

## РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за получаване на академичната длъжност "професор" по професионално направление 4.2 „Химически науки“, научната специалност "Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология" с единствен кандидат доц. д-р Елена Николаева Разказова-Велкова за нуждите на Институт по инженерна химия при БАН.

Конкурсът е обявен в Държавен вестник, бр.77/10.09.2024 г. и в сайта на ИИХ-БАН.

Рецензент: проф. д-р Светлана Георгиева Браткова, Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“

### 1. Общи данни за кандидата

Кандидатката е родена на 18 януари, 1972 г. Завършва специалността „Инженерна химия“ в Химико технологичен и металургичен университет – София през 1995 г. Защитава докторат на тема „Създаване на пълнежи за колонни апарати за работа при екстремно ниски плътности на оросяване“ в Институт по инженерна химия-БАН през 2006 г. През периода 1999 – 2012 г. тя работи в Института по инженерна химия-БАН, като последователно заема длъжностите асистент (н.с. III ст), асистент (н.с. II ст) и главен асистент (н.с. I ст). От 2012 г. в същия институт е доцент по специалността "Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология".

### 2. Общо описание на представените материали

Кандидатката в конкурса за академична длъжност „Професор“ доц. д-р Елена Николаева Разказова-Велкова е представила всички необходими документи, съгласно Правилника за условията и реда за заемане на академични длъжности в БАН и Правилник за прилагане на Закона за развитието на академичния състав в Република България.

Покриването на минималните национални изисквания към кандидатите за АД „Професор“ по групи показатели е както следва:

**Показател А:** Получена диплома за ОНС „Доктор“ №30491/22.05.2006 г., (50 точки).

**Показател В:** Хабилизационен труд - научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани световноизвестни бази данни с научна информация (Web of Science и Scopus) (100 точки). Представени са 8 публикации (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 и P8), които покриват изискването от 100 точки.

**Показатели Г:**

- **Г7** Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (Web of Science и Scopus), извън хабилизационния труд (мин. 220 точки). Представен е доказателствен материал за 14 научни публикации (219 т.)
- **Г8** публикувана глава от книга или колективна монография. Представен 1 документ (15 т.)
- **Г9** Изобретение, патент или полезен модел, за което е издаден защитен документ по надлежния ред. Представени два патента (50 точки).

По показатели от групата Г кандидатката покрива 284 точки (мин. 220 точки).

**Показатели Д:** Цитирания в научни издания, монографии, колективни томове и патенти, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (Web of Science и Scopus) (мин 120 точки). Представени са 62 цитирания на 21 научни публикации (124 точки). В доказателствената част са посочени библиографски данни за цитиращата публикация с препратка към съответната база данни.

**Показатели Е:**

- **Е13** Ръководство на успешно защитили докторанти (n е броят ръководители на съответния докторант). Представена е справка за 1 защитил докторант (25 точки).
- **Е14** Участие в национален научен или образователен проект. Представени са доказателства за 2 такива проекта (20 точки).
- **Е15** Участие в международен научен или образователен проект. Кандидатката е участвала в един международен проект (20 точки).
- **Е16** Ръководство на национален научен или образователен проект. Представени са доказателства за 2 такива проекта (40 точки).
- **Е18** Привлечени средства по проекти, ръководени от кандидата. Представена е справка за привлечени средства по три проекта (67 точки).

По показатели от групата Е кандидатът покрива 162 точки (мин. 150 точки).

Науко-метричните показатели на кандидатката покриват минималните изисквания (Табл. 1) за заемане на АД „Професор” по професионални направления съгласно ШЗРАСРБ и ПУРЗАД на БАН за научната длъжност „професор“.

Таблица 1. Група показатели Минимален брой точки и Брой точки на кандидата

Група показатели	Минимален брой точки	Брой точки на кандидата
А	50	50
Б	-	-
В	100	100
Г	220	284
Д	120	124
Е	150	162
Общо	640	736



### 3.Обща характеристика и оценка на трудовете на кандидата

Научните публикации, с които кандидатката участва в конкурса, са по професионалното направление, по което е обявен конкурсът. Научноизследователската дейност на доц. д-р Разказова-Велкова е в областта на четири основни направления: колони с високоефективни метални пълнежи, очистване на димни газове от серен диоксид, изследване на катализатори и електрокатализатори, и горивни елементи с екологична насоченост за обезвреждане на различни замърсители.

**Направление 1.** Изследвания, свързани с колони с пълнеж. Представени са два труда: Двете публикации (В - P5 и Г - P7) са публикувани в списание *Bulgarian Chemical Communications*, съответно през 2015 г, SJR (Scopus):0.153 (Q4) и 2020 г, SJR (Scopus):0.179 (Q4).

