

РЕЦЕНЗИЯ

на материалите, представени за участие в **конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“** по Професионално направление 4.2. Химически науки (Радиохимия) за нуждите на Факултета по химия и фармация при Софийския университет „Св. Климент Охридски“ от **проф. дхн Димитър Стефанов Тодоровски**, пенсионер, бивш преподавател във Факултета по химия и фармация при Софийския университет „Св. Климент Охридски“

1. Административни бележки

Обявяване на конкурса: Държавен вестник, бр. 103/10.12.2021 г.

Заповед на Ректора за назначаване на Научно жури: РД-38-61/24.01.2022 г.

Определяне на Д. Тодоровски за рецензент: Протокол № 1/21.02.2022 г. на Научното жури.

Кандидат в конкурса: **д-р Боян Руменов Тодоров**, гл. ас. в Катедрата по аналитична химия на Факултета по химия и фармация на Софийския университет „Св. Климент Охридски“; Author ID (Scopus): 55682578600.

2. Кратки биографични данни за кандидата

Г-н Боян Тодоров е роден през 1978 г.

Образование. Г-н Тодоров се дипломира като магистър по Неорганична и аналитична химия в Химическия факултет на Софийския университет през 2001 г. През 2009 г. защитава докторска дисертация на тема „Определяне и оценка на разпределението на радионуклиди (^{137}Cs , ^{60}Co и ^{241}Am) в околната среда“ под ръководството на проф. дхн Румяна Джингова.

Професионален опит: 2002-2004 г.: Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН. От 2007 г.: асистент, от 2010 г. – гл. асистент в Лаборатория „Следови анализ: ИСП техники и радиоаналитични методи“ в Катедрата по аналитична химия към Факултета по химия и фармация на Софийския университет „Св. Климент Охридски“.

Специализации: University of Luxembourg (2006 г., 2 мес.), Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz (по 1 мес. през 2014, 2015, 2016 г.), University of Helsinki (2011, 1 год., postdoc-позиция; по 1 мес. през 2014, 2015, 2018 г.), Univ. de Barcelona (2019 г., 1 мес.).

3. Общо описание на представените материали

Представените материали са достъпни на електронната платформа Elearn на Софийския университет; те са записани в заявлението на д-р Тодоров за участие в конкурса и се състоят от следните папки: 1. Професионална автобиография, 2, 3. Дипломи за магистър и за ОНС „доктор“, 5-7. Документи за заеманите академичните длъжности във Факултета по химия и фармация, 10А. Списък на всички публикации на кандидата, 10В. Списък на публикациите, представени в конкурса, 11. Заглавия на дисертацията на кандидата, на проектите, докладите на научни форуми и на дипломните работи, изработени под негово ръководство и библиографско описание на научните публикации, 12. Справка за изпълнението на минималните национални изисквания според ЗРАСРБ, 13. Списък на цитатите на публикациите, представени в конкурса, 14. Авторска стравка за научните приноси, 15. Удостоверение за учебната работа на кандидата, 16. Списък на публикициите, представени в конкурса, разделени по индикатори „В“ и „Г“ и копия на публикациите, 17. Резюмета на представените публикации, 18. Копие на обявата за конкурса в ДВ. По искане на Научното жури кандидатът представи автореферата на дисертацията си, доказващ, че публикации, включени в дисертацията на се представени в конкурса.

Изпълнението на официалните минимални изисквания за заемане на академичната длъжност „доцент“ (според Закона и според препоръчителните критерии на Факултета по химия и фармация) е показано в следващата Таблица.

Публикационна активност, участие в научни проекти. Д-р Тодорон е автор на 23 публикации, 21 от които публикувани в списания с импакт-фактор. Общият импакт-фактор на списанията, в които са публикувани негови публикации е 31. Забелязани са 61 независими цитата. Hirsch-индексът на д-р Тодоров е 5.

