

3. Установено е за населени места от 100000 до 200000 души, по примера на Община Добрич, на територията, на които са разположени интензивно развиващи се промишлени и логистични бази, че са по-гъвкави и подходящи за прилагане на централизиран и децентрализиран модел на промишлена симбиоза. Задължително следва да се използва географската близост между участниците и създаване на възможност за симбиотични взаимоотношения между региони с голямо индустриално разнообразие.

4. Установено е за населени места от 10000 до 100000 души, по примера на общините Севлиево, Дряново и Сухиндол, че получаването на компост и почвени среди ще допринесе за симбиоза с фирмите за поддържане на зелените системи на селищата и земеделските производители. Открива се и бизнес ниша за производство на материал за пълнител на биофилтри и материал за почвени среди, т.е. промишлени дейности, която до момента не са застъпени в тези общини.

Освен посочената монография, в това научно направление са и:

- 18 броя публикации с №№ 44(Г7.1), 45(Г7.2), 52(Г7.9), 54(Г8.2), 55(Г8.3), 57(Г8.5), 58(Г8.6), 59(Г8.7), 60(Г8.8), 62(Г8.10), 64(Г8.12), 66(Г8.14), 69(Г8.17), 71(Г8.19), 72(Г8.20), 75(Г8.23), 77(Г8.25)
- 2 учебителни материала (папка 2, Част 5),
- 1 презентация на научен форум (папка 2, Част 6),
- 10 бр. проекти (16-Списък на други научно-приложни резултати-проекти с участие в проекти с №5, 6 и международните проекти WASTEKIT и HEI-ILKA и **ръководител** на проекти с №4, 7, 9, 10 и 14, както и **внедрена** технологична схема за компостиране на зелени отпадъци в Община Добрич)
- **Ръководител** и на 1 инфраструктурен и научен проект с международно финансиране и национално съфинансиране на тема „Чисти технологии за устойчива околна среда-води, отпадъци и енергия за кръгова икономика“ за изграждане на Център за компетентност с партньор ЛТУ

Проучванията в това направление са свързани с:

- Минимизиране на количествата на получения отпадък от утайка при пречистването на отпадъчни води [№№44(Г7.1), 69(Г8.17), 59(Г8.7)].
- Оценка, SWOT-анализ и анализ на разходите и ползите на различни технологии за третиране на твърдите отпадъци, базирани на най-добрите налични техники [№№ 44(Г7.2), 52(Г7.9), 54(Г8.2), 55(Г8.3), 57(Г8.5), 58(Г8.6), 62(Г8.10)]; проекти - Проект WASTEKIT, проект “CirCe”].
- Оценка и анализ на количества и състав на наличните опасни отпадъци и възможностите за тяхното екологосъобразно третиране [№№55(Г8.3), 57(Г8.5), 60(Г8.8), 71(Г8.19), 72(Г8.20)]; проекти -4, 5, 9, 10, 14].
- Оценка и анализ на морфологичния състав на твърди отпадъци [№№64(Г8.12), 66(Г8.14)]; проекти – 5, 6, 7, Проект WASTEKIT, проект “CirCe”].
- Разработване на технология и технологична схема за превръщане на биоразградими отпадъци в суровинен ресурс, вкл. компост [№№75(Г8.23), 77(Г8.25)]; проекти - Проект HEI-ILCA, проект “CirCe”; проект-Център за компетентност „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“и **внедрена** технологична схема за компостиране на зелени отпадъци в Община Добрич].

Основните научни и научно-приложни приноси са:

1. Установено е, че при пречистване на производствени отпадъчни води чрез хибриден процес, комбиниращ електрокоагулация и микрофилтрация, с време на третиране 20 минути и текуща плътност на тока на анода $4,8 \text{ mA.cm}^2$, получената свежа утайка от железен хидроксид сорбира и води до пречистване на водите като се намалява съдържанието на изследваните замърсители, както следва: Se с 98,7%, As 99,9%, Cu и Pb повече от 98,0%, Zn и Cd повече над 99,9%.

2. Установено е, на национално ниво, че количествата композитни отпадъци от опаковки по общини нарастват, което налага намирането на ефективно решение за тяхното третиране.

3. Предложена е схема за третиране и оползотворяване на генерираните твърди битови отпадъци в София, която гарантира пълно рециклиране на рециклируемите отпадъци и превръщане на нерциклируемите в суровинен и енергиен ресурс.

4. Доказана е необходимостта от изграждане във всеки областен център на поне по една инсталация за термично обезвреждане на отпадъците от хуманитарната и ветеринарната медицина.