**Направление 2.** Трудове, свързани с очистване на димни газове от серен диоксид. Представени са общо четири труда: Първата статия (В - P2) е публикувана в списание *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2013 г, SJR (Scopus):0.170 (Q3). Вторият труд (Г - P9) е публикуван в списание *Bulgarian Chemical Communications*, 2020 г, SJR (Scopus):0.179 (Q4). Третата публикация (Г - P12) е в списание *Sustainability*, 2024 г., SJR (Scopus):0.664 (Q1 неоглавява ранглистата), а четвъртата (Г - P14) е в *E3S Web of Conferences*, 2024 г., SJR (Scopus):0.18.

**Направление 3.** Изследване на катализатори и електрокатализатори. Резултатите от научноизследователската дейност на кандидатката в това направление са представени в 9 научни труда и 1 патент. Изследванията върху фотокаталитичното окисление на моделен замърсител азобагрило с  $TiO_2$ , инкорпориран върху активен въглен е отразено в един труд (В - P3), публикуван в *Central European Journal of Chemistry*, 2013 г., JCR-IF (Web of Science):1.329 Q2 (Web of Science). Четири труда са посветени на изследване на каталитичната ефективност на метални оксиди ( $Co_3O_4$ ,  $Mn_3O_4$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ), инкорпорирани върху активен въглен: Три труда (В - P1, В - P4 и Г - P1) са публикувани в *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, един през 2013 и два през 2014 г., съответно SJR (Scopus):0.168 (Q3) и SJR (Scopus):0.166. Четвъртият труд е публикуван в *Bulgarian Chemical Communications*, 2020 г. SJR (Scopus):0,179 (Q4). Научните трудове, свързани с прилагане поотделно или в комбинация на катализатори (DG (standard Degussa carbon black), кобалтов фталоцианин, пероскит, графит и Pt) за очистване на серен диоксид и сероводород са два: (В - P6) и (Г - P2) публикувани съответно в *Bulgarian Chemical Communications*, 2015 г., SJR (Scopus):0,153 (Q4) и *International Journal of Electrochemistry*, 2016 г., JIF 2.3. В това направление е представен и патент за изобретение № 66997B1 – Метод за отделяне на сероводород и серен диоксид от флуиди. Два труда (В - P8 и Г - P12), свързани с използването на електрокатализатори на базата на манган, отложен върху фулерени и въглеродни нанотръби са публикувани съответно в *Bulgarian Chemical Communications*, 2015 г.,

SJR (Scopus):0,153 (Q4) и *Catalysts*, 2022 г., JCR-IF (Web of Science):4.501 Q2 (Web of Science).

**Направление 4.** Конструирани на горивни елементи с екологична насоченост за обезвреждане на различни замърсители. В това направление са представени 7 научни труда, които могат да бъдат обособени в три групи:

**Горивни елементи, базирани на системата сулфиди/въздух**, като в тематиката са представени три публикации (Г – P3 и P10, В – P7), публикувани съответно в *Applied Sciences*, 2018 г., SJR (Scopus):0.315, JCR-IF (Web of Science):1.689, Q1, не оглавява ранглистата (Scopus), *Catalysts*, 2021 г., JCR-IF (Web of Science):3.52 Q2 (Web of Science) и *Bulgarian Chemical Communications*, 2015 г., SJR (Scopus):0,153 (Q4). Представен е и патент № 66721 от 07.08.2018 г. – Метод за окисление на сероводород и сулфидни йони в горивни клетки.

**Горивни елементи за едновременно окисляване на сулфиди и редукция на нитрати.** Представени на 3 научни труда: (Г – P4, P8 и P11), публикувани в списание *Bulgarian Chemical Communications*, съответно през 2018 г., 2020 г. и 2022 г., индексирани в Scopus.

**Горивни елементи за окисление на сулфити.** Представен е един научен труд (Г – P5), публикуван в списание *Bulgarian Chemical Communications*, 2018 г., индексирани в Scopus.

В това направление кандидатката участва и с глава от книгата *Energy Storage Battery Systems - Fundamentals and Applications*, публикувана 2021 г., IntechOpen, London, на тема „Bioelectrochemical Processes in Industrial Biotechnology“.

Публикациите по поредност на авторите са разпределение по следния начин:  
Първо място от списъка с автори – 1 публикация – (Г – P8);  
Второ място от списъка с автори – 12 публикации – (В – P1, P2, P4, P6 и P7), (Г – P1, P2, P3, P4, P9, P10 и P14);  
Трето място от списъка с автори – 5 публикации – (В – P5 и P8), (Г – P5, P6 и P7);  
След трето място от списъка с автори – 4 публикации – (В – P3); (Г – P11, P12 и P13).