Д-р Тодоров участва в конкурса с:

- 20 научни публикации, публикувани в периода 2010-2021 г. Тяхното разпределение по списания в зависимост от ранга им е показано в Таблицата. Повечето от статиите са публикувани в специализирани списания, вкл. авторитетните Separation and Purification

Таблица. Изпълнение на официалните минимални изисквания за заемане на академичната длъжност „доцент” и някои наукометрични данни за публикациите

Индикатор	А	В			Г					Д	Ж	
Точки												
Национални изисквания	50	100			200					50	-	
Препоръки на Факултета	50	100			220					70	70	
Д-р Боян Тодоров	50	102			228					74 ¹	230	
Ранг на списанието		Q1	Q2	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	-	Глава от книга ²		
Брой публикации		2	2	1	1	4	4	4	1	1		

¹ Кандидатът представя списък от 41 цитата, но 4 от тях са самоцитати на съавтори.

² Публикувана от J. Wiley & Sons.

Technology, Europ. J. Medicinal Chemistry, Applied Radiation and Isotopes, Applied Geochemistry, - списък със заглавията на 11 доклада (вкл. 3 устни) на научни форуми (2018-2021 г.) (без библиографско описание и резюмета); списък със заглавията (без детайлно описание) на 10 научни проекта (2008-2019 г.) (той е ръководител на два от тях), някои финансирани от ФНИ, европейска програма и МААЕ.

Авторската справка за научните приноси е всеобхватна и детайлна, съдържаща въведение към проблема и ясно изявени научни приноси в статиите, вкл. тези по индикатор „В”.

4. Научна работа

Основната част от научната работа на д-р Тодоров е в областта на **развитието и приложението на радиохимичните методи за синтез и анализ**. От гледна точка на обекта изследванията публикациите могат да бъдат разделени в три направления: 1. Анализ на радионуклиди и токсични замърсители в проби от околната среда и храни. 2. Получаване на потенциални радиофармацевтици и свързани с това проблеми. 3. Археометрия.

Основни резултати

4.1. Анализ на радионуклиди и токсични замърсители в проби от околната среда и храни

Следва да се отбележат няколко **съществени характеристики** на тези работи:

- Предмет на изследване са обекти от различен тип – почви, растения, седименти, води.
- Изследвано е поведението на природни (U, Th) и техногенни (⁶⁰Co, ¹³⁷Cs и, главно, ²⁴¹Am) нуклиди, токсични метали и пестициди. Изборът на ²⁴¹Am като представител на трансураниите е сполучлив поради дългия му период на полуразпадане (както и на дъщерните му изотопи) и високата радиотоксичност и, в същото време, наличието на гама-линия, подходяща за изследвания. ⁶⁰Co и ¹³⁷Cs са най-важните и най-често изследваните нуклиди в радиоекологията.
- Изследванията не са ограничени само до определяне на замърсителите, а се изследват важни проблеми, свързани с поведението им – трансферът на радионуклиди от почвата към растенията, наличието на биодостъпни форми, биоакмулирането на токсични елементи.
- Наред с гама-спектрометрията, прилагани са и няколко други аналитични методи.
- Публикациите са детайлни, всеобхватни с ясно изразени интердисциплинарни елементи; изведени са, където е възможно, важни за практиката изводи.

Работите от тази група са насочени в няколко направления:

4.1.1. Развитие на аналитични методи

- ✓ Проведени са няколко изследвания върху методите за екстракция на Am.
- **Предимството на метода, предложен в [12¹]** е възможността за определяне на биоусвоимата форма на Am (с добив 92%), а не на общото му съдържание. Имайки пред вид, че Am присъства в околната среда в много ниски концентрации и че биоусвоимата му форма е Am³⁺, авторите изследват неговите комплекси с флуорирани β-дикетони като специфичен

¹ Номерацията на публикациите следва номерирането в списъка на публикациите, представени за участие в конкурса; с „в” и „г” са отбелязани публикациите, отнасящи се съответно към индикатори „В” и „Г”.

реагент за Am, подходящ за екстракцията му от вода. Намерени са оптималните условия за образуване на комплекса при рН близо до неутралното, при които условия съществува Am³⁺.

