

СТАНОВИЩЕ

относно защита на дисертационен труд на тема: „Горивни клетки с екологична насоченост”

за придобиване на: **Образователна и научна степен „Доктор“**

по специалност – „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“

Професионално направление - 4.2. Химически науки

с кандидат - **инж. Стефан Мартинов Стефанов**

Становище - **Татяна Стефанова Петрова, д-р, професор**

- **Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси и научната дейност на докторанта.**

Докторант Стефан Стефанов е завършил ОКС магистър в Химикотехнологичен и металургичен университет със специалност „Природни и синтетични горива“ през 2015 г.; темата на дипломната му работа е „Влияние на различни фактори върху работата на сулфидна горивна клетка“. В Институт по инженерна химия при Българска академия на науките (ИИХ-БАН) започва работа от 01.06.2013г. още преди да завърши официално, като химик в Лаборатория „Биохимично инженерство“; от 2016г. е назначен като асистент в същата лаборатория. От юли 2023г. е зачислен в докторантура на самостоятелна подготовка към ИИХ-БАН с научни консултанти проф. д-н Венко Бешков и проф. д-р Елена Разказова-Велкова и работно заглавие на дисертационната работа "Горивни клетки с екологична насоченост". Съгласно Правилника на ЦО на докторанти към БАН и представените от кандидата документи, инж. Стефанов е покрил и надхвърля необходимите кредитни точки по плана за докторантурата си и е преизпълнил и вътрешните изисквания в ИИХ-БАН. Колоквиумът на учените в ИИХ е разгледал на предзащита дисертационният му труд на 16.06.2026г. и го е насочил към защита; това решение е одобрено на заседание на НС на ИИХ-БАН с Протокол 9/18.06.2026г., т.2.

Научните интереси на докторанта са в областта на инженерната химия - фундаментални и приложни изследвания в областите на електрохимията, екологията, горивните клетки, екстракция. Специфичната му научна компетентност и умения се проявяват в областта на използването на горивните клетки за пречистване на води от серни съединения (тематика, застъпена още в магистърската му теза), и технологии за производство на енергия. Научният му актив съгласно представените документи е впечатляващ и се изразява в общо 33 публикации (18 от тях в научни издания с SJR/IF), 129 цитата по тях, участие в 5 проекта към ФНИ (3 приключили, 2 текущи), 9 участия в други проекти (Хитмобил 1 и 2, НИ СЕВЕ, IproPBio, Еплюс, ННП „Млади учени и постдокторанти“ 1 и 2 и др.).

- **Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.**

Едни от основните индустриални замърсители са серните съединения и в частност сероводородът и сулфитите. Замърсените със сулфитни и сулфидни йони води се генерират

в огромни обеми при индустриалната очистка на замърсени със серен диоксид димни газове, както и като отпаден продукт от хартиено-целулозната, текстилната и кожарската промишленост. Друг химически стабилен замърсител са нитратите, вследствие на прекомерното използване на азотни торове в земеделието. Приложението на технологията на горивните клетки за неутрализирането на тези замърсители и получаването на електрическа енергия от протичащия окислително-редукционен процес, е стъпка към енергиен и въглероден неутралитет и минимизиране на генерираните отпадъци.

Предвид горното, избраната тема на настоящият дисертационен труд (ДТ) безспорно е актуална и значима; това се потвърждава и от много подробната литературна справка в ДТ. В представеният ДТ чрез детайлно експериментално изследване е направена оценка на влиянието на различни фактори върху ефективността на горивната клетка (добив на енергия и степен на обезвреждане на изследваните замърсители), при почистване на води от серни съединения.

- **Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите.**

Представеният дисертационен труд (общо 126 страници) е оформен в 10 обособени части, съдържа 36 фигури, 10 таблици и 225 цитирани литературни източници (92 източници са преди 2016). Обособените части от ДТ включват: въведение, описание на използваните означения и съкращения, литературен обзор и изводи, цели и задачи на ДТ, експериментални методи, резултати, изводи, приноси, перспективи за бъдещо развитие, литература и приложения, и списъци на публикациите и докладите на научните резултати по темата на ДТ.

Подборът и анализът на литературните източници в Литературния обзор (33 стр.) говори за един много пълен и прецизен подход при събирането, изложението и обобщаването на полезна информация и съвременни данни по темата на ДТ. Проучени са подробно кои са видовете замърсители (сероводород, сулфити и нитрати), как се генерират и какви са методите за почистването им, предимства и недостатъци; разгледани са подробно и видовете горивни клетки (ГК) и приложенията им. Изводите от обзора са формулирани ясно (2 стр.) и показват необходимостта и предимствата на избраните подходи за проведените в ДТ изследвания; от тях естествено произтичат целта и поставените задачи (1 стр.) на ДТ.