Кандидатката е представила списък на 62 цитата върху 21 труда. Въз основа на представения списък от цитати Хирш-индексът ѝ е 8. Справката в Scopus дава за Хирш-индекса стойността 6.

#### **4. Оценка на представените материали.**

В настоящия конкурс кандидатката представя 22 бр. научни работи, публикувани в списания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация и 1 бр. в редактирани колективни томове (по група показатели Г от Правилника за прилагане на ЗРАСРБ).

Основната част от научната продукция на кандидатката е в областта на горивните клетки и тяхното приложение за отстраняване на сулфиди, сулфити и



нитрати от флуиди. Тази тематика е изключително актуална, което се потвърждава от значителния брой научни изследвания и активната публикационна дейност в световен мащаб. От особен интерес представляват трудовете, свързани с приложението на катализатори и електрокатализатори в горивните клетки и тяхното отражение върху кинетиката на изследваните процеси. Друга група от трудовете засяга очистването на димни газове от серен диоксид, като са предложени решения на този важен екологичен проблем.

Работите на доц. д-р Разказова-Велкова се характеризират със стегнат и точен стил, добро познаване на литературните данни, насищане с експериментални данни, обективен анализ на получените резултати, извеждането на логични хипотези и заключения.

Трябва да се отбележи и факта, че доц. д-р Разказова-Велкова е ръководител или участник в научни проекти по научната ѝ тематика към Фонд научни изследвания, като проект ФНИ Е 02/10, 2014 г. с тема „Нови горивни клетки, базирани на химични и микробни процеси“, проект с вх. № КП-06-ПН37/23, 2019 г. с тема „Интегриран абсорбционен-адсорбционен процес за безотпадъчно очистване на газове от серен диоксид“ и проект с № КП-06-ПН67/31, 2022 г. с тема „Биоелектрохимични системи за очистване на органични замърсители“. Кандидатката е участвала също така в проект ДНС 7 РП 01/32 от 15.12.2011 г. „Получаване на водород от черноморски води чрез сулфидна горивна клетка“, финансиран по 7 -ма Рамкова програма и в Националната научна програма „Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита (ЕПЛЮС)“, 2018 г.

Представените материали потвърждават, че професионалната квалификация на кандидатката напълно съответства на специалността на обявения конкурс.

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

Справката за научните приноси е направена въз основа на представените за участие в конкурса 22 публикации, които са публикувани в списания, индексирани в световните бази данни Web of Science и Scopus. Научните и научно-приложни приноси могат да се обобщят така:

### **Научни приноси:**

1. Чрез модел на средните концентрации и конвективно-дифузионни модели на абсорбцията и адсорбцията е извършено моделиране на абсорбционно-адсорбционния процес за улавяне на серен диоксид от димни газове.
2. Определена е ефективността на различни катализатори (метални оксиди ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ), инкорпорирани върху активен въглен и получени чрез пиролиза с едновременна активация при нанасяне на прекурсор на катализатор) за окисление на сулфиди от моделни системи на морска вода. От изследваните катализатори най-добри показатели дава  $\text{ZrO}_2$ . Скоростта на окисляване при