- **По-нататъшно развитие на метода се съобщава в [4g].** Предложена е двустепенна процедура, подходяща за пробовземане в полеви условия, тъй като двете фази от екстракционната схема могат да бъдат разделени във времето – комплексообразуващият реагент се внася във водата (прясна или солена) при пробовземането, а екстракцията може да се извърши по-късно. **Методът позволява дълго съхранение на Am³⁺ в пробата преди анализа.**

- Много ниските съдържания на ²⁴¹Am и на другите антропогенни радионуклиди в повърхностните води (един до два порядъка по-ниски от тези на природните) стимулира изследователите да търсят по-ефективни методи за концентриране. **Вероятно изследването [5в] е първият опит за селективна екстракция на ²⁴¹Am от проби от околната среда при използване на йонни течности.** При използване на октилимидазолиев захаринат са намирани условия (буфер, присъствие на комплексообразуващи вещества и др.), позволяващи възпроизводимо концентриране и отделяне на ²⁴¹Am от ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co (фактори на разделяне 298 и 447). Предполага се, че наличието (при прилаганите условия на анализа) на повече комплексни форми на Am в сравнение с тези на Cs и Co благоприятства взаимодействието на Am с йонна течност и допринася за неговия по-висок добив при екстракцията.

- ✓ Чрез оптимизация на условията на измерване при ICP-MS-метода с лазерна аблация е постигнато определяне на 30 микро- и макроелементи в почви и седименти. **Главната новост в работата [8g] е предложената процедура за приготвяне на хомогенни пелети от изследваните проби.** За оптимизиране и валидиране на методиката са използвани сертифицирани референтни материали (разпространявани от МААЕ под формата на прах).

4.1.2. Радионуклиди и тежки метали в почви, растения и седименти

- ✓ Д-р Тодоров взема участие в **серия от обширни, детайлни и внимателно интерпретирувани изследвания на поведението на ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co в почви.**

- Проучено е влиянието на: (i) типа на почвата (изследвани са главно алувиална и кафява горска, но и други типове почви [2в]), (ii) околната температура – при резки понижения (-18 °C [1в]) или повишения [6г], (iii) засушаване на почвата, (iv) време след замърсяването с радионуклида (1-5 месеца [1в] или 3 год. [6г]) върху **геохимичното фракционироване на ²⁴¹Am в почвата, скоростта му на мигриране и достъпността му, времето за установяване на равновесие в почвата [2в].** Изследвани са възможностите на няколко екстракционни схеми за извличане на Am със следваща гама-спектрометрия.

- В резултат на изследванията са установени **водоразтворимостта на Am, свързаното му с органичните вещества, с почвените карбонати или с Fe/Mn-оксидо-хидроксили.** Засушаването или рязкото застудяване облекчават подвижността и биодостъпността на Am в алувиална почва (отличаваща се с ниско рН и високи катионообменен капацитет и пясъчливост). В богатата на глина канелено горска почва се наблюдава обратният ефект [1в]. Установено е времето след замърсяване, при което подвижността в почвата и достъпността на ²⁴¹Am са най-високи.

- Установено е, че рязкото повишаване на температурата или силното застудяване в продължение на един месец на алувиална почва, замърсена преди 3 год., води до различни промени във фракционироването на ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co [6г].

- Намерено е, че **промените в миграцията и биодостъпността на ⁶⁰Co и ¹³⁷Cs,** поради охлаждане/замръзване/засушаване на алувиална и кафява горска почви са различни. Повишена миграция и биодостъпност на ⁶⁰Co е установена само в алувиална почва [7г].

- От анализа на три „реколти“ от засята трева е намерен **факторът на пренос на ²⁴¹Am във веригата почва-растение [2в].** Престояването на пробите при 40 °C причинява нарастване на биоаккумуляцията на ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co в тревата [6г]. Намерено е, че при определени условия фракцията на обменяемия ¹³⁷Cs нараства двойно [6г].

Наблюдаваните ефекти са обяснени с влиянието на резките промени на температурата и почвената влажност върху органичните съединения в почвата, нейното рН, процесите на агрегация и др.