Целта и задачите на ДТ са коректно дефинирани и ясно обяснени. Формулираните задачи са общо 6. Те са свързани с изследвания и оценки на влиянието на следните фактори върху ефективността на сулфидна ГК: концентрацията на сулфидни йони; концентрацията на католита (за води, замърсени с нитрати); типа на работните електроди; вида на използваната йонообменна мембрана; работната температура и концентрацията на фоновия електролит. За ефективността на сулфитна ГК е проучено влиянието на използваната йонообменна мембрана, на концентрациите на сулфитни (гориво) и сулфатни (фонов електролит) йони и на рН. Считаю, че е осигурено достатъчно голямо разнообразие на работните условия и са взети предвид всички значими фактори, влияещи върху ефективността на изследваните ГК.

В частта Експериментални изследвания – материали и методи (13 стр.) е изложено

подробно описание на изследваните 2 типа ГК – мембранна (тип 1) и с газ-дифузионен електрод (тип 2), използваните реактиви, апаратура, аналитични и електрохимични методи, представена е методологията на работа с ГК, снемането на волт-амперните ѝ характеристики, изчисляването на мощността и Фарадеевата ѝ ефективност. При изследванията са използвани 4 различни йонообменни мембрани на различни производители и три типа електроди (графитни пръчки, пиролизирана и активирана въглеродна тъкан, газ-дифузионен електрод). Дадени са и методи за определяне на количествата на сулфидни и нитратни йони, както и такива за качествено определяне на наличието на конкретни серни съединения.

В следващата 6-та част – Резултати и дискусия (43 стр.) са описани и анализирани получените експериментални резултати, разделени най-общо в две подточки: 6.1 - влиянието на различни фактори върху ефективността на ГК за неутрализация на сулфидни йони и 6.2 – аналогично изследване на ГК за неутрализация на сулфитни йони (натриев и калциев сулфит). Получените резултати от изследванията могат да се обобщят така:

- За ГК тип 2 е установено, че при оптимална начална концентрация от 60 mg/L на сулфидните йони в анодния разтвор се постига 58 % неутрализиране на наличните сулфидни йони за 6 часов експеримент. За същата ГК увеличаването на концентрацията на фоновия електролит (NaCl) води до трикратно увеличение на генерираната от ГК мощност и повишава количеството окислени сулфидни йони с около 15 %; фарадеевата ѝ активност не се променя съществено.
- За ГК тип 1 и мембрана CelGard® при използване на 3 до 4 пъти по-висока концентрация на нитратни йони при 6 часов експеримент електрическите показатели на ГК се повишават, а Фарадеевата ѝ активност се понижава. За същата ГК и мембрана, при използването на аноден електрод тип пиролизирана и активирана въглеродна тъкан се наблюдава, че: генерираната електрическа мощност се повишава 4 ÷ 5 пъти, Фарадеевата ефективност се повишава над 5 пъти за анодната и над 7 пъти за катодната реакция, ел. съпротивление намалява над 2 пъти, а количеството окислени сулфидни йони се увеличава близо 3 пъти. Повишаването на температурата ускорява окислението на замърсителя и повишава генерираната електроенергия, а Фарадеевата ефективност на ГК зависи слабо от температурата. При експериментите за ГК тип 1 с 4 различни мембрани е установено, че: мембраната CelGard® показва най-добри електрически показатели, но има ниска механична стабилност, което затруднява многократното ѝ използване. Мембраните Fumapem® и Nafion® показват сходни електрични и химични резултати, както и висока механична издръжливост, а мембраната Neosepta® е неподходяща за използване при работа с алкализирани моделни сулфидни разтвори в сулфидна ГК.
- Мембранните ГК също показват добри резултати за генериране на електроенергия и обезвреждане на моделни разтвори на замърсени със сулфити (Na_2SO_3 и CaSO_3) отпадни води от инсталации за очистване на димни газове в концентрационен диапазон на замърсителя (0.0÷15.0%). Оценено е капацитетът на ГК при периодичен и проточен процеси, при различни концентрации на междинни и крайни продукти, с използването на различни йонообменни мембрани и при различни стойности на pH. Мембраната

Fumarem® безапелационно показва най-добри резултати при работа със сулфитни йони, като най-високите енергийни добиви и екологични цели са постигнати при работа с 2.50 % Na_2SO_3 (гориво) и 3.75 % Na_2SO_4 (фонов електролит) в рамките на 8 часов експеримент без контрол на pH (pH = 8.3).

