

## РЕЦЕНЗИЯ



върху дисертационен труд, представен пред научно жури, сформирано със заповед № УД 98 от 06.04.2017г. на Ректора на Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ Бургас за придобиване на образователната и научна степен “Доктор” по *Научна специалност 02.22.02 „Технологии за пречистване на водите”, Професионално направление – 5.10 „Химични технологии“*.

**Тема на дисертационният труд:** ПРЕЧИСТВАНЕ НА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ ЧРЕЗ МИКРОБИОЛОГИЧНИ ГОРИВНИ КЛЕТКИ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА АЛТЕРНАТИВНИ КАТОДНИ ПРОЦЕСИ

**Автор на дисертационния труд:** инж. Ралица Юлианова Колева

**Научен ръководител:** Проф. д-р Валентин Ненов

**Рецензент:** доц. д-р Хюсеин Йеменджиев

### **1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение**

В последните години екологичните биотехнологии се превърнаха в основен инструмент за опазване и възстановяване на околната среда. Този подход измина дълъг път, започвайки от стимулирано „самопречистване“ на битови отпадъчни води, до приложението на пълноформатни биотехнологии в днешно време. Нуждата от устойчиви решения при елиминирането на различни типове замърсители, включително и във води, определи избора на микробната деградация като основна перспектива за обратното им включване в природния кръговрат на веществата. Настоящото ниво на развитие на технологиите правят възможно създаването на подходи и технологии, чиито цели стигат далеч отвъд това, което сме си помисляли само до преди десетилетие, включително и

осъществяването на процеси с микроорганизми със специално „конструирани“ за целта хибридни геноми. Всичко това е резултат не от самоцелен научен интерес, а по-скоро адекватен отговор на предизвикателствата, пред които ни изправят кризите на съвременния свят.

В последните години сме свидетели на развитието на нови концепции, които предлагат различен поглед върху замърсяващите потоци - не само като проблем, но и като ресурс, който може да бъде оползотворен. В този аспект пионерни бяха, добилите вече широка популярност, схеми за третиране на отпадъчни води и утайки с последваща метанизация и получаването на енергия от органичната материя.

Рециклирането и повторното използване на отпадъчни ресурси беше заложено като приоритет в редица национални и международни стратегии. В контекста на европейските политики за устойчив икономически растеж и развитие на конкурентоспособността, преходът към т.нар. „Кръгова икономика“ беше посочен като основен приоритет и в края на 2015 година *Европейската комисия* прие „Пакет от мерки за кръгова икономика“, в който рециклирането на отпадъчни потоци и употребата им като суровини е посочено като важен технологичен инструмент за осъществяване на този преход.

В този смисъл и на фона на изострящия се дефицит на редица ресурси, които биха могли да бъдат възстановявани от отпадъчни води, биоелектрохимичните системи, и в частност микробиологичните горивни клетки (МГК), предоставят редица възможности, които са обект на изследване в предложената ми за рецензия работа. Основният акцент на разработката е поставен върху приложението на МГК в третирането на отпадъчни води и възможността за пълна минерализация на органика без нуждата от принудителна аерация. Това, заедно с частичната конверсия на химичната енергия на субстратите в електрическа, би било значително подобряване на енергийната ефективност, и в крайна сметка на цената, на пречистването на отпадъчни води. Освен това, едновременната възможност за осъществяване на алтернативни катодни процеси превръща тази технология в биотехнологичен инструмент с различни приложения, включващи (но не ограничаващи се до) редуцията на метални йони във водни разтвори, мобилизацията на фосфати от неразтворими съединения, конверсията на биомаса до водород и др.

## **2. Степен на познаване на литературния материал и състоянието на проблема**

Състоянието на проблема е добре отразено в литературния обзор, който започва с дефиниране и кратка класификация на основните видове био-електрохимични системи в контекста на поставените в дисертацията изследователски акценти. Разгледани са процесите и теоретичната база, която е необходима за въвеждане на читателя в експерименталната част на ръкописа. Текстът увелича със своята задълбоченост, критичност и обхватна литературна справка включваща 286 източника, доминирани от научни публикации от последните 10 години. Специално внимание е обърнато на факторите, оказващи влияние на поведението на МГК като те са групирани според своята природа на физико-химични, биологични и работни/операционни фактори.

Логично, тази част от дисертационния труд завършва със заключение, което адресира проблематиката към конкретните цели и задачи на докторската разработката.

## **3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи**

Детайлът в описанието на процедурите, както и цитираните оригинални източници обезпечават повторемостта на експериментите и достоверността на резултатите.

Предвид интердисциплинарния характер на изследванията, свързани с био-електрохимичните системи, не е учудващо разнообразието от приложени методи. Представените техники изискват експертиза от различни области на аналитичната практика и науката, вкл. микробиология, биохимия, молекулярна биология, материалознание, електрохимия и физикохимията.

## **4. Резултати, изводи и приноси на дисертационния труд**

Резултатите и техният коментар са групирани в пет точки, съответстващи на формулировката на задачите в глава „Цел и задачи“. Всички резултати носят оригинален характер и имат принос към изясняването на биологичните и електрохимични основи на процесите в

МГК, както и към демонстрирането на потенциала на тази технология при третиране на води и утайки.

