

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен *доктор* в професионално направление 4.2. *Химически науки*, научна специалност *Полимери и полимерни материали*

Автор: инж. Симона Мирославова Захова

Тема: Получаване на фосфорсъдържащи продукти с добавена стойност на основата на отпадъчен ПЕТ

Научен ръководител: **Доц. д-р инж. Виолета Митова**

Научен консултант: **Проф. дхн Кольо Троев**

Рецензент: **проф. д-р Николай Василев**, Институт по органична химия с център по фитохимия на БАН

Настоящата рецензия е изготвена въз основа на решение на Научното жури по процедурата за защита на дисертационния труд на Симона Мирославова Захова, определено със заповед на директора на Института по полимери, Българска академия на науките (ИП-БАН), № РД-09-178 от 19.12.2024 г.. Рецензията е в съответствие със Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на Закона за развитието на академичния състав в Република България, Правилника на БАН и Правилника, определен в Института на полимерите, Българска академия на науките, за прилагане на горепосочения закон.

1. Биографични данни за кандидата

Симона Мирославова Захова е завършила Химикотехнологичен и металургичен университет-София, където през 2012 г. придобива образователно-квалификационна степен бакалавър по специалност „органични химични технологии“, а през 2015 г. магистърска степен по специалност „полимерно инженерство“. В периода от 07.2011 г. до 02.2017 г. е работила в Си Ар Ви Глобал ООД като търговец на полимери, мастербачи и добавки. От 02.2017 г. тя заема длъжността менижър продажби в Импекстим ЕООД. През 2019 г. Симона Мирославова Захова е зачислена за редовна докторантура в Лаборатория „Фосфорсъдържащи мономери и полимери“ в ИП-БАН. Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Колоквиума на ИП-БАН състоял се на 13.12.2024 г.

2. Оценка на научните и изследователски постижения на кандидата

Представената справка на кандидатката показва, че напълно се покриват и дори превишават минималните критерии на Специфичните Правила за придобиване на научни

степени, определени в ИП-БАН, Приложение 1. По дисертационния труд са публикувани две публикации в Q1 и една от тези публикации вече е събрала 8 цитата. Моята проверка на цитатите показва, че вече се е появил още един цитат на тази публикация в списанието ACS Applied Polymer Materials (<https://doi.org/10.1021/acsapm.4c03337>). Затова по група показатели Г и Д има значително превишаване на изискуемите точки.

Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Представената от Симона Захова дисертация е в актуална и перспективна област от съвременната наука - разработване на методи за рециклиране на полимерни материали и по-специално химично разграждане на ПЕТ и повторна полимеризация в продукти с висока добавена стойност. Дисертацията е написана на 118 страници и включва традиционните раздели: увод, литературен обзор (47 страници), цел на дисертационната работа, експериментална част (10 страници), резултати и обсъждане (36 страници), изводи, приноси и използвана литература. Онагледена е със 10 схеми, 37 фигури и 8 таблици.

В дисертацията са използвани 306 литературни източници като преобладаващата част от тях са публикувани след 2000 г. Литературният обзор, както и дисертацията като цяло, е добре структуриран и представя задълбочен анализ на изследвания проблем. Обстойно са разгледани методите за синтез на ПЕТ, техните свойства и приложение като е фокусирано върху рециклирането на ПЕТ и различните солволизни методи на разграждане. В отделни глави са обсъдени ефективното използване на продуктите от гликолизата на ПЕТ и фосфорсъдържащите забавители на горене на полимери. След това са направени обстойни изводи от направения литературен обзор и е определена основната цел на дисертационния труд: получаване на фосфорсъдържащи продукти с добавена стойност на основата на отпадъчен ПЕТ. За постигането и са поставени следните задачи:

- 1) Синтезиране и охарактеризиране на ефективен катализатор за провеждане на гликолиза на ПЕТ.
- 2) Химично разграждане на отпадъчни бутилки чрез процес на гликолиза и определяне на оптимални условия за протичане на процеса.
- 3) Получаване и охарактеризиране на фосфорсъдържащи продукти на основата на получения продукт от гликолизата на ПЕТ.
- 4) Определяне на област на приложение на получените материали.

