

## РЕЦЕНЗИЯ

### върху дисертационен труд за придобиване на ОНС доктор

Автор на дисертационния труд: Яна Йорданова Мерсинкова, редовен докторант по научна специалност "Технология за пречистване на водите", Професионално направление 5.10. "Химични технологии" към катедра Химични технологии на Технически факултет в Бургаски университет „Проф. д-р Асен Златаров“.

Тема на дисертационния труд: ФАКТОРИ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ ПОВЕДЕНИЕТО НА БИО-ЕЛЕКТРОХИМИЧНИ СИСТЕМИ

Рецензент: доц. д-р Богдан Стоянов Бонев, пенсионер- външен член, на Научно жури, назначено със Заповед № УД-36/ 28.02.2022 г. на Ректора на Бургаски университет „Проф. д-р Асен Златаров“.

Настоящата рецензия е структурирана съобразно *Общите правила и образци за оформяне на рецензии и становища при защита на дисертации и присъждане на научни длъжности.*

Яна Йорданова Мерсинкова е родена на 17.11.1983 г. Завършила е Нов български университет като бакалавър по „Екология и опазване на околната среда“ през 2006 г., а след това през 2010г. – 2014г. Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас като магистър инженер по „Технология на водата“.

От 2017 до 2020 г. е редовен докторант в Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас по Докторска програма „Технология за пречистване на водите“, от професионално направление 5.10. „Химични технологии“.

През този период работи като изследовател в Научноизследователски институт /поделение/ гр.Бургас, бул. проф. Якимов 1 бл.1.

Представеният ми за рецензия дисертационен труд на Яна Йорданова Мерсинкова съдържа 105 страници. Въведение (3 стр.), Литературен обзор (28 стр., с 5 глави), Заключение от литературния обзор (2стр.), Цел и задачи (1 стр.), Материали и методи (8 стр., с 7 подглави), Резултати и обсъждания (28 стр., с 5 подглави), Изводи (2 стр.), Приноси (1 стр.) и Цитирана литература (17 страници с общо 165 източника). Дисертационният труд е илюстриран с 24 фигури и графики и съдържа 3 таблици.

**Актуалността на темата е добре очертана и обоснована във въведението на дисертацията и литературния обзор.**

**Разработваният в дисертационния труд проблем е актуален в научно и научно-приложно отношение поради факта, че тук обект на изследване**

са био-електрохимични реактори, в които химичната енергия на органичните вещества се превръща в електрическа благодарение на специфичната активност на определени групи микроорганизми.

В този аспект микробиологичните горивни клетки са интересни за опазването на околната среда. Като инструмент на екологичната биотехнология, микробиологичните горивни клетки предлагат много възможности за обработка на водни разтвори на различни типове замърсители, както и чрез други типове био-електрохимични системи, сродни на микробиологичните горивни клетки. На това ниво на развитие на микробиологичните горивни клетки за опазването на околната среда, най-реалистично изглежда евентуалното им приложение като алтернативен процес за анаеробна стабилизация на активни утайки.

Това налага по-задълбоченото проучване на тяхната работа при различни условия, включително култивационни. Един от основните проблеми, който трябва да се преодолее при реалното приложение на разглежданите клетки, е свързан с невъзможността да се извърши адекватно мащабиране на устройствата от лабораторен към пилотен и промишлен образец, поради спецификата на тяхната био- и електрохимия.

Нямам съмнение че докторантката е навлязла много добре в проблематиката. В цитираните от нея 165 литературни източника е направен опит да се събере информацията по темата за период от 30 години от 1990 година до настоящия момент.

**Установено е, че** понастоящем, в резултат на многобройни и разнообразни по характер изследвания, е натрупан сериозен обем информация за работата на микробиологичните клетки. Цялата тази информация предоставя различни възможности за нейното изложение, анализиране и осмисляне и е реално предизвикателство пред всеки изследовател. Смея да твърдя, че докторантката Яна Йорданова Мерсинкова успешно се е справила с това предизвикателство като **творчески е осмислила съществуващите научни данни и проблеми описани в достъпната за нея литература**, които е съумяла да представи кратко и ясно в 5-те подглави на обзора. В много добре подредено и достатъчно лаконично за целта на дисертацията заключение на обзора са посочени направленията по които се работи в момента по развитието на биоелектрохимичните системи, а именно установяване на взаимоотношенията микроби-електрод като основна част на всеобщото усилие за увеличаване на производителността на биоелектрохимичните системи. Стремежът е към повишаване на основните показатели на биоелектрохимичните системи- плътност на тока и плътност на мощността, които са функция на произведения ток и на свободната анодна повърхност.

