

РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р Радостина Генова Калинова, Институт по полимери – БАН,
член на научно жури във връзка с откриване на процедура за защита на дисертация за
присъждане на образователната и научна степен „доктор“ в област на висше
образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално
направление 4.2 Химически науки, научна специалност Полимери и полимерни
материали

Автор на дисертационния труд: инж. Селин Ердинч Кючюк-Хюсеин

Тема: „Влакна с архитектура „сърцевина-обвивка“ от поли(етиленов оксид),
биоразградим алифатен полиестер и пчелен восък, получени чрез електроовлажняване“

Научни ръководители: доц. дн Диляна Панева и чл.-кор. проф. дхн Илия Рашков

Настоящата рецензия е изготвена на основание на Заповед на Директора на ИП-
БАН № РД-09-125 от 01.10.2025 г. и решение на заседанието на научното жури от
02.10.2025 г. Тя е съобразена с изискванията на Закона за развитие на академичния
състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за неговото прилагане
(ППЗРАСРБ), Правилника на БАН и Правилника на ИП-БАН по ЗРАСРБ.

Биографични данни за кандидата

Селин Ердинч Кючюк-Хюсеин е завършила Химикотехнологичен и
металургичен университет-София, където през 2021 г. придобива бакалавърска степен
по специалност „Технология на стъклото, керамиката и свързващите вещества“, а през
2023 г. се дипломира с образователно-квалификационна степен магистър инженер-
химик по специалност „Фин органичен синтез“. Постъпва като техник-химик в
Института по полимери, БАН през 2020 г., а през 2021 г. е назначена на длъжността
химик към същия институт. От 01.11.2023 г. Селин Кючюк-Хюсеин е зачислена като
докторант на самостоятелна подготовка в лаборатория „Биологично активни
полимери“, Научно направление „Полимерни биоматериали“ в Института по полимери
– БАН. Отчислена е с право на защита с Решение на Научния съвет на ИП-БАН от
04.09.2025 г.

Оценка за покриване на минималните изисквания съгласно Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Института по полимери, Българска академия на науките.

От представената справка се вижда, че докторантката не само изпълнява, но и значително надхвърля минималните изисквания за придобиване на научната и образователна степен „доктор” съгласно ЗРАСРБ, Правилниците за неговото приложение в РБ и БАН, както и Правилника на ИП-БАН (Приложение 1). По показател А, който носи 50 точки, докторантката е изпълнила изискването и е представила дисертационен труд. По показател Г, кандидатката е представила 5 публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни (Web of Science и Scopus), от които тя събира 110, при минимално изисквани 30 точки. Общият брой точки по показател Д, който не е задължителен за присъждането тази образователна степен е 42 т., съответстващи на 21 цитата на нейните публикации в научната литература.

Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Дисертационната работа е написана на 148 страници и включва 9 раздела: увод, обзор на състоянието на проблема (26 страници), цел и задачи на дисертационната работа, резултати и обсъждане (88 страници), опитна част (12 страници), изводи, приноси, списък на научните трудове и научните съобщения и използвана литература. Онагледена е с 3 схеми, 70 фигури и 9 таблици. Използвани са 123 литературни източници, преобладаващата част от които са публикувани след 2010 г.

Дисертационният труд започва с кратък увод, последван от обзор на състоянието на проблема, в който подробно са разгледани видовете устройства за получаване на влакна със сложна архитектура, както и разнообразието от системи, използвани при овлажняване с еднокapiлярна дюза. Представени са основните методи за физикохимично и механично охарактеризиране на влакнестите материали, а също така факторите, влияещи върху тяхната морфология. В последната част от литературния обзор са разгледани биосъвместимите и/или биоразградимите полимери – полиетиленов оксид, поли(L-лактид), поли(ε-капролактон), полибутиленсукцинат, полихидроксibuтират, поли(D,L-лактид-съ-гликолид), поли(L-лактид-съ-D,L-лактид), като се акцентира на свойствата, свързани с приложенията им в медицината и фармацевтиката. Специално внимание е отделено на пчелния восък, неговите свойства и

получаването на електроовлаknени материали, съдържащи пчелен восък. Обзорът е написан стегнато и отразява съвременното състояние в областта на изследванията, разработвани в дисертационния труд.

Целта на дисертационната работа е ясно и прецизно дефинирана, а за успешното ѝ осъществяване са формулирани 4 основни задачи.

