

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд на Инж. Симона Захова

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

за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ по научната специалност: Полимери и полимерни материали

от доц. д-р Филип Ублеков
Институт по полимери-БАН

1. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси на кандидата

Инж. Симона Захова е завършила Химикотехнологичния и металургичен университет в София през 2015 г., където придобива образователно-квалификационна степен „магистър“ в областта на полимерите. По време на своето следване, тя започва работа в Си Ар Ви Глобар ООД, като търговец на полимери, добавки и мастербачи. През 2017 г. заема длъжността Мениджър продажби в Импекстим ЕООД. Дейността на фирмата включва доставка, търговия и дистрибуция на полимери, еластомери, мастербачи, индустриални химикали и преди за текстилната промишленост. Инж. Симона Захова е зачислена за редовна докторантура считано от 01.01.2019 г. по научна специалност „Полимери и полимерни материали“ в научно направление „Полимери за алтернативна енергия и защита на околната среда“ в Институт по полимери-БАН с научен ръководител доц. д-р инж. Виолета Митова и научен консултант проф. дхн Кольо Троев. Инж. Симона Захова е представила всички необходими документи в съответствие с изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за неговото прилагане, и съответните Правилници на БАН и на ИП-БАН.

2. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Стремежът на съвременното общество към устойчиво развитие, опазване на околната среда и успешно управление на отпадъците поставя редица предизвикателства пред обществото. Целта на дисертационната работа е тясно свързана с рециклирането на най-произвежданият индустриален полимер - ПЕТ и последващата употреба на неговите разградни продукти в съответствие на приетите Европейски директиви. Дисертационната работа е написана на 118 страници и съдържа 37 фигури, 8 таблици и 10 схеми. Използвани са 306 литературни източника, голяма част от които в последните 10 години. Дисертацията се състои от 7 обособени раздела, а именно: *Литературен обзор*, *Експериментална част*, *Резултати и дискусия*, *Изводи*, *Приноси*, *Приложение* и *Използвана литература*. *Литературният обзор* е добре структуриран и дава много подробна и точна представа относно темата на дисертацията. Изключително подробно в *Литературния обзор* е разгледано значимостта от употребата на ПЕТ, както и стратегиите за управление на отпадаците от ПЕТ и възможните методи за неговото рециклиране и разграждане. Прегледът на литературата завършва с обобщени изводи, чрез които се извежда тезата, че процесът на гликолиза ефективно разгражда ПЕТ до БХЕТ и олигомери. Крайните продукти на разграждането могат да бъдат използвани за синтез на ПЕТ, както и за получаването на други полимери с висока добавена стойност. Най-често използваните катализатори при този процес притежават някои недостатъци – органичена активност и селективност, отрицателно въздействие върху околната среда и висока себестойност. На тази основа са формулирани две основни цели на дисертационния труд, а именно да се синтезира и охарактеризира ефективен катализатор за провеждане на гликолиза на ПЕТ и определяне на оптималните условия за протичане на процеса. Втората цел е свързана с получаването и охарактеризирането на фосфорсъдържащи съединения на основата на получени продукти от гликолизата на ПЕТ с потенциално приложение като огнезабавители. За решаването ѝ са набелязани 4 основни задачи, които са логични и обуславят разработването на устойчиви екологично съобразни материали и процеси в контекста на развитието на зелена икономика. В *Експерименталната част* системно и обстойно са представени използваните материали, получаването на

използваният катализатор от титанов (IV)фосфат, гликолизата на отпадъчен ПЕТ с и без присъствие на катализатор при конвенционално и микровълново нагриване, определяне на количеството БХЕТ в разградния продукт, както и взаимодействията на продуктите на разграждането на ПЕТ с ДХФФК и ТМФ. В раздел *Резултати и обсъждане* детайлно са охарактеризирани, чрез различни инструментални методи синтезираният титанов (IV)фосфат, получените мономери от гликолизата на ПЕТ, както и фосфорсъдържащите продукти на основа отпадъчен ПЕТ. Направено е сравнение и анализ на влиянието на реакционните условия при процеса на разграждане на ПЕТ при конвенционално и микровълново нагриване. Демонстрирано е, че използването на микровълново нагриване при гликолизата на ПЕТ доказано намалява времето за извършване на деполимеризацията. Установено е, че при използването на само 0.2 тг. % от синтезираният катализатор от титанов (IV) фосфат времето за разграждане е намалено 12 пъти в сравнение с това при конвенционалното нагриване и без използване на катализатор. В съответствие с концепцията за „зелена химия“, реакцията е извършена с минимално използване на разтворител при молно отношение ПЕТ:ЕГ = 1:2.77. Получените разградни продукти от БХЕТ са добре дефинирана смес от мономери, димери и тримери и други олигомери. Поставената втора цел на дисертационната работа е свързана с получаването и охарактеризирането на фосфорсъдържащи съединения на основата на получени продукти от гликолизата на ПЕТ е разгледана в последните две подточки на раздела. Изследвани са взаимодействията и възможните реакции на получената смес от гликолизата на ПЕТ с ДХФФК и ТМФ. Определена е структурата на получените олигомерни продукти. Направените термогравиметрични анализи на получените продукти показват наличието на овъглен остатък между 13 и 17 %, което потвърждава потенциалното им приложение като огнезабавители.

