

## РЕЦЕНЗИЯ

относно защитата на дисертационен труд  
„ПОЛУЧАВАНЕ НА БИОГАЗ ОТ ОТПАДЪЧЕН ГЛИЦЕРОЛ”  
за придобиване на образователна и научна степен „Доктор”  
по специалност „4.2. Химически науки (Процеси и апарати в химичната и  
биохимичната технология)”

с кандидат: инж. Иван Константинов Ангелов

Рецензент: проф. д-р Ирен Хернани Цибранска – Институт по Инженерна Химия  
на БАН

### **Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси и научната дейност на дисертанта**

Инж. Иван Ангелов е завършил ХТМУ София като бакалавър в специалност “Биотехнология” през 2009 и след това магистратура по биогорива през 2011. Успехът му от следването за двете степени е съответно добър и отличен. Под ръководството на проф. Бешков и по темата на дисертацията е работил по време на бакалавърската си дипломна работа. Магистратура по биогорива завършва в ХТМУ с дипломна работа на тема “Термодинамични и кинетични изследвания на адсорбция на ензима целулаза върху целулоза” с р-л доц. Иво Вълчев. Работил е за кратко в производството (УНИФАРМ АД, Хидроеко ПИМ“ ООД ) и в ИИХ-БАН като химик-аналитик. От 01.08.2011 е зачислен на редовна докторантура в ИИХ-БАН с научен ръководител проф. Бешков. След успешно завършена работа по дисертацията, отчет за която е приет на Колоквиума на ИИХ на 24 юли 2014, инж. Иван Ангелов е отчислен с право на защита от Научния съвет на ИЕЕС-БАН на 30.07.2014.

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

Дисертацията е съсредоточена в анаеробната ферментация за производство на биогаз от отпадъчен глицерол в търсене на оползотворяване на големите количества, отпадащи от производството на биодизел. Насочва се към разделен на отделни камери биореактор с цел разделяне на зоните на инхибиране и пространствено разпределение на последователните процеси (хидролиза,

ацидогенеза, ацетогенеза, метанизация) в реактора. Процесите в реактора се анализират в посока на получаване на биогаз, както и на ценни органични продукти. Аргументацията за актуалността на проблема е последователно развита в обзора за състоянието на проблема. В края на същия се обосновава и необходимостта от кинетични изследвания чрез математично моделиране на процеса на добив на метан въз основа на субстрат глицерол, което допринася за пълнотата на инженерно-химичната формулировка на изследването.

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

Дисертацията е оформена в обем от 84 стр. с 30 стр. литературен обзор, базиран на 138 източника, и 36 стр. експериментална част и резултати. Написана е ясно и е ориентирана приложно, което се вижда от начина, по който е структуриран литературният обзор и информацията, която той дава относно производството на биогаз и неговите приложения. Обратно, анализът на кинетичните изследвания и математичното моделиране на процеса е доста по-лаконичен. Обосновката е в няколко реда на стр 33 и 34 като са цитирани 5 източника (последният от 2009 г), но без анализ какво точно те предлагат.

Обзорът е много добре систематизиран, което важи за цялостното впечатление от дисертационния труд. Към тази първа част от дисертацията имам следната забележка:

Аргументацията относно конструкцията на апарата с оглед написаното на стр. 16: за проучването на „различен дизайн (разделяне на секции, определяне на размерите, броя и начина на свързване на секциите)” би спечелила от един малко по-обстоен анализ. Какво се предлага в досегашния опит в областта, в избраната от вас конструкция как тези въпроси са решени, напр. защо 8-те секции са избрани еднакви?

Втората част на дисертацията показва едно много добре поставено изследване съчетаващо експеримент и математично моделиране. Получените кинетични характеристики на процеса в две последователни камери на реактора са в много добро съответствие, което е важен положителен резултат от използвания модел. Относно потенциала на математичното моделиране виждам следните неизползвани възможности:

- На стр.37 се казва, че апаратът е близък до идеално изместване, но в модела се третира като такъв с идеално смесване. Ако се опише

концентрационният профил по дължината на реактора, ще може да се правят изводи за необходимата дължина, а може би и за размера на отделните секции.

