

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационната работа на инж. маг. Ани Богданова Стефанова

МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ПАРАМЕТРИ В БИОЛОГИЧНИ ГОРИВНИ КЛЕТКИ

*представена за придобиване на образователната и научна степен „доктор“
по професионално направление: 4.4. „Науки за земята“,
научна специалност „Системи и устройства за опазване на околната среда“*

от доцент д-р Петя Василева Недялкова

Настоящата рецензия е изготвена въз основа Заповед № Р- 882 от 09.11.2020 г. на Ректора на Минно-геоложкият университет „Св. Иван Рилски“ за утвърждаване на научно жури, по процедура за защита на дисертационния труд „Мониторинг и управление на технологични параметри в биологични горивни клетки“, с автор инж. маг. Ани Богданова Стефанова, за придобиване на образователната и научна степен „доктор“. Докторантката е отчислен с право на защита със Заповед № Р-1030/10.12.2019 г., на основание на ППОД в МГУ и Решение на Факултетен съвет на Геологопроучвателен факултет от 04.12.2019 г. - Протокол № 10.

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

Инженер магистър Ани Богданова Стефанова завършва образователна и квалификационна степен бакалавър по специалност „Биотехнология“ с професионална квалификация инженер – биотехнолог, през 2007г. в Минно – геоложки университет „Св. Иван Рилски“. През 2009 г. завършва първата си магистърска степен по специалност „Индустриален мениджмънт“, а през 2014 г. завършва и втората си магистърска степен по специалност „Екология и опазване на околната среда“ в Минно – геоложки университет „Св. Иван Рилски“. В момента Ани Стефанова е старши експерт в Минно – геоложки университет „Св. Иван Рилски“. Владее добре английски език.

Със заповед № Р-1474/16.12.2014г. на ректора, на Минно – геоложки университет „Св. Иван Рилски“, инж. Стефанова е зачислена, като редовен докторант по професионално направление: 4.4. „Науки за земята“ по научна специалност „Системи

и устройства за опазване на околната среда” към катедра „Инженерна геоекология“ с научен ръководител - доц. д-р Анатолий Ангелов.

2. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Докторантката е представила документация в съответствие с изискванията на „ЗРАСРБ“ и Правилника за прилагането му в Минно – геоложки университет „Св. Иван Рилски“, включваща: дисертационен труд и проект за автореферат, копия на публикациите по темата на дисертацията, както и всички други документи, свързани с процедурата.

Добивът на полезни изкопаеми заема важно място в индустрията и съвременното общество и е невъзможно да съществува без изкопаеми минерални суровини. Въпреки това добивът на полезните изкопаеми често има негативно въздействие върху околната среда. Един от проблемите възникващи в процеса на разработване на полезни изкопаеми в рудодобивните предприятия са генерираните производствени-руднични води. Попадането на непречистени отпадъчни води с ниско рН и високи съдържания на тежки метали в реките и подземните води, може да доведе до сериозни последици за биоразнообразието и екоравновесието. За предотвратяване и намаляване на това негативното въздействие върху околната среда, е необходимо своевременното пречистване на рудничните води. Методите и технологиите за пречистване им непрекъснато се развиват и подобряват, и именно в тази посока са насочени изследвания на инж. Ани Стефанова, което определя и сериозната актуалност в разработения от нея дисертационен труд.

- Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния обзор

Дисертационният труд е написан на 122 страници, съдържа 17 таблици и 62 фигури. Цитирани са 137 литературни източника, като 91 % от тях са публикувани след 2000 г., а множество от тях - след 2010 г. това недвусмислено показва актуалността на изследвания проблем, както и това, че докторантката е проучила обстойно състоянието на проблема и възможностите за неговото решаване. Представена е подробна литературна справка по отношение на принципа, на действие на микробните горивни клетки, съществуващите конструктивни решения, използвани материали, методи и технологии. Описани са теоретичните основи на термодинамичния и електрохимичния аспект на работа на микробните горивни елементи, факторите, влияещи върху напрежението, видовете енергетични загуби. Представена е информация за основните електрохимични параметри в микробните горивни елементи и необходимата апаратура за тяхното измерване. Описани са процедури и изчисления свързани с определяне на потенциала на електрода, мощността, плътността на мощността, кулоновата ефективност, енергийната ефективност и други. Прецизно е

разгледан принципа на работа на микробни горивни клетки, използвани при пречистване на руднични води от органични замърсители, сулфати, сулфиди, както и на съединения на азота.

-Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

След изчерпателен литературен обзор, целите и задачите на дисертационният труд са точно и ясно формулирани. Поставената основна цел на научната разработка е да се осъществи мониторинг, контрол и анализ на основни технологични параметри в микробна горивна клетка, базирана на процеса на микробна сулфат-редукция в анодната ѝ зона с цел оптимизиране на нейната ефективност.

Поставените задачи насочват, към конфигуриране на подходящи схеми на лабораторни инсталации на микробни горивни клетки, позволяващи мониторинг и контрол на технологичните параметри, като влиянието на температурата, рН, концентрация на разтворени твърди вещества, концентрацията на разтворими сулфиди (H_2S) и разтворен кислород (pO_2) и управление основни електрохимични параметри. Останалите задачи са ориентирани към конфигурирането на регресионен анализ на факторите оказващи влияние върху ефективността на работа, на микробната горивна клетка и анализ на резултатите от работата ѝ интегрирана в инсталация на активна система за третиране на кисели руднични води.

- Прегледност и представяне на получените резултати

Дисертацията е структурирана в седем раздела три от които основни, подредени в логична последователност. Резултатите от проведените изследвания са систематизирани и представени в два раздела „Материали и методи“ и „Резултати и обсъждане“. Докторантката обстойно е представила три различните варианти на микробни горивни клетки „Двукамерна U- образна микробна горивна клетка“, „Микробна горивна клетка в “активна система” за третиране на минни отпадъчни води“ и „Микробна горивна клетка тип „Сандвич““.

В раздела „Материали и методи“, Стефанова е представила подробно описание на използвани материали и реактиви, и при трите типа микробни горивни клетки. Представена е подробна схема на управление и мониторинг, на основните технологични параметри в лабораторната инсталация, на микробна горивна клетка и използваните аналитични методи.

Основните резултати от проведените изследвания са представените в четвърта глава от дисертацията като всяка група изследвания е съпроводено с подробно описание и мониторинг на основните технологични и електрохимични процеси. Всяка група изследвания завършва с систематизирани изводи за проследените процеси.

Първата група изследвания в дисертационния труд са свързани с установяване влиянието на различни технологични параметри върху ефективността на микробна

горивна клетка е базирана на процеса на микробна сулфат-редукция. Изследвания за установяване влиянието на температурата върху ефективността на микробна горивна клетка, U – образна абиотична горивна клетка и микробна горивна клетка тип „сандвич“.

Втората група научни изследвания са насочени към установяване влиянието на рН в анолита върху електро-химичните параметри в U-образна микробна горивна клетка. Както и върху ефективността на микробна горивна клетка, U – образна абиотична горивна клетка и микробна горивна клетка тип „сандвич“. В своите изследвания инженер Стефанова представя технологична схема на лабораторна инсталация позволяваща постоянен контрол и управление на базови за процеса технологични параметри - рН, температура, концентрация на разтворени твърди вещества и електрохимични показатели.

Третата група са насочени към изследване на влиянието на концентрация на разтворени твърди вещества, чрез промяна на концентрацията на сулфатите в анолита. За нуждите на експеримента Стефанова изследва четири състава на анолит, като в хода на изследването установява ясно изразена зависимост на повишаване на максималната стойност на плътността на мощността (с около 36,5 %) и плътността на тока при нарастване на електропроводимостта и че има съществена разлика в поведението на горивния елемент при абиотични и биотични условия в анодната зона, по отношение стойността на електропроводимостта.