5. Идентифицирани са количествено и по местоположение опасните отпадъци на национално ниво. Доказано е, че техните количества в средносрочен и дългосрочен аспект намаляват. Потвърдено е, че съдържанието на опасни вещества в тях намалява. Независимо от тази тенденция внимание заслужават: живачните лампи, луминесцентните лампи, натрупаните залежали и с изтекъл срок на годност препарати за растителна защита, трансформатори и кондензатори, в които се съдържат отработени масла, замърсени с полихлорирани бифенили.

6. Разработена е съвременна система за управление на битовите отпадъци (визуализирана чрез схеми и таблици), която може да осигури превръщането им в суровинен и енергиен ресурси и води до намаляване до минимум обема на неизползваните битови отпадъци, удължаване живота на депата и/или постепенното им премахване като метод за обезвреждане на битовите отпадъци.

7. Доказано е експериментално, чрез пробовземане, обработка и морфологичен анализ на 16 000 тона смесени твърди битови отпадъци, че местоположението на общините на национално ниво не влияе върху морфологичния състав.

8. Установено е, че класификацията на отпадъка от утайки от пречиствателни станции за битово-фекални води като опасен или неопасен предопределя начина на третирането им с цел превръщане в суровинен и енергиен ресурс.

9. Определени са точните количества за инициране на първоначалното съотношение C/N (30:1) от зелени и кафяви отпадъци, тяхната предварителна подготовка, както и последователността на зареждане в компостната купчина, включително аерирането ѝ, осигуряващи оптимален режим на компостиране при внедряване на технологична схема за компостиране в Община Добрич.

2. Екологосъобразно управление на минните отпадъци

В това научно направление са:

- 13 броя публикации с №№ 46(Г7.3), 47(Г7.4), 49(Г7.6), 50(Г7.7), 53(Г8.1), 56(Г8.4), 61(Г8.9), 63(Г8.11), 65(Г8.13), 67(Г8.15), 68(Г8.16), 73(Г8.21), 74(Г8.22);
- 15 бр. проекти (16-Списък на други научно-приложни резултати-проекти с участие в проекти с №1, 2, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и ръководител на проекти с №5, 6 и 8.

Проучванията в това направление са свързани с:

- Подхода при класификация на минните отпадъци и съоръженията за тяхното съхранение въз основа на произхода, източниците на генериране и свойствата на минните отпадъци [№№ 46(Г7.3), 47(Г7.4), 50(Г7.7), 53(Г8.1), 61(Г8.9), 74(Г8.22), проекти -13, 14, 15, 16, 17, 18]

- Мониторинг по ключови параметри на въздействието на минните отпадъци върху околната среда [№№ 46(Г7.3), 47(Г7.4), 49(Г7.6), 50(Г7.7), 56(Г8.4), 74(Г8.22), проекти – 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18]
- Оценка на риска от замърсяване на околната среда при съхранение на минни отпадъци чрез статични и кинетични тестове [№№50(Г7.7),73(Г8.21), проекти - 7, 8, 9, 10]
- Сравнителна оценка и анализ на методите за разрушаване на цианиди в минния отпадък, използвани за преработка на златосъдържащи руди [№№47(Г7.4), 56(Г8.4)]
- Ролята на процеса на обогатяване на рудата и разпределението на целевите елементи, включително намаляване на загубите на целеви елементи с минния отпадък [№№53(Г8.1), 63(Г8.11), проекти -13, 14, 15, 16, 17, 18 и ръководител на проекти с №5, 6 и 8]
- Оползотворяване и промишлена симбиоза на минните отпадъци [№№65(Г8.13), 67(Г8.15), 68(Г8.16), проекти–9, 12, 17, 18]

Основните научни и научно-приложни приноси са:

1. Установено е, че минни отпадъци от преработката на медни и на полиметални руди, съдържащи злато и сребро не съдържат опасни за околната среда и човешкото здраве вещества, особено As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V и Zn, включително във фините частици на отпадъка, в концентрации, водещи до класифицирането им като опасни отпадъци, както по химичното законодателство, така и по законодателството за управление на отпадъците.

2. Потвърдено е, че минните отпадъци, получени от цианидно извличане на злато отговарят на нормативните изисквания и концентрацията на слабокиселинния разложим цианид в точките на заустване ненадвишава 10 mg/kg, което отговаря на най-добрите налични техники.

3. Доказано е, че оползотворяване на минните отпадъци за обратно запълнение на минни разработки не води до допълнително излугване на съдържащите се в тях примесни елементи.