Резултатите от изследванията са систематизирани, анализирани и обсъдени в четири глави, включени в раздела „Резултати и обсъждане“, като първата от тях разглежда получаването на композитни влакнести материали на основата на полиетиленов оксид (PEO) и пчелен восък (BW) чрез електроовлаknяване на хомогенни разтвори на двата компонента в хлороформ. Получаването на влакна с архитектура „сърцевина-обвивка“ е доказано чрез контактен ъгъл на омокряне, рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS), трансмисионна електронна микроскопия (TEM) и селективна екстракция на PEO и BW (съответно във вода и хексан). Показано е, че моделното лекарствено вещество 5-нитро-8-хидроксихиолин (NQ) може да бъде включено във влакнестите материали, благодарение на разтворимостта си в хлороформ, общ и за трите компонента на сместа разтворител. Представените във втора глава резултати са надграждане на разработваната система чрез включване, в пределиния разтвор от PEO и BW на биосъвместимия и биоразградим поли(L-лактид) (PLA). С TEM анализи е установено, че архитектурата на влакната е „сърцевина-двойна обвивка“, а с помощта на XPS анализи и провеждане на избирателно екстрахиране на PEO и BW е показано, че сърцевината на влакната е изградена от PEO, вътрешната обвивка е изградена от PLA и външната от BW. Потвърждава се и концепцията, че чрез едноетапно електроовлаknяване в матовете от PEO/PLA/BW може да бъде включено и моделно лекарствено вещество. Третата глава се фокусира върху доказване на валидността на предложения метод за получаване на влакна с архитектура тип „сърцевина–двойна обвивка“ чрез заместване на полилактида (PLA) с други биоразградими алифатни полиестери, като поли(ε-капролактон) (PCL), поли(лактид-съ-гликолид) (PLGA), поли(бутиленсукцинат) (PBS) и поли(3-хидроксибутират) (PHB). Показано е, че електроовлаknяването на хомогенни разтвори на системата PEO/полиестер/BW води до формиране на такива влакна. Изследвано е и влиянието на отношението на молната маса на полиестера и PEO върху състава на сърцевината и вътрешната обвивка на влакната. Доказано е, че при по-ниска молна маса на полиестера се получават ясно разграничени слоеве – сърцевина от PEO, вътрешна обвивка от

полиестер и външна от BW. При по-висока молекулна маса се наблюдава частично смесване на компонентите. За първи път е приложено последователно селективно екстрахиране на обвивките с хексан и тетраhydroфуран. Установено е, че механичните свойства на влакната зависят от вида на полиестера. Чрез използването на хидрофилнен ZnO и хидрофобен ZnO(Si) е демонстрирана възможността за насочено отлагане на вещества съответно в сърцевината или в обвивките. В матовете от PEO/BW, PEO/PCL/BW и PEO/PLA/BW отново е включен и NQ, а проследяването на профила на освобождаване разкрива, че в началните етапи освобождаването му зависи от архитектурата на влакната и природата на полиестера. Глава 4 е посветена на изследване на антибактериалната, противогъбична и противоракова активност на влакнестите материали от PEO/BW, PEO/PLA/BW и PEO/PCL/BW, съдържащи NQ и 5-хлоро-7-йодо-8-хидроксихинолин (CQ). Показано е, че NQ-съдържащите влакна, независимо от тяхната структура, проявяват антибактериална, противогъбична, а матовете от PEO/BW/ NQ и селективна противоракова активност, което ги прави потенциално приложими при лечение на рани и в онкотерапия. По отношение на приложение в биоземеделieto за първи път е установено, че NQ- и CQ-съдържащите влакна проявяват антимикробна активност както срещу фитопатогени, така и срещу полезни микроорганизми.

Опитната част на дисертационния труд, обхващаща 12 страници, предоставя подробна информация за използваните разтворители, реактиви и материали, както и за биологичните тестове и методите, приложени за физикохимичното охарактеризиране на получените влакнести материали.

Направените изводи в края на дисертационния труд са прецизно формулирани и напълно съответстват на получените резултати.

Авторефератът отразява коректно и изчерпателно съдържанието на дисертационния труд. В него са включени резултатите от проведените изследвания, направените на тяхна основа изводи и формулираните приноси.

Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд

Основните приноси на дисертационния труд имат фундаментално-научен характер, но същевременно притежават и потенциална научно-приложна значимост, която може да бъде използвана в бъдещи изследвания и последващо практическо приложение. Оригиначните научни приноси на дисертацията бих обобщила по следния начин:

- За пръв път е разработен и експериментално потвърден подход за получаване на влакна с архитектура „сърцевина–обвивка“ и „сърцевина–двойна обвивка“ чрез електроовлажняване на хомогенни разтвори, без използване на коаксиално устройство.
- Универсалността на предложения нов подход за получаване на влакна с архитектура „сърцевина–двойна обвивка“ е демонстрирана за широк кръг биоразградими и биосъвместими полимери.
- Установена е връзката между молната маса на компонентите и морфологията на влакната. Доказано е, че съставът на външната обвивка на влакната „сърцевина–двойна обвивка“ не зависи от отношението на молните маси на полимерите, докато съставът на сърцевината и вътрешната обвивка зависи от това отношение.
- Чрез използване на различни методи за анализ (SEM, TEM, XPS) и системен метод за селективна екстракция на отделните компоненти е доказана структурата на получените влакна.
- Доказано е, че новите влакнести материали могат да служат като носители на биологично активни вещества (NQ, CQ). Проведеният *in vitro* скрининг показва техния потенциал за приложение в медицината и в биоземеделieto.
- Показано е, че хидрофилни и хидрофобни биологично активни вещества могат да бъдат насочено отложени в процеса на електроовлажняване.