Представен е опитът тази технология да се превърне в достъпен метод за третиране на отпадъчни води, като едновременно с това се продуцира

устойчиво електричество. За да се постигне това се разчита на нови материали и проектиране на нови електроди, които да имат способността да подобрят взаимодействието между електрогенния биофилм и електрода за да се изведат по-ефективно електроните от вътрешния метаболизъм на бактериите.

Изследователската работа за нови електрически мощности винаги е била една от най-привлекателните цели. Подобряването на производителността на МБК може да направи биоелектрохимичните системи реално приложима технология.

В заключение мога да обобщя, че в обзора си от описаната достъпната за нея литература докторантката е установила следните направления по които се работи:

- Приложение на МГК в екологичните биотехнологии за съвместно пречистване на отпадъчни потоци и продуциране на електроенергия;
- Подобряване на конструкцията на БЕС на базата на знанията за биологичните и химичните процеси в тях, с цел успешното им мащабиране и преминаване от лабораторни към полупромишлени и до промишлени размери;
- Ключов фактор за работата и ефективността на МГК е състоянието и поведението на електрохимично активния аноден биофилм;
- Цялостното поведение на био-електрохимичните реактори е резултат от комбинираното въздействие на различни фактори върху тяхната биология и електрохимия.

На базата на синтезирано описаните в обзора разработки и техните резултати докторантката откроява основен проблем към който да насочи своята работа:

- За приложението на МГК в практиката за пречистване на отпадъчните води, изследванията трябва да се насочат към изясняване на някои зависимости между поведението на био-електрохимичните реактори и биологичните и електрохимичните условия в тях, към което ни насочва още със заглавието на работата си.

Методиката за изследване произтича от поставената цел, респективно задачи и съответства на тях. Начинът по който тя процедира, намирам за много логичен и последователен и в резултат на това – ползотворен по отношение на получените чисто практически резултати. Много е важно, че е на лице цялата верига- от проучването, през анализа на наличната информация и съответните изводи от нея, до реализацията на формулираните задачи.

Следователно от методическа гледна точка докторантката е показала необходимата научна култура и умения.

**Представянето на проведените експерименти е много убедително.**

Като източник на електрогенни микроорганизми е използвана седиментна проба от защитената местност „Пода“, намираща се на оттока на езерото „Узунгерен“, южно от гр. Бургас. От седимента са изолирани чисти култури по методика описана в дисертацията в точка Методи.

Изолирана е геномна бактериална ДНК по силикагел-колонен метод. За секвениране на получените амплификационни продукти, пробите са изследвани в Холандската компания Macrogen, специализирана в извършването на услуги, свързани с анализа на ДНК проби.

**Методите**, подбрани за изпълнението на дисертационния труд, са научно-обосновани, стандартни а единият от тях –определяне на ДНК е авангарден и без съмнение позволяват получаването и публикуването на коректни научни резултати, които **позволяват да се отговори на поставената в дисертационния труд цел и произтичащите от нея 5 задачи.**

За идентифициране на електрогенните микроорганизми заложи в анодния биофилм, са изолирани 5 проби от микробната асоциация в изследваната седиментна проба от защитената местност „Пода“. Отчетената в дисертацията стойност на плътността на мощността на МГК с тези изолати, която съвпада с най-високите докладваните в литературата стойности показва, че в микробната асоциация към която се е насочила докторантката има електрохимично активни микроорганизми и че тя много добре се е справила, като е изпълнила методиката за изолирането и размножаването им.

Определена е таксономичната принадлежност на наличните в изолата електрохимично активни микроорганизми, които са използвани в анодните биофилми на МГК.

Получените амплификационни продукти са пречистени и частично секвенирани с два вътрешни праймери четящи веригата в двете посоки. С помощта на биоинформатични методи и софтуер от суровата секвенционна информация са получени крайни секвенции с дължина от порядъка на 650 базови двойки. Секвенционните данни са използвани за сравнителен анализ с базите данни от водещи центрове за биоинформатична информация.

**Получените оригинални и достоверни резултати са с приносен характер и очевидно са личен труд на докторантката Яна Мерсинкова**

Много добро впечатление прави раздела в който са представени резултатите от изследването на влиянието на съпротивлението на електрическата верига между анода и катода. Прилагайки по-ниско съпротивление във външната верига, се очакват пропорционално по-високи плътности на тока. Отсъствието на този ефект правилно е обяснен

със съдържанието на органични киселини, които показват преход от ферментация към клетъчно безкислородно дишане при наличие на подходящи електрохимични условия на анода. При много ниско външно съпротивление МГК се характеризира с ниска потенциална разлика и нисък аноден афинитет по отношение на електроните поради липса на поляризация в системата и липсата на електродвижещата сила. При високи стойности на външното съпротивление се създава висока потенциална разлика и поляризация в МГК, но транспортът на електрони през високото съпротивление е значително затруднен. И в двата случая анодният биофилм не може да изнася ефективно генерираните в него електрони към анода и биохимичните механизми на клетъчното дишане не могат ефективно да участват за утилизация на субстратите, което принуждава клетката да ги ферментира.