Резултатите от изследванията представляват принос за по-добра оценка на риска от радиоактивно замърсяване и по-специално от засилената миграция на радионуклидите,

преноса по хранителната верига и биоаккумуляцията им.

✓ Поради разположението на язовир Пчелина (на р. Струма, под индустриализирания гр. Перник) седиментите в него са *интересен обект за изследване на динамиката на техногенния принос към замърсяването на околната среда. Работата [15г] е едно от малкото и, вероятно, най-задълбочено и обширно изследване на тези седименти.* Представен е голям обем аналитични резултати, обработени с набор от статистически методи, довели до определяне на фактора на обогатяване (позволяващ разграничаване на антропогенното замърсяване от природното съдържание на елементи в седимента), последван от оценка на екоотоксичността (в изследваните седименти е установена ниска токсичност). *Измерването на γ -активността на ^{137}Cs (резултат на Чернобилската авария, 1986 г.) е позволило определянето на средната скорост на седиментация.*

✓ *Съдържанието на U и Th в почви и растения от района на мини Бухово* е определено по метода ICP-MS. Елиминирани са факторите, които могат да компрометират анализа. Намерените концентрации и отношението U/Th доказват замърсяване с U със сезонни вариации на формите на U и Th. Растителните проби са с повишени концентрации на Th и особено на U като стойностите зависят от типа и частта на растението [3г].

4.1.3. Анализ на токсични метали и пестициди

- Чрез ICP-MS анализ е установено съдържанието (14 ng/g – 18 $\mu\text{g/g}$) на Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb и Zn в два сорта ябълки. Приложената стъпкова аналитична процедура позволява определянето на елементите като водоразтворими, свързани с полифеноли и включени в лигнин. *Специално внимание е отделено на биоусвояемите форми на металите.* Проведената *in vitro* процедура включва симулирано храносмилане в стомаха и в червата на човека и води до данни за абсорбцията на съответните метали. Намереното високо съдържание (около 70%) на усвоими форми на Cu, Zn и Cd дава основание на авторите да препоръчат специално внимание към проблема особено в замърсените с Cd райони [11г].

- *Възможностите на HPLC-DAD като алтернатива на газовата хроматография за определяне на пестициди в повърхостни води* са показани в [13г]. Определени са точността, възпроизводимостта, границите на откриване и определяне, линейността и областта на приложение на предложения метод за всеки от изследваните пестициди. Изследвана е стабилността им във вода в продължение на 6 мес. при стайна температура и в климатична камера.

4.2. Получаване на потенциални радиофармацевтици и свързани с това проблеми

- Извършен е синтез на радиоактивно-белязани съединения за *in vivo* неинвазивни образни изследвания на ролята на (свързаната със заболявания на нервната система) пропил олигопептидаза. Синтезирани са два нови бифункционални пиролидина, белязани с ^{131}I , свързващи се специфично с изследваната пептидаза, с едно от които /4-(4-[^{123}I]йодофенил)бутаноил-L-пропил-2(S)-циано-пиролидин/ тя е маркирана. *Авторите са извършили голяма по обем и тежка, но плодотворна радиохимична работа. Известен метод на органичния синтез е адаптиран за условията на радиохимична работа (микро концентрации и обеми, висока радиоактивност, автоматична лабораторна установка).* Получен е, с голям радиохимичен добив (87 \pm 4%), продукт с радиохимична чистота >99% и активност 456 \pm 98 GBq/ μmol . Той е оценен чрез *ex vivo* изследване на биоразпределението му в мишки и чрез СПЕКТ-образно изследване [5г].

- *Разработен е вариант на метода за фотоизомеризация на cis-до trans- изомера на циклооктен* [12г]. Работата може да бъде свързана с тази група публикации, тъй като *trans*-изомерът е значително по-изгоден предшественик при провеждане на реакция за селективно маркиране на биомолекули при физиологични условия. Авторите извеждат теоретичен модел на термодинамичното равновесие в изследваната система и на тази основа *предлагат много по-лесна за изпълнение процедура, осигуряваща 3 до 5 пъти по-голям добив на trans-изомера* от колкото предложените в литературата методики.