Четвъртата група изследвания са проведени за установяване влиянието на концентрацията на разтворими сулфиди (H_2S) в анолита на U-образна абиотична горивна клетка. Инженер Стефанова установява, че концентрацията на H_2S в анолита на микробна горивна клетка с процес на микробна сулфат-редукция, оказва съществено значение върху електрохимичните параметри на горивния елемент. С нарастване на съдържанието на H_2S в анолита, се увеличават стойностите на електрическото напрежение на отворена верига и максималните стойности на електрическия ток и мощността на микробна горивна клетка.

Петата група изследвания са съсредоточени към установяване влиянието на концентрацията на разтворения кислород в катодната зона на микробна горивна клетка. При тази серия от изследвания е анализирано влиянието на степента на аерация в катодната зона на абиотична U- образна горивна клетка и микробна горивна клетка тип „Сандвич“ като е направено сравнение между двата варианта. Установено е значителната концентрацията на разтворения кислород в катодната камера на микробна горивна клетка, което повишава максимална плътност на мощността при микробна горивна клетка тип „сандвич“ и при U-образна микробна горивна клетка. Максималната стойност на тока и напрежение на отворена верига на горивната клетка също нарастват с увеличаване на кислородното съдържание.

Шестата група изследвания са свързани с регресионен анализ на факторите,

оказващи влияние върху ефективността на работа на микробна горивна клетка, базирана на процеса на микробна сулфат-редукция в зоната на анода. Изведен е аналитичен израз на многофакторно линейно регресионно уравнение, отчитащо влиянието на различните параметри оказващи влияние върху протичащите химични, електрохимични и биологични процеси в микробните горивни клетки за оптимизиране на работата им и доказване на приложимостта на този тип горивни елементи в практиката.

Седмата група изследвания са свързани с анализ на резултатите от работата на микробни горивни клетки интегрирани в инсталация на активна система за третиране на кисели руднични води. За нуждите на изследването е конструирана лабораторна инсталация работеща в процес на микробна сулфат-редукция в сулфидогенен биореактор с имобилизирана биомаса с две микробни горивни клетки (MFC-1 и MFC-2). Създадената инсталация функционира в два режима на работа - режим без натоварване и в режим на товар (външно товарно съпротивление от 300 Ω). За проведените изследвания са използвани синтетичните минни отпадъчни води подавани с два дебита - 430 и 650 ml/24h, осигуряващи различно контактно време през инсталацията. В хода на работа на лабораторната инсталация са снети множество данни за физикохимични и химични параметри в точките на опробване, които са довели до важни изводи и заключения.

3. Наукометрични данни и представяне на получените резултати

Научните резултати от дисертационния труд са публикувани в шест научни публикации в специализирани научни издания. Публикациите са на добро научно ниво и представят основните изследвания от дисертационния труд на кандидатката Ани Богданова Стефанова. Прегледът на трудовете ми дават основание да твърдя, че те съответстват напълно на изискванията на Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в МГУ „Св. Иван Рилски“ за образователната и научна степен „доктор“.

4. Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд

Заявените приноси, напълно съответстват на постигнатите резултати от работата на инж. Стефанова. Приносите на дисертационния труд могат да се определят като научно-приложни и приложни, като по – важните от тях са следните:

- Реализирани са три технологични схеми и са конструирани съответните лабораторни инсталации, позволяваща постоянен мониторинг на основни технологични параметри на микробни горивни клетки базирани в анодната зона на процеса на микробна сулфат-редукция.

- Прецизно е изследвано влиянието на различни технологични фактори - рН, температура, електропроводимост и концентрация на сероводород в анодната зона, и

концентрация на кислород в катодната зона за микробна горивна клетка.