Сравнена е ефективността на МГК по отношение на пречистването на отпадъчни води с органични замърсители с висока концентрация чрез конвенционална метанизация и чрез био-електрохимични процеси. Като обект на изследването е използвана реална отпадъчна вода. На база на получените данни е направена оценка на технологичната ефективност на МГК и степента на получаване на електроенергия от наличната отпадъчна органика.

**Научните и научно-приложните приноси на докторантката са оформени в 7 точки:**

1. За пръв път е направена характеристика на водни и седиментни проби от Защитена местност „Пода“ разположена на излива на езерото „Узунгерен“, южно от град Бургас в контекста на необходимите условията за присъствие на микроорганизми със специфична метаболитна активност (безкислородно дишане) в тази екологична ниша.
2. Създадена е микробна колекция от пет електрохимично активни актериални вида.
3. Получени са оригинални секвенции на 16s rРНК гени от петте микробни изолата, които са депозираны в международни биотехнологични бази данни.
4. Установена е таксономичната принадлежност на електрохимично активните бактерии от микробната колекция.
5. Чрез оригинален експериментално-функционален подход е доказана възможността за въздействие върху метаболитното поведение на анодната култура чрез стойностите на съпротивлението във външната верига.
6. Разработен е оригинален и ефективен подход за микробна анодна имобилизация чрез комбиниране и модификация на два стандартни метода.

7. Проведен е успешен опит за третиране и пречистване на реални отпадъчни води от индустрията чрез МГК и са изведени някои основни технологични характеристики на процеса.

и се отнасят на първо място към категорията **получаване и доказване на нови факти**, което прави работата изключително ценна.

**Представените публикации във връзка с дисертацията са четири и са от 2020 г. от 2021 г. и 2022 г.** Две от тях са в списания с импакт фактор. Във всички публикации докторантката е водещ автор. Получените експериментални резултати са докладвани на седем конференции.

Тази публикационна дейност е достатъчна съгласно критериите в Бургаски университет „Проф. д-р Асен Златаров“, по направление 5.10, Химични технологии.

**Авторефератът е изготвен съгласно изискванията и точно отразява основните положения и научните приноси на дисертационния труд.**

**Към докторантката имам следния въпрос и препоръка за бъдещата ѝ работа:**

- При разработване на третата задача в дисертацията е отчетена плътност на мощността на МГК- 3,6 W.m<sup>-2</sup>, която съвпада с докладваните в литературата най-високи стойности. Този показател е функция от вътрешното съпротивление на МГК, от съпротивлението на външната верига и от електрическия потенциал на анодния филм. Измервано ли е вътрешното съпротивление на МГК по време на експериментите и правен ли е опит за намаляването му, защото това би могло да увеличи тока в затворената верига респективно плътността на мощността.
- Предлагам продължаване на експериментите за проучване на възможностите на МГК за разграждане на нефтопродукти с малка концентрация на ниво лабораторни и пилотни експерименти, защото при мащабиране на МГК, резултатите не са същите поради спецификата на тяхната био и електрохимия.

**Всички представени документи, както и самата дисертация са изготвени и оформени изключително прецизно, коректно и отговорно.**

**В заключение** бих искал да отбележа, че представеният дисертационен труд заедно с публикациите на докторантката Яна Мерсинкова напълно отговаря на критериите в Бургаски университет „Проф. д-р Асен Златаров“, по направление 5.10, Химични технологии. Целият труд е написан много интелигентно като се основава на подходящи методи, предопределящи достоверността на получените оригинални резултати, които са с приносен характер.

Поради това давам положителна оценка и считам, че представеният ми за рецензия труд трябва да бъде допуснат до защита и препоръчвам на членовете на уважаемото Научно жури да го оценят по достойнство като присъдят на докторантката Яна Мерсинкова образователната и научна степен *доктор* по научна специалност „Технология за пречистване на водите“, професионално направление: 5.10 Химични технологии, научна област: 5 Технически науки.

Бургас, 02.04.2022 г.

Подпис заличен  
Чл.2 от ЗЗЛД  
Подпис: \_\_\_\_\_  
(доц. д-р Богдан. Стоянов. Бонев)