Мнение за публикациите на докторанта по темата на дисертационния труд

Резултатите от дисертационния труд са публикувани в 5 научни статии в реномирани международни издания: *Macromolecular Bioscience* (IF2022=4.6, Q1), *Polymers* (IF2022=5.0, Q1), *Journal of Applied Polymer Science* (IF2024=2.8, Q2), *Materials* (IF2023=3.1, IF2024=3.2, Q1) – 2 публикации. Във всичките публикации докторантката е първи автор. Добър атестат за актуалността на тематиката, както и за качеството на получените резултати са и забелязаните в базите данни *Web of Science* и *Scopus* общо 21 цитата на всичките 5 публикации, излезли от печат през 2022, 2023 и 2024 г. По темата на дисертационния труд са представени три доклада и две постерни съобщения на национални и международни конференции. При участията си Селин Кючюк-Хюсеин е отличена с награда за най-добър доклад на Тринадесетата постерна сесия “Младите учени в света на полимерите”, организирана от Института по полимери – БАН (2022 г.)

и награда на БАН „Академик Иван Евстратиев Гешов“ за най-млади учени до 30 г., 2023 г.

Критични бележки и коментари

Към дисертационния труд имам няколко забележки, които не засягат същността и достоверността на научните резултати, а се отнасят до отделни стилистични и технически неточности в текста.

1. Четенето на частта „Обзор на състоянието на проблема“ е леко затруднено поради:
 - наличие на несъответствие между номерацията на фигурите в основния текст и тази в подфигурните текстове;
 - обозначаване по два различни начина на цитираната литература – чрез цифри и имена на авторите, а на други места – само чрез имена;
 - използването едновременно на български и английски варианти на едни и същи термини, като например:
 - стр. 12 – „хомогенни blend разтвори“ и „хомогенни смесени разтвори“;
 - стр. 13 – „разлика в solubility parameter“ и „параметър на разтворимост“;
 - стр. 13 – „core-sheath structures“, докато в останалата част на дисертацията е използван терминът „структури тип сърцевина-обвивка“.
2. Отново в обзора, след точка 3.4, е допусната техническа грешка в номерацията – следващият подраздел е обозначен като 1.4, вместо 3.5.
3. Обзорът завършва с изводи от въведението, такава точка (Въведение) обаче липсва.

Към докторантката имам и следните въпроси:

1. Провеждани ли са XPS анализи, за да се определи състава на повърхността на влакната след всеки етап от селективната екстракция на отделните компоненти на някоя от изследваните архитектури?
2. Извършвана ли е количествена (тегловна) и качествена оценка (чрез ИЧ и ЯМР спектроскопия) на сухия остатък след изпаряване на хексана или водата при селективната екстракция?
3. Как се обяснява селективността на матовете от PEO/BW/NQ към ракови клетки, ако самият 5-нитро-8-хидроксихинолин (NQ) проявява селективност към тези клетки? Ако се наблюдава допълнителен ефект на матовете, на какво се дължи той?

Заклучение

Въз основа на всичко изложено може да се направи извод, че дисертационният труд на Селин Ердинч Кючюк-Хюсеин представлява сериозно, задълбочено и самостоятелно научно изследване. Докторантката демонстрира отлична теоретична подготовка, умения за провеждане на експериментални изследвания и способност за критичен анализ и интерпретация на получените резултати. В процеса на разработване на дисертационния труд докторантката успешно е овладяла и приложила метода на електроовлажняване на полимерни разтвори за получаване на микро- и нановлакнести материали с контролирана морфология и структура. За охарактеризиране на синтезираните материали е използвала широк набор от съвременни аналитични методи. Прилагането на тези методи е позволило задълбочено изследване на физикохимичните свойства, морфологията и термичната стабилност на получените влакнести материали.

Представеният от Селин Ердинч Кючюк-Хюсеин дисертационен труд и материалите към него напълно отговарят на изискванията за присъждане на образователната и научната степен „доктор” съгласно Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за неговото прилагане, както и на Правилника на БАН и на ИП-БАН. Всичко това, както и мои лични впечатления, ми дават основание убедено да дам своята **положителна оценка** и да препоръчам на уважаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор” на Селин Ердинч Кючюк-Хюсеин по професионално направление 4.2. Химически науки: специалност „Полимери и полимерни материали“.

Дата: 13/11/2025

Член на научното жури:

/ доц. д-р Радостина Калинова /