- **Основни научни и научно-приложни приноси.**

Видно е, че ДТ е лично дело на докторанта във всички изброени по-горе негови части; същото важи и за представеният автореферат към ДТ (52 стр., 23 фигури, 1 таблица), който правилно описва основните резултати в ДТ. Основните резултати в ДТ са получени самостоятелно от докторанта и показват компетентността му при изпълнение на поставените научни задачи. Оценявам високо представените от кандидата в ДТ обяснения и алтернативни варианти/решения за възникналите проблеми/лимитиращи фактори при провеждането на експериментите. Съгласна съм с представените в ДТ приноси и структурирането им като научни (3 бр.) и научно-приложни (3 бр.).

- **Описание и оценка на представените материали:**

Предоставени ми бяха в срок всички необходими документи (на хартиен и електронен носител) по процедурата за защита на този ДТ, както следва: дисертация, автореферат (на български и на английски), автобиография, списък и пълен текст на публикациите към ДТ – 3 броя, всичките на английски (1 с SJR без кватил и 2 с кватили Q1 и Q3), списък на забелязаните цитати по тях, справка и копия от протоколи за взетите от докторанта изпити, справка за изпълнение на изискванията и получените кредити съгласно Правилника на ЦО на докторанти при БАН. Приложени са и сертифициран доклад за липса на плагиатство за текста в ДТ и декларация за оригиналност на резултатите в ДТ, както и списък с изнесените доклади по резултатите в ДТ на 4 конференции (1 в чужбина). Считам, че всички необходими количествени критерии са изпълнени и надхвърлени: а) покрити са минималните изисквания за придобиване на ОНС “Доктор” в ПН 4.2 „Химически науки“, съгласно Правилника на ЦО на БАН за докторанти (събрани са 276 точки от задължителни 200), и б) надхвърлени са допълнителните изисквания на ИИХ-БАН за придобиване на ОНС “Доктор”, съгласно Методиката за израстване на учените в ИИХ-БАН, Приложение 1 за изискването да има поне 2 публикации по ДТ, едната от които с SJR/IF (представени са 3 с SJR/IF).

- **Отражение на научните публикации на кандидата в българската и чуждестранната литература.**

Публикациите към ДТ, представени от докторанта, са цитирани 21 пъти съгласно представените от него материали (аз намерих 26 цитата), което, заедно с общия брой цитати по всички негови публикации недвусмислено показва, че изследванията му са високо ценени от научната общност.

- **Критични бележки и препоръки към научните трудове на кандидата.**

Нямам съществени забележки. В автореферата е пропуснат коментар към резултатите от

фиг.23; в ДТ има несъответствие между текста в т.6.1.4 и легендите към фиг.20 и 22 относно номерата на експериментите, както и няколко непълни библиографски описания. Направените забележки са предимно от технически характер и не влияят върху положителното ми мнение за представеният ДТ.

- **Лични впечатления на рецензента за кандидата.**

Познавам Стефан Стефанов от постъпването му в ИИХ. Имам много добро мнение за кандидата като напълно изграден, самостоятелен и прецизен изследовател, презентатор, организатор и колега.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На база гореизложеното, смятам, че кандидатът по процедурата за придобиване на ОНС „Доктор” по специалност: „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“, ПН „4.2. Химически науки“ в ИИХ-БАН, маг.инж. Стефан Мартинов Стефанов, удовлетворява и надхвърля изискванията на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в БАН, както и допълнителните изисквания на ИИХ-БАН за придобиване на ОНС „Доктор“. Въз основа на положителното ми мнение за представените от кандидата ДТ, автореферат, публикации към ДТ, значимостта им и съдържащите се в тях приноси:

Предлагам на уважаемото жури да гласува положително следното предложение за решение: „На маг. инж. Стефан Мартинов Стефанов от Институт по инженерна химия -БАН, да бъде присъдена ОНС “Доктор” по ПН 4.2 Химически науки, специалност „Процеси и апарати в химичната и биохимичната промишленост“.

Дата

Член на научното жури:

06.08.2026г.

/проф. д-р Татяна Петрова, ИИХ-БАН/