От литературния обзор може да се направи извода, че докторантът познава много добре съвременното състояние и тенденциите за развитие в разработваната област. Целта на дисертационната работа е ясно дефинирана, а набелязаните четири задачи са логични и добре обосновават и насочват изследванията за постигане на поставената цел. Опитната

част на дисертацията съдържа изчерпателна информация както за използваните разтворители, реактиви, материали и апаратура, така и за методиката за получаване на титанов(IV)фосфат катализатор, гликолизата на отпадъчен ПЕТ в присъствие на този катализатор, както и по-нататъшното им превръщане в фосфорсъдържащи олигомерни продукти.

Получените резултати са систематизирани и обсъдени в четири глави в раздел „Резултати и обсъждане“, като първата от тях разглежда синтеза и охарактеризирането на катализатора. Втората разглежда гликолизата на отпадъчен ПЕТ при конвенционално и MW нагряване. Третата дискутира получаването на фосфорсъдържащи продукти с добавена стойност на основата на отпадъчен ПЕТ, а четвъртата е посветена на определяне на термичната стабилност на получените фосфорилирани продукти.

Получените продукти са изследвани с ^1H , $^{31}\text{P}\{\text{H}\}$, ^{31}P и ^{13}C NMR спектри, термогравиметричен анализ (TGA), гелпроникваща хроматография (GPC), инфрачервена спектроскопия (FTIR), диференциално-сканираща колориметрия (DSC), ултравиолетова и видима спектроскопия (UV-vis), рентгеноструктурен анализ (XRD) и рентгенофлуоресцентен анализ. Отлично впечатление прави детайлно охарактеризиране на продуктите на всеки отделен етап от синтеза. Използвани са спектрални методи и за количествено определяне на структурата и съотношението на получените продукти като са сравнявани резултатите от различни спектрални методи: (Таблицы 6 и 7) NMR, GPC и UV. Получените резултати ясно показват, че грешките в измерванията са незначителни и в очакваните граници.

Изводите в заключителния раздел на дисертационния труд са прецизно формулирани, отразяват обстойно и изцяло произтичат от проведените изследвания и са добре подкрепени от експерименталните резултати.

Приносният характер на дисертационния труд може да се обобщи както следва:

1. За първи път TiP катализатор е използван за разграждане на ПЕТ, чрез процес на гликолиза при MW нагряване.
2. За първи път са получени продукти с добавена стойност при гликолиза на ПЕТ без да е необходима неговата допълнителна обработка, изолиране или пречистване.
3. За първи път е описан метод за повишаване стойността на продуктите, получени от гликолизата на отпадъчен ПЕТ чрез фосфорилиране с ДХФФК и ТМФ до получаване на нови материали с потенциално приложение като добавки забавящи горенето на полимери.

Част от описаните в дисертационния труд резултати са оформени в 2 статии, публикувани в престижните международни списания с висок импакт фактор: *Polymer degradation and stability* (2023, IF=5.9, Q1) и *Molecules* (2024, IF=4.2, Q1). За актуалността на разработената дисертация може да се съди и от факта, че и първата статия вече е цитирана 9 пъти от чуждестранни учени. По темата на дисертационния труд са представени четири доклада и три постерни съобщения на национални и международни конференции. Научното изследване „Гликолиза на отпадъчен PET при конвенционално и микровълново нагриване“ е отличено и като най-значимо научно-приложно постижение на ИП-БАН за 2023 г.

3. Авторефератът в обем от 40 страници отговаря на изискванията и представя добре същността на дисертационния труд. В него са включени всички значими резултати от преведените изследвания, направените на тяхна основа изводи и формулираните приноси.

4. Становища, бележки и препоръки

Не съм намерил грешки, неточности или пропуски в представения дисертационен труд и неговия автореферат. Единствената вероятно техническа грешка е използването на термина „фосфолиране“ вместо „фосфорилиране“. Нямам лични впечатления от докторантката и впечатленията са ми само от представените материали. Инж. Симона Захова е извършила значителна по обем експериментална работа, изложила е коректно получените резултати и ги е дискутирала компетентно. Усвоила е съвременни методи за синтез и анализ на сложни полимерни структури. Работата по дисертационния труд я характеризира като много добре подготвен млад специалист и изследовател. Следователно образователна цел на докторантурата без съмнение е успешно изпълнена.

5. Заключение

Въз основа на документацията, представена от кандидатката, на прегледаните и публикации и горната оценка, препоръчвам на Академичното жури да постанови положително решение за придобиване на научна степен доктор на инж. Симона Мирославова Захова.

Дата: 11.02.2025 г.

Рецензент:

(проф. д-р Н. Василев)