- *Предложен е оптимизиран метод за рециклиране на облъчена вода, обогатена на ^{18}O .* Проблемът е икономически важен поради високата цена на обогатената вода и голямото

количество, отпадаща при белязането с ^{18}F на производни на глюкозата, използвани при позитронно-емисионната томография. **Основното предимство** на предложената 3-стъпкова процедура [4в] е отстраняването на съдържащите се във водата радионуклиди в първата стъпка като по този начин се намалява радиационното натоварване на персонала. Интересен подход е използван за отделяне на водата от органичните примеси чрез включването ѝ в Na_2SO_4 -кристалохидрат. *Качеството на рециклирана ^{18}O H_2O е сравнимо с това на търговския продукт и се постига с конвенционално оборудване при минимални загуби на маса и обогатяване* при много голямо намаление на радиоактивните отпадъци.

- *Работата [10г] представлява принос към оценката на екологичния ефект на така нар. радиофармацевтичен остатък, представляващ органичната част от радиофармацевтиците. Работата е пример за използване на методите QSPR в радиоекотични изследвания. **Подходът на авторите се различава от предложените прогностични модели**, които отчитат само химичната форма на радиоизотопа, пренебрегвайки нерадиоактивната част. Авторите боравят с голям брой бифункционални форми – част от съвременни радиофармацевтици, способни да участват в „клик” реакции. Приложението на клъстерен анализ и анализ на главните компоненти *позволяват определянето на ефекта на остатъци, за които все още няма експериментални данни.**

- *Обзорът [3в] отразява бързото развитие на изследванията на тераностичния ефект на Си-съдържащи радиофармацевтици. Базиран е на 196 литературни източника и **има амбицията „да подпомогне взаимното разбиране между различните специалисти, работещи в тази мултидисциплинарна област”.** По мое мнение тази цел е постигната. Обзорът съдържа детайлни данни за: (i) Получаване и свойства на медните радиоизотопи, подходящи за използване в ядрената медицина ($^{60,61,62,64,67}\text{Cu}$); тяхната цена за сега е определяща за приложението им, (ii) Дизайн и синтез на медни радиофармацевтици (развитието на медните бифункционални хелатори, много пълен обзор на биологичните *in vitro* и *in vivo* изследвания), (iii) Медицинско използване и тенденции в тераностичното им приложение.*

- *Обзорът [14г], базиран на 85 литературни източника, разглежда получаването на **супермагнитни железнооксидни наночастици** (както конвенционалните, така и наскоро развитите методи) и тяхното използване за пренос на противотуморни препарати и като контрастни агенти в образните биомедицински магнито-резонансни изследвания. Разгледана е ролята на повърхностните свойства, стабилността във вода и др., свързани с тераностичното им приложение. Изявени са факторите, влияещи на разделителната способност и чувствителността, вкл. по отношение на размера и колоидната стабилност. Обсъдени са токсикологичните ефекти, направено е сравнение с популярните Gd-контрастни агенти.*

4.3. Археометрия. Приложение на рентгено-флуоресцентния анализ

Резултатите в представените две археометрични изследвания са интересни както от археологична, така и от химична гледна точка. **По мое мнение работата [9г] е модел за организация на археометрично изследване.** (i) Това е първото изследване на златните обекти, от гробницата при Голямо Свещари (област Разград). (ii) Авторите отчитат едно от сериозните затруднения при работа с портативни апарати за рентгено-флуоресцентен анализ – липсата на подходящи материали за калибровка. Поради това те приготвят (с финансовата подкрепа на МААЕ) серия от златни стандарти. Един от тях е валидиран в три чуждестранни лаборатории. (iii) Извършено е детайлно описание на обектите и са проведени голям брой анализи. (iv) Резултатите са обработени чрез клъстерен анализ. (v) Археологичната интерпретация е обширна и задълбочена. На основата на прецизно определения състав на метален слитък, намерен в Черно море, е коригирана [2г] твърде сериозната грешка в неговото датиране, направена при предишни изследвания. В златните бижута от Голямо свещари е намерено много високо съдържание на злато (22,4-23,8 карата). Това е дало възможност да се предложи *хипотеза* за източника на суровини и за производствената технология на изследваните находки.