- процеси на непрекъснато аериране е два пъти по-висока от тази при процеси с разбъркване с постоянна скорост без аериране. За да се увеличи активната повърхност и да се използва като електрод в горивна клетка,  $ZrO_2$  е включен в подложка от пиролизиран и активен въглен.
3. Предложено е използване на електрокатализатори на базата на манган, отложен върху фулерени и въглеродни нанотръби за окисление на  $SO_3$  до  $SO_4$  и редукция на  $NO_3$  до  $NO_2$  и  $N_2$ , като по този начин се създава горивна клетка  $SO_x/NO_x$ , подходяща за опазване на околната среда, и се генерира електрическа енергия. Mn е отложен върху въглеродни нанотръби с двойна стена (DWCNTs) и висши фулерени (HF) от манганов ацетат чрез термична обработка и/или сушене чрез замразяване. Получени са резултати, които ясно показват, че електродите, съдържащи HF, DWCNT и манганови оксиди, са ефективни катализатори в горивни клетки  $SO_x/NO_x$ .
  4. Конструирани са и са изследвани различни горивни елементи със солеви мост, цилиндрични мембранни, батерия от две горивни клетки и графитни плочи като електроди, безмембранен горивен елемент. Получена е информация за ефективността на горивен елемент, на базата на окисление на сулфиди. Преобладаващите крайни продукти от процеса на производство на енергия са сулфитни и сулфатни йони. Наблюдаваните плътности на тока и мощността са сравними и дори по-добри от някои от докладваните досега резултати за подобни системи. При използване на мембраните Fumapem и Neosepta са получени високи резултати и чувствителност към хидроксилни йони, докато Celgard 3501 е показвала по-добра издръжливост.
  5. Предложено е решение на лимитиращата процеса на окисление на сулфиди в горивен елемент реакция на редукция на кислород на катода чрез използване на газодифузионен електрод или чрез високоефективно насищане с кислород в тръбен ежектор на Вентури. Продуктите на окисление са сулфати, сулфити и тиосулфати. Повечето от резултатите показват висока ефективност на горивния елемент от 80%.
  6. Посредством тестване на различни анодни катализатори за  $HS$ -окисление: графит, кобалтов фталоцианин (CoPc) и перовскит ( $La_{1.3}Sr_{0.7}NiO_4$ ) е установено, че перовскитът и CoPc са подходящи катализатори за горивни клетки, базирани на окисление на сероводород. Характеристиките на горивния елемент са тествани с оптимизирани  $HS$ -анооди и предварително разработени кислородни (въздушни) катооди. Получена е електрическа мощност  $P = 7,5 \text{ mW}$ .
  7. Конструирани са горивни елементи за едновременно окисляване на сулфиди и редукция на нитрати. Сравнени са резултатите за биологична и химическа денитрификация в катодното отделение. Изследвано е влиянието на различни концентрации на сулфиди и нитрати върху електрическата мощност на горивната клетка, както и тяхното едновременно неутрализиране.
  8. Получени са нови данни за горивни елементи с микробиологично окисление на сулфиди и химическа денитрификация и при реализацията на микробни процеси



- за двете реакции. Представено е и сравнение между микробни и химически горивни клетки при същите условия. Използвани са нов тип електроди с пиролизиран активен въглен за имобилизиране на бактериалните щамове. За сулфидно окисление е използван *Pseudomonas putida* 1046, а като моделен щам за денитифициране *Pseudomonas denitrificans*.
9. Конструиран е и изследван безмембранен горивен елемент за ремедиация на замърсени потоци. Ядрото на горивната клетка е цилиндрична тръба от активен въглен, играеща ролята както на електрод, така и на неселективна мембрана. Допълнителни предимства са възможността за работа при повишени температури и относително евтините производствени и експлоатационни разходи. Изследвани са както абиотични условия, така и микробни горивни елементи за пречистване на замърсени потоци с различни начални концентрации на сулфидни и нитратни йони, както и тяхната изходна електрическа мощност.
10. Конструиран е горивен елемент за окисление на сулфити. Установено е, че използването на катализатори подобрява работата на горивния елемент. Експериментите показват, че покритото с никел графитно влакно е подходящ кандидат за използване като електрод за анодното отделение на горивната клетка. Никелираните графитни влакна показват както най-добра скорост на окисление, така и най-ниски производствени разходи, но също така имат много ниска устойчивост на износване. От изследваните окислителни нитратите показват най-добри резултати.

#### **Научно-приложни приноси:**

1. Изведени са по-прецизни уравнения за прогнозиране на хидравличното съпротивление на високоефективни метални пълнежи Raschig Super-Ring (RSR) за колонни апарати въз основа на експериментални данни.
2. На базата на експериментални данни са предложени безразмерни критериални уравнения за Metal Raschig Super-Ring (RSR) и Intalox Metal Tower Packing (ИМТР) високоефективни пълнежи за на колонен апарат. Предложените уравнения вземат предвид не само геометрията на пълнежите, но и ефекта от презареждането в колоната. Те могат успешно да се прилагат за проектиране и правилно конструктивно оразмеряване на индустриални апарати.
3. Предложен е подобрен метод на Wellman-Lord със следните предимства: по-нисък разход на пара, с около 60 %; топлината за изпаряване на разтвора може да се използва в кондензатора за отопление на топлофикационна вода; по-ниски капиталови разходи и по-високи степен на отстраняване на SO<sub>2</sub> от димните газове. Предвижда се приложение на подобрения метод на Wellman-Lord в горивни системи с малък капацитет, което ще позволи тяхната ефективна и безотпадна работа с въглища и други конвенционални изкопаеми горива.
4. Предложен е интегриран абсорбционно-адсорбционен метод за улавяне на серен диоксид от димни газове, като след скрининг за подходяща йонообменна смола е



избран Dowex® 66 като най-обещаващият адсорбент. Извършени са допълнителни експерименти относно времената на адсорбция и десорбция, както и вариране на концентрацията на десорбиращия агент. Определени са важни технологични параметри като: количеството на смолата за почти пълна адсорбция на сернистата киселина, времето за адсорбция и концентрацията на десорбиращият  $\text{NH}_3$ . Тези параметри могат да се използват за по-нататъшно мащабиране, внедряване и изследване на новата технология за безотпадно улавяне на серен диоксид от газове.