3. Съответствие между автореферата и дисертационния труд

Авторефератът съдържа необходимите раздели и напълно съответства на съдържанието на дисертационния труд по отношение на проведените изследвания, получените резултати и направените изводи.

4. Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд

Основните приноси на дисертацията имат научно-приложна насоченост и могат да се отнесат към разработването на по-перспективни и „зелени“ методи за разграждане на ПЕТ, чрез микровълново въздействие и присъствие на по-екологичен катализатор от титанов (IV)фосфат. Описани са методи за повишаване на стойността на получените разградни продукти от гликолизата на ПЕТ, чрез фосфолиране с ДХФФК и ТМФ.

5. Мнение за публикациите на дисертанта по темата на дисертацията

Резултатите от научните изследвания, включени в дисертационния труд на инж. Симона Захова са публикувани в две международни специализирани научни списания с висок импакт фактор (4.2 и 5.9), които попадат в Q1. По публикациите общо са забелязани 9 цитата съгласно Scopus (без автоцитати). Инж. Симона Захова е първи автор в двете публикации, което несъмнено потвърждава приносът му в експерименталната работа и оформянето на научните резултати. Резултатите от дисертацията са докладвани на 7 научни форума. Предложената разработка „Гликолиза на отпадъчен ПЕТ при конвенционално и микровълново нагряване“ е избрана за най-значимо научно-приложно постижение на ИП-БАН за 2023 г. Въз основа на изложеното дотук смятам, че в резултат на проведените изследвания докторантката инж. Симона Захова е придобила знания, умения и способност да тълкува коректно получените резултати, използвайки съвременни методи за синтез и анализ.

6. Критични бележки и коментари

Към дисертационния труд имам следните забележки и въпроси:

1. Литературният обзор е прекалено обширен и подробен. Той обхваща почти половината обем от дисертационния труд - 46 от общо 118 страници. Считам, че обемът на текста в този раздел може да се съкрати.
2. Прави неприятно впечатление използването на различни мерни единици физичната величина налягане. На места тя е отбелязана в atm., MPa или bar, което затруднява сравнението при реакционните условия на различните процеси.

3. В раздел *Резултати и обсъждане* на стр. 70 е направено заключение, че на база изчисления на мощността на използваните топлинни източници – магнитна бъркалка (600W) и микровълнов реактор (450W) се постигна икономия на енергия, която възлиза приблизително на 22%. Според мене това заключение е неправилно. Подобно твърдение би било валидно ако бъде направено на база реална консумирана електрическа енергия.
4. На страници 56 и 57 са изброени използваните апарати и методи. Апаратурата е описана доста кратко, както и съответните методи. Според мене това е основен недостатък на дисертационния труд.
5. На страница 16 е описано, че повечето производители на рециклирани ПЕТ материали работят при условия на сушене в интервала 140°C – 170°C. На страница 14 в подточка 3.1.2 *Водата като замърсител* е отбелязано, че подобни „замърсявания“ от влага трябва да бъдат под 0.02%. В раздел II *Експериментална част* на страница 48 е записано, че за нуждите на експеримента са подбрани флейки от ПЕТ с еднороден размер, които са сушени в продължениена 12 часа при температура 80°C. Въпроса ми е свързан дали тази условия са достатъчни за отстраняване на влагата. Правени ли са опити за определяне на остатъчната влага в използваните ПЕТ флейки? Ако се останови наличие на влага над допустимите стойности, как биха са променили получените резултати?

7. Заключение

В заключение, дисертационният труд на инж. Симона Захова напълно отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и на Правилника за неговото прилагане, както на съответния Правилник на БАН и е в съответствие с Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ИП-БАН. Затова давам своята положителна оценка на дисертационния труд и предлагам на членовете на уважаемото Научно жури да гласуват за присъждане на инж. Симона Захова на образователната и научна степен “доктор”.

12.02.2025 г.

Рецензент:.....

София

/доц. д-р Филип Ублеков/