

СТАНОВИЩЕ

от проф. дн Марио Йорданов Митов –

преподавател в катедра „Химия“ на Югозападен университет „Неофит Рилски“

Относно: Дисертационен труд **„Седиментни горивни елементи - автономно
захранващи се системи за екологичен мониторинг“**,

представен от докторант Иво Олег Бърдаров

за присъждане на образователната и научна степен **„ДОКТОР“**

в научна област 4. Природни науки, математика и
информатика

научно направление 4.2. Химически науки – Неорганична химия

I. Актуалност на тематиката

Представеният дисертационен труд от Иво Олег Бърдаров – редовен докторант, обучаван в катедра „Химия“ на Югозападен университет „Неофит Рилски“ по докторска програма „Неорганична химия“, е посветен на създаването и охарактеризирането на седиментни микробиални горивни елементи (СМГЕ) с оглед потенциалното им използване като захранващи устройства за сензори за екологичен мониторинг. Въпреки сравнително краткия си период на развитие, СМГЕ се считат за едни от най-перспективните в приложен аспект представители на микробиалните горивни елементи. Тяхно основно предимство е използването на естествени водни седименти, които от една страна са практически неизчерпаем източник на отпадна органична материя, а от друга – хабитат на разнообразни микробиални съобщества, съдържащи специфични видове бактерии, наречени екзоелектрогени, способни да осъществяват извънклетъчен електронен пренос. Поставени в електрохимична система, тези бактерии трансформират част от химичната енергия на наличните субстрати в електрическа, използвайки анода като краен електронен акцептор. Друго важно предимство на СМГЕ е липсата на необходимост от използване на йонообменни мембрани, което значително намалява себестойността на устройството в сравнение с останалите биоелектрохимични системи.

Наред със създаването на нов тип електрохимични източници на ток с нулев въглероден отпечатък, което напълно хармонира с модерната тенденция „енергия от отпадъци“, тематиката на дисертацията е актуална и от гледна точка на доказаната възможност за използване на разработените устройства за захранване на автоматизирана

система за екологичен мониторинг, която може да функционира дългосрочно без външна намеса. Подобни системи са изключително необходими за контрол и своевременно оповестяване на промени в параметрите на околната среда, особено в отдалечени и труднодостъпни райони.

II. Обща характеристика на дисертационния труд

Представеният от Иво Бърдаров дисертационен труд е написан на 130 страници, съдържа 59 фигури и 9 таблици. Цитирани са 123 литературни източника, повечето от последните 10-15 години, което показва добро познаване на състоянието на проблематиката от страна на кандидата. Дисертацията е структурирана в стандартен за подобен труд формат. Съдържа резюме, увод, литературен обзор, цел и задачи, експериментална част с описание на начините на пробовземане, конструиране на различни типове СМГЕ, използваните методи за тяхното охарактеризиране, резултати и дискусия, използвана литература, изводи и приноси на дисертационния труд. За улеснение на читателя, в началото на дисертацията авторът е представил списъци на фигурите и таблиците, както и на използваните съкращения.

Литературният обзор е с обем от 27 стр., т.е. около $\frac{1}{4}$ от общото съдържание на дисертацията. В него е направен кратък исторически преглед на развитието на микробиалните горивни елементи и е представен принципът им на действие. По-подробно са разгледани специфичните особености на СМГЕ, най-често използваните електродни материали и видове конструкции, протичащите процеси, тяхната термодинамика и лимитиращи етапи, основните работни характеристики на СМГЕ. Представени са основни родове и видовете екзоелектрогенни бактерии, съществуващи в седиментните микробиални съобщества, и установените до момента механизми за осъществяване на извънклетъчен електронен пренос. Разгледани са и основните принципи на най-често използваните електрохимични, микробиологични и молекулярно-биологични методи за изследване на СМГЕ. Литературният обзор завършва с кратък преглед на възможни приложения на СМГЕ технологията.

Въз основа на анализ на досегашните постижения в областта на СМГЕ е формулирана целта на дисертационния труд, а именно да се изследва надеждността и устойчивостта им като автономни източници на електрическа енергия за захранване на автоматизирана система за екологичен мониторинг. За реализирането на тази цел са поставени конкретни задачи, свързани с конструиране на СМГЕ с различна архитектура, електродни материали и седименти, проследяване на техните работни характеристики в

дългосрочен план при различни режими и условия с оглед оценяване на тяхната надеждност и устойчивост, оценка влиянието на различни фактори (физикохимичен състав на седиментните и водни проби, използвания електроден материал и параметрите на околната среда) върху изходните електрически характеристики на СМГЕ, анализиране на микробиалните съобщества в конструирания СМГЕ и демонстриране на практическата приложимост на СМГЕ за хранване на автономна система за екологичен мониторинг.