5. Конструирана е и е изградена експериментална тарелкова колона със звънец за улавяне на серен диоксид от димни газове чрез 3D принтиране. В резултат на експериментално изследване, са определени и верифицирани данните за хидравличното съпротивление и задържащата способност по газ на тарелката със звънец. Определени са кинетичните параметри на абсорбционно-адсорбционния процес. Прилагането на съвременни техники, като CFD моделиране и адитивно производство при проектиране на реактори, позволява получаването на данни за процеса в различни мащаби.
6. Направена е оценка на фотокаталитичното окисление на моделен замърсител азобагрило (Acid Black 194.) с  $\text{TiO}_2$ , инкорпориран върху активен въглен чрез изследване на 4 проби: активен въглен с и без  $\text{TiO}_2$ . Пробите са получени по оригинален метод на пиролиза при едновременна активация, като тези с  $\text{TiO}_2$  са предварително пропивани с прекусор на катализатора. Тестовете с монохроматичното UV-C осветление показват, че фотокатализаторът  $\text{TiO}_2/\text{AC}-680^\circ\text{C}$  е по-ефективен поради по-голямата активност при осветяване във видимия спектър в сравнение с  $\text{TiO}_2/\text{AC}-830^\circ\text{C}$ .
7. Предложен е нов метод за едновременно почистване на серен диоксид и сероводород, и са намерени условията за едновременна редукция на серен диоксид и окисление на сероводород. Методът се основава на електрохимичния афинитет на двойката  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{SO}_2$ . Кривите на окисление на  $\text{H}_2\text{S}$  и редукция на  $\text{SO}_2$  са изследвани електрохимично с различни катализатори (DG (standard Degussa carbon black), кобалтов фталоцианин, пероскит, графит и Pt). Процесът може да се провежда в кисела или алкална среда. Въз основа на експериментални резултати, е разработен метод за пречистване на двата замърсителя при атмосферно налягане, чрез електрохимични средства.

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

Публикациите на доц. д-р Разказова-Велкова са намерили много добър отзвук в България и международната научна общественост. Десет научни труда са цитирани в публикации на български колективи, работещи в научната област на кандидатката. От представените 62 цитирания 52 са от автори от чужбина, при това повечето от тях са в списания с много високи наукометрични показатели, като:



*Chemical Engineering Journal* (IF = 13.4 и SiteScore = 21.7), *Applied Catalysis B: Environment and Energy* (IF = 20.3 и SiteScore = 38.6), *Renewable Energy* (IF = 9 и SiteScore = 18.4), *Separation and purification technology* (IF = 8.2 и SiteScore = 14.0), *International Journal of Hydrogen Energy* (IF = 8.1 и SiteScore = 13.5), *Journal of Water Process Engineering* (IF = 6.3 и SiteScore = 10.7), *Process Safety and Environmental Protection* (IF = 6.9 и SiteScore = 11.4) и т.н. Подобно цитиране дава информация за значимостта на публикациите и високите наукометрични данни на представените работи.

### 7. Критични бележки и препоръки.

Представените за конкурса материали са много грижливо подготвени и подкрепени документално. Нямам критични забележки нито по тях, нито по отношение на научните и научно-приложните приноси. Моята препоръка е да продължи със същото темпо научно-изследователската дейност и да публикува своите научни резултати в най-престижните световни издания.

### 8. Лични впечатления на рецензента за кандидата

Познавам бегло доц. д-р Елена Разказова-Велкова, но от кратките ни срещи съм останала с впечатление за мил, внимателен, отговорен и отзивчив човек. Въз основа на научната ѝ продукция считам, че тя е изключително трудолюбив, задълбочен и етичен изследовател.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените материали отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, на Правилника за приложението му и вътрешния Правилник за условията и реда за заемане на академични длъжности в ИИХ-БАН. Въз основа на запознаването с представените научни трудове, тяхната значимост, съдържащите се в тях приноси, намирам за основателно да предложа **доц. д-р Елена Николаева Разказова-Велкова** да заеме академичната длъжност „Професор“ в професионалното направление 4.2. Химически науки по специалността „Процеси и апарати в химическата и биохимичната технология“.

Дата: 05.01.2025 г.

Рецензент: 

(проф. Св. Браткова)