- Няма отчетен входен/изходен поток в с-мата у-ия (12) на стр.43 и не става ясно при решаване на тази система за секция 1 и 2 как е процедирано, напр. в кой момент от време са взети? Тук имам предложение в случай, че работата по модела продължи: да се включи променлив във времето поток и да се търси чрез модела закона на неговото изменение във времето, използвайки като критерий напр. написаното на стр.40 за постоянно рН като условие за достигане на оптимален режим на работа на реактора. Това може да се извърши с надстройване на същата система у-ия (12) за fed-batch режим.

Друга насока, която изследването дава е относно отделянето на пропионовата киселина. На стр.41 е описано използването на йонообменна смола така, че се очаква да се видят резултати в края на дисертацията, каквито не са представени. Разбирам това решение, тъй като обратното би означавало още един съществен обем работа в по принцип друга област. Но тъй като очевидно са правени проверочни опити в тази насока, могат да се добавят няколко думи и цифри: а) като възможно решение в начален етап на проучване (напр. за степента на извличане и рН на връщания разтвор) и/или б) като съществуващ опит от литературата.

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

Основните приноси на дисертационния труд са с научно-приложен характер и се изразяват в:

- доказване на възможността за оползотворяване на отпадъчен глицерол за добив на биогаз, като практически изгодно е използваето му като спомагателен субстрат при строг рН-контрол в метаногенната зона.
- показване целесъобразността на използвания каскаден биореактор с оглед на протичане на последователните процеси на хидролиза, ацидогенеза, ацетогенеза и метаногенеза на различни места в реактора по едно и също време.
- разработване на опростен математичен модел, да опише конкурентното превръщане на глицерол в биогаз и 2,3-бутандиол под действие на бактерии от

рода *Klebsiella*, респективно да предскаже необходимия брой стъпала в каскадни биореактор и времето за получаване на целевия продукт.

### **Описание и оценка на представените материали**

Давам положителна оценка на представените материали, вкл. дисертация, автореферат, публикувани научни трудове. Тя включва както външното оформление (прегледност, език, качество на представените графики и таблици), така и същностни характеристики като постановка и значимост на изследването, достатъчност на представения експериментален материал, тълкуване на резултатите.

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

Резултатите в дисертационния труд са публикувани в периода 2010-2012 в 5 статии в списания по биотехнология (три международни, едно с IF 0.622) и в Научни трудове на УХТ Пловдив и на Русенския Университет. Освен това резултати от дисертацията са докладвани на 7-ма Национална Конференция по Химия и на още 4 международни конференции по зелени технологии (2011, 2012) и екология (2010, 2013), и математично моделиране (2011). Считам, че това е едно добро представяне на резултатите от дисертационния труд пред научната общност. Върху представените в дисертацията публикации са наблюдавани 3 цитата – две в списания и една в публикувана презентация по темата.

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

Представените три публикации покриват много добре основните акценти в работата: *процеса* за добив на биогаз от отпадъчен глицерол, неговото *инженерно решение* в каскадни биореактор и възможностите на *математичното моделиране* за описанието му.

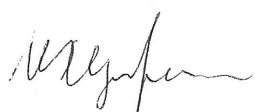
### **Лични впечатления на рецензента за кандидата.**

Нямам лични впечатления от кандидата освен като колега в колектива на ИИХ, на който съм член в последните две години.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изразявам положителното си мнение за дисертацията поради достатъчния обем на извършената експериментална и изчислителна работа, правилната постановка на изследването и неговата актуална тематика. Изводите показват, че поставените задачи пред дисертацията са решени успешно. Основните приноси на работата са достатъчно добре отразени в научната литература. Считаю, че представената работа отговаря на изискванията за докторска дисертация и предлагам да бъде присъдена на инж. Иван Константинов Ангелов образователната и научна степен „доктор“.

Рецензент:

  
проф.д-р И.Дибранска

29.08.2016