4. Доказано е, че предварителното третиране на минни отпадъци чрез сепариране на глината от тях, е предпоставка за минимизиране на количеството на отпадъка и оползотворяването на глината като алтернатива на природно добита глина.

5. Доказано е, че влагането на минни отпадъци при изграждането на горски пътища е ефективно за тяхното укрепване и води до оползотворяване на значителни количества минни отпадъци.

Методични приноси:

1. Установено е, че класификацията на минните отпадъци изисква комбинирано прилагане на законодателството за минни отпадъци и законодателството за управление на отпадъците, като водещ критерий е произхода и химичния състав на минния отпадък.

2. Разработен е методологичен подход за класификация на минния отпадък и поведението му в околната среда чрез прилагане на статичен и кинетичен тест за излугване. Потвърдено е, че минните отпадъци, съдържащи сулфидна сяра > 0,1% са склонни към образуване на кисели води. Наличието на сулфидна сяра над посочената концентрация е предпоставка за класификация на отпадъка като опасен.

3. Екологична ефективност на технологиите за третиране на отпадъци

В това научно направление са:

- 4 бр. публикации с №№ 48(Г7.5), 51(Г7.8), 70(Г8.18), 72(Г8.20);
- **Ръководител** и на 1 инфраструктурен и научен проект с международно финансиране и национално съфинансиране на тема „Чисти технологии за устойчива околна среда-води, отпадъци и енергия за кръгова икономика“ за изграждане на Център за компетентност с партньор ЛТУ(16-Списък на други научно-приложни резултати)

Проучванията в това направление са свързани с:

- съпоставка на нормативните изисквания при разработване на оценки на въздействието върху околната среда с възможностите за прилагане на стандарта за екологична ефективност ISO-14045 [№№48(Г7.5)].
- оценка на екологичната ефективност на различни реално действащи инсталации за компостиране и термично третиране на био-отпадъци[№№51(Г7.8)].
- определяне на количествени стойности и изчисляване на екологичната ефективност на плазмено-газификационните методи за третиране на отпадъци [№№70(Г8.18)].
- изчисляване на екологичната ефективност на различни методи за третиране на опасни отпадъци, базирани на най-добрите налични техники и технологии[№№70(Г8.20), проекти–**Ръководител** проект с международно финансиране и национално съфинансиране на тема „Чисти технологии за устойчива околна среда-води, отпадъци и енергия за кръгова икономика“ за изграждане на Център за компетентност с партньор ЛТУ].

Основните научни и научно-приложни приноси са:

1. Установено е, че при направената оценка на екологичната ефективност на различни реалнодействащи инсталации за компостиране и термично третиране на био-отпадъци, базирана на международния стандарт ISO 14045:2012, екологичната ефективност зависи в различна степен, както от икономическата стойност, така и от въздействието върху околната среда, което технологията оказва. Резултатите от оценката потвърждават, че по-висока екологична ефективност имат методите, при които се оползотворява енергийния и суровинния потенциал на отпадъците.

2. Чрез количествени параметри е изчислена екологичната ефективност за различни термични методи за третиране на отпадъци, вкл. плазмено-газификационни, като е доказана тяхната екологосъобразност. Сред изследваните инсталации най-висока ефективност притежава инсталацията за получаване на електрическа енергия, следвана от инсталациите за производство на амоняк и дизел.

3. Установено е, че чрез изчисляване на екологичната ефективност могат да бъдат идентифицирани подходящите методи за третиране на опасни отпадъци, което е предпоставка не само за намаляване на въздействието на тази група отпадъци върху околната среда, но и за превръщането им в енергиен и суровинен ресурс.

4. Доказано е, че при рециклирането на отпадъци екологичната ефективност зависи в значителна степен от икономическата стойност на процеса (съответно количеството рециклирани отпадъци). Рециклирането, като част от кръговата икономика има своята финансова страна, но събирането и рециклирането на един тон рециклируеми материали е

много по-икономично от депонирането на един тон отпадъци. Установено е, че с нарастващите разходи за депониране, термичните методи ще станат по-екологично ефективни.

Методичен принос:

5. Предложена е единна система за детайлна, конкретна и надеждна оценка на екологичната ефективност чрез тринадесет групи индикатори, всяка от които включва различен брой специфични индикатори за опазване на околната среда, опазване на човешкото здраве и устойчиво развитие. Тази система може да се използва за оценка на инвестиционните предложения по отношение на въздействието им върху околната среда.

Съставил:



/доц. д-р инж. Е. Тодорова/