В експерименталната част са описани начина и местата на пробовземане на седиментни и водни проби, изготвянето на електроди и конструиране на различни типове СМГЕ. Представени са и използваните експериментални методи за охарактеризиране на СМГЕ при различни експлоатационни условия, както и подбора на електронни компоненти за изграждане на системата за екологичен мониторинг.

Най-голям дял от дисертационния труд обхващат представените експериментални резултати и дискусия. Конструирани са 4 типа СМГЕ с различна архитектура и размери. Изследвано е влиянието на използваното товарно съпротивление в началния период на работа върху дългосрочното поведение на СМГЕ. Чрез методите на устойчивата статистика е установено, че след определен адаптационен период изходните електрически характеристики на идентични СМГЕ стават сходими и имат висока повторимост и възпроизводимост. Проведени са експерименти с различни анодни и катодни материали, при които е определена електрокаталитичната им активност по отношение на двете полуреакции. Установено е, че формираният катоден биофилм катализира катодната редукция на кислорода, водещо до повишаване на генерирания ток при осветяване. При дългосрочни изследвания в лабораторни и полеви условия при различни режими на осветяване е намерена корелация между интензитета на светлината и изходните електрически характеристики на СМГЕ, която се свързва с доказаното чрез метагеномен анализ присъствие на фотосинтезиращи микроорганизми в катодния биофилм. Не са установени корелационни зависимости между останалите параметри на околната среда, както и физикохимичните свойства на използваните седименти, и електрическите характеристики на СМГЕ. Доказана е надеждността на СМГЕ, опериращи на открито, като хранващи устройства на автоматизирана система за екологичен мониторинг, разработена от докторанта.

Част от резултатите, включени в дисертацията, са публикувани в 3 научни статии, 2 от които в реферирано и индексирано списание с импакт-фактор. Забелязани са 20 цитата на тези две статии. По тематиката на дисертацията са изнесени доклади на 8

международни конференции. По тези наукометрични показатели дисертантът напълно покрива изискванията за придобиване на ОНС „доктор“.

Представеният автореферат представя съдържателно основните резултати в дисертационния труд.

IV. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд

Приемам изводите, направени от дисертанта, макар че биха могли да се формулират и по-убедително.

Считам, че основните научни и научно-приложни приноси на представената дисертация са следните:

1. Доказана е надеждността и устойчивостта на СМГЕ, използващи сладководни седименти, като получените резултати са съпоставими с тези на соленоводни СМГЕ.

2. Доказано е, че различни материали на въглеродна основа (в т.ч. металургичен кокс) са по-подходящи като електродни материали в сравнение с неръждаема стомана за приложение в СМГЕ.

3. Установена е ясно изразена корелационна зависимост между плътността на генерирания ток от СМГЕ и интензитета на осветяване, която се дължи на протичане на фотосинтетични процеси и *in situ* генериране на кислород върху катодната повърхност по време на фотопериодите.

4. Разработена е автоматизирана система за екологичен мониторинг, захранвана от полеви СМГЕ.

5. С помощта на разработената автоматизирана система е проведен дългосрочен мониторинг на основни параметри на околната среда и е оценено влиянието им върху операционните характеристики на изследваните СМГЕ.

V. Лични впечатления от дисертанта

Познавам Иво Бърдаров още като студент в ОКС „бакалавър“, когато той се включи като кръжочник в научноизследователската работа на нашата научна група. Дипломирайки се последователно като бакалавър по физика и магистър по спец. „Метрология в химията“ г-н Бърдаров придоби интердисциплинарни знания и умения, които доразви и усъвършенства по време на докторантското си обучение. Притежава завидна техническа и компютърна грамотност, което му позволява да се справя успешно с поставените му задачи.

VI. Критични бележки и препоръки за бъдещи изследвания

Освен забелязани печатни грешки и различно форматиране на списъците с използвана литература и публикации в сравнение с останалия текст, нямам съществени забележки по съдържателната част на представения дисертационен труд. Препоръчвам на г-н Бърдаров за в бъдеще да анализира по-експедитивно и да публикува своевременно получаваните резултати в престижни международни списания, вкл. непубликуваните резултати от настоящата дисертация.

VII. Заключение

Считам, че представеният от Иво Бърдаров дисертационен труд съдържа съществени приноси, свързани със създаването, охарактеризирането и демонстриране на важно за практиката приложение на нов тип електрохимични източници на ток, използващи естествени, широко разпространени природни ресурси, каквито са водните седименти. Доказателство за значимостта на получените резултати са големия брой цитати на публикуваните статии за сравнително кратък срок. Въз основа на това, изразявам положително становище относно дисертационния труд на тема **„Седиментни горивни елементи - автономно храняващи се системи за екологичен мониторинг“**, което ми дава основание да предложа на останалите членове на уважаемото научно жури да гласуват за присъждане на образователната и научна степен **“доктор”** на Иво Олег Бърдаров.

Дата: 06.01.2020 г.

Член на журито:

гр. Благоевград

(проф. дн Марио Митов)