Експерименталната част от работата започва с изолиране и идентификация на бактериални щамове с потенциално електрогенни свойства. Като източник на микроорганизми е използвана седиментна проба от дъното на язовир „Ясна поляна“. Приложени са класически култивационни техники за изолиране на чисти култури след набогатяване върху богати хранителни среди в анаеробни условия. За таксономичното характеризирание на доминиращите в седимента щамове е приложен методът, базиран на сравнителния анализ на първичната структура на 16s рибозомалния ген, който в последните 10 години придоби статут на незаменим инструмент при подобен тип изследвания, поради високата си специфичност и дискриминативност.

В следващия етап от работа е проследена динамиката на процесите, осъществявани в анодната камера на МГК като тази динамика е характеризирана от гледна точка на електрохимичните, биологични и биохимични показатели на системата биофилм/анод. Интересни и нови са данните за профилирането на микробната популация в хода на процеса, което е свързано и с трансформация на наблюдаваните механизми на електронен пренос между микроорганизмите и анода. Като общ ефект върху системата тази динамика се отразява и върху анодните токове и скоростта на разграждане на субстратите. Последната има директно отношение към пречистването на отпадъчни потоци и с тази цел са проведени експерименти по утилизация на моделни води с различен органичен товар. В края на тази част от дисертационната разработка е направено интересно сравнение между МГК и конвенционалните аеробни и анаеробни биологични процеси за пречистване на води, по отношение на скорост за редукция на ХПК, икономическа ефективност, и възможността за възстановяване на енергия и други ресурси при осъществяване на процесите.

В следващите три точки от „Резултати и обсъждане“ са представени възможности за приложение и включване на катодните процеси в решаването на различни практически проблеми, свързани с обработката на води и утайки. По-конкретно са разгледани: 1) мобилизацията на фосфати от железните им соли, характерни за излишните активни утайки при схемите с коагулационна обработка на отпадъчните води; 2)

отстраняването на медни йони от води чрез био-електрохимична катодна редукция и 3) безреагентно неутрализиране на свободни радикали в катодната камера на МГК.

При изпълнението на тази част от експерименталната работа, отново прави впечатление задълбочения електрохимичен анализ на наблюдаваните процеси. Благодарение на това са установени някои особености в динамиката и кинетиката на редукционните процеси и тяхната обратимост в рамките на периодичните био-електрохимични процеси. Изказани са адекватни хипотези за обяснение на наблюдаваните феномени, които са подкрепени с аналитичен материал и резултати.

Основните резултати, получени при разработването на дисертационния труд са адекватно заложени във формулираните осем извода и шест приноса с приложен и научен характер.

#### **5. Преценка на публикациите по дисертационния труд и разпространение на резултатите**

Във връзка с дисертационния труд са представени четири публикации в реферирани научни списания, като една е с импакт фактор, а две в българска научна периодика. Три от публикациите представят оригинални резултати, свързани с дисертационния труд, а четвъртата („Въздушни катоди с електропроводими слоеве“) има отношение към развитието на методологията, използвана от докторанта. Трябва да се отбележи, че статията „*MFC as a Free Radical Scavenging Tool*“ е публикувана, в издаваното от Taylor&Francis списание - *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, в качеството на препоръчан за публикуване от редактора материал.

Научната продукция като количество и качество отговаря на формалните изисквания, залегнали в свързаните нормативни документи и правилници.

Освен журналните публикации, резултати от дисертационния труд са представени и под формата на доклади на шест научни конференции, четири, от които с международно участие. Приложеният автореферат е оформен в приетия стил и адекватно резюмира основните концепции, методология и резултати на дисертационния труд, както и предоставя систематизирана информация, относно допълнителната активност на докторанта по време на обучението му.

## 6. Мнения, препоръки и бележки

Дисертационният труд е конструиран върху голям обем от оригинални експериментални данни, получени чрез съвременни и обективни методи на изследване. Интерпретацията на тези данни се отличава с аналитичност и добро познаване на състоянието на проблема. Основната теза е построена в логична последователност от експерименти, чийто дизайн е адекватен на поставените цели.

В качеството ми на вътрешен рецензент и член на обучаващата катедра аз съм запознат с етапите на разработката, планирането на задачите и анализа на резултатите и в този смисъл всички критични коментари към докторанта и научния ръководител от моя страна са били отправени в хода на работата и при междинното отчитане пред катедрения съвет. Препоръките, направени в този период са взети предвид при оформянето на крайния вариант на дисертацията.

Моите лични впечатления от работа на Ралица Колева са, че тя е специалист с добра лабораторна дисциплина и е силно мотивирана да учи и прилага нови знания и методи. С тези си качества тя бързо се интегрира в обучаващата катедра и стана важен член на този екип.

## 7. Заключение

Въз основа на направения разбор и предвид формалните изисквания, дефинирани от „Закон за развитие на академичния състав в Република България“ и съответните правилници за приложението му, **давам категорично положителна оценка относно дисертационния труд** и предлагам на членовете на научното жури да подкрепят присъждането на образователна и научна степен „Доктор“ по *Научна специалност 02.22.02 „Технологии за пречистване на водите“* на инж. Ралица Юлианова Колева.

17.05.2017

БУРГАС

Рецензент.....

/доц. Х. Йеменджиев/