- Синтезирани са две технологични схеми за контрол и управление на процеса на микробна сулфат-редукция в контура на анодната зона на микробна горивна клетка.
- Направено е сравнение между две различни конструкции микробни горивни клетки- “U-образна” и “Сандвич”, по отношение факторите оказващи влияние върху ефективността им.
- Изведен е аналитичен израз на многофакторно линейно регресионно уравнение, отчитащо влиянието на различните параметри - рН, температура, концентрация на сероводород в анодната зона и степен на аерация в катодната зона при две различни целеви функции - напрежение на отворената верига на горивния елемент и максимална плътност на мощността на микробния горивен елемент.
- Демонстрирано (в лабораторни условия) е приложение на микробна горивна клетка с процес на микробна сулфат-редукция в анодната секция, за пречистване на кисели руднични води в активна система за третиране на води, при което е постигнато ефикасно отстраняване на целевите замърсители при паралелен добив на електрическа енергия.

5. Оценка на съответствието между автореферата и дисертационния труд

Авторефератът отразява основните аспекти от съдържанието на дисертационния труд като обхваща най-съществените стъпки при реализиране на представените изследвания и всички постигнати резултати. Написан е стегнато, като представената информация прецизно конкретизира извършените проучвания и допринася за тълкуване на изводите от дисертацията.

6. Препоръки, бележки и коментари

Представеният дисертационен труд е едно завършено научно изследване, разглеждащо актуални и важни проблеми. Независимо от високото качество на представения дисертационен труд, към него имам и някои минимални критични бележки, които имат технически характер и не намаляват стойността му, а именно, че в дисертацията са използвани значителен брой съкращения, като за някои от тях липсва обяснителна записка в списъка на съкращенията.

Имам препоръка към докторантката, която се отнася до продължаването на изследователската ѝ работа в тази област. Препоръчвам разработената система за мониторинг да се оформи в удобен за използване и комерсиална употреба софтуерен продукт, който да се предлага на рудодобивните предприятия и предприятията реализиращи разглежданите технологични процеси.

7. Лични впечатления за докторанта

От представените ми за рецензия материали на инженер Ани Стефанова, оставам с впечатлението за добре подготвен специалист в областта си с добре изявен афинитет към научните изследвания. Добро впечатление прави и участието на докторанта в международни научни конференции. Смятам, че Ани Стефанова е извършила значителен по обем експериментална работа, представени са научно – приложни изследователски резултатите и това ми дава основание да считам че, същите са лично дело на докторанта.

Личните ми впечатления от работата на инженер Ани Стефанова, като старши експерт в учебен отдел на МГУ „ Св. Иван Рилски“ са, че тя се отличава с бързина и прецизност в рутината си служебна дейност и отзивчивост, и коректност в отношението си към хората.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработения от инж. Ани Стефанова дисертационен труд, обхваща задълбочено изследване върху мониторинга и управлението на технологичните параметри в процеса на пречистване на руднични отпадъчни води и добив на електроенергия чрез биологични горивни клетки. Посредством проведените експерименти, методите на изследване, получените научно-приложни резултати и направените изводи считам, че представеният дисертационен труд, напълно отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника на МГУ“Св. Иван Рилски“ за неговото приложение.

Предвид гореизложеното с пълна убеденост, давам своята **положителна оценка** за дисертационния труд на тема **„Мониторинг и управление на технологични параметри в биологични горивни клетки”**. Давам предложението си на уважаемите членове на научното жури да гласуват решение с което, да се присъди на **инж. маг. Ани Богданова Стефанова**, образователната и научна степен **„доктор”** по научна специалност **„Системи и устройства за опазване на околната среда“** към професионално направление **4.4. “Науки за Земята”**.

08 Януари 2021 г.

ИЗГОТВИЛ РЕЦЕНЗИЯТА: **Заличени лични данно,
съгласно чл.2 от ЗЗЛД**

доц. д-р инж. Петя Василева Недялкова