Основни научни приноси

1. *Принос към оценката на риска от замърсяване на почви, седименти, води и растения с техногенни радионуклиди и тежки метали, вкл. (i) Развитие на екстракционните методи за определяне на биоусвоим Am във води. (ii) Установено поведението (миграция,*

усвоими форми) на ^{241}Am , ^{137}Cs и ^{60}Co в почви и седименти и влиянието на редица фактори върху него. (iii) Оценка на трансфера на радионуклиди и токсични метали в хранителната верига. (iv) Оценка на радиоактивното замърсяване в област от специален интерес.

2. *Развитие, оптимизиране и приложение на радиохимични/химични/хемометрични методи в областта на радиофармацевтиците и свързани с тях проблеми*, вкл. (i) Радиохимичен синтез на нови, белязани бифункционални съединения, успешно използвани за *in vivo* образно изследване на полиолигопептидаза. (ii) Оптимизиран метод за рециклиране на обогатена на ^{18}O вода. (iii) Метод за получаване на предшественик за реакции за белязване на биомолекули. (iv) Оценка на коефекта от органичната част на радиофармацевтици.

Публикуваните детайлни и всеобхватни обзори са принос към по-доброто разбиране на състоянието и тенденциите в получаването на белязани с мед радиофармацевтици и супермагнитни железнооксидни наночастици и тераностичното им приложение.

3. На основата на прецизно проведени анализи са предложени *обосновани хипотези за датирание и за производствената технология на археологични находки*.

Цитиране. Забелязани са 37 цитата на девет от представените работи. Цитиращите работи са публикувани в специализирани списания в областта на радио-, гео-, неорганичната, координационната и медицинската химия, екологията и нуклеарната медицина. При оценяване на цитируемостта на работите на д-р Тодоров следва да се има пред вид, че 7 от 20 представени работи са публикувани през 2020 и 2021 г. и може да се очаква нарастване на броя на цитатите.

Личен принос. Средният брой съавтори в представените статии е 4,1, което може да се очаква за интердисциплинарни работи. Д-р Тодоров е 1-ви или 2-ри автор в 80% от публикациите и неговият личен принос е ясно изразен.

5. Учебна работа

Учебната работа на д-р Тодоров е впечатляваща. В последните 5 год. неговата средна обща учебна натовареност е 643 акад. часа, вкл. 537 часа аудиторна заетост, което съществено надвишава регламентиранияте университетски изисквания. Той чете лекции по няколко задължителни курса за бакалаври по Ядрена химия: Измерване на йонизиращи лъчения (30 ч.), Радиоаналитична химия (30 ч.), Радиоекология (15 ч.), като и по Радиоактивност в околната среда (30 ч.) за магистърската програма Радиохимия и радиоекология. Д-р Тодоров ръководи семинарни и лабораторни занятия към горните и още няколко курса. Под негово ръководство в периода 2010-2019 г. са изработени 17 дипломни работи, всички в областта на радиохимията.

Голямата и разнообразна учебна работа на д-р Тодоров се отразява на твърде високата стност на индикатор „Ж”. Трябва да се отбележи, че реалната стойност е дори по-голяма, тъй като участието на кандидата в научни проекти не е отчетено изцяло.

Заклучение

Представените в конкурса материали удовлетворяват изискванията на Закона и на критериите на Факултета по химия и фармация. Те представят д-р Тодоров като квалифициран учен и университетски преподавател в областта на радиохимията. Неговата научна работа е главно в областта на радиохимията, но повечето му работи съдържат ясно изразени интердисциплинарни елементи с приноси в синтетичната и аналитична радиохимия и радиоекология.

Познавам д-р Тодоров като студент и имах контакти с него до 2010 г. Той е ентузиазизиран и обещаващ млад учен и аз вярвам, че неговата промоция ще бъде полезна както за кариерното му развитие, така и за по-нататъшното развитие на радиохимичните изследвания във Факултета.

Имайки пред вид научната и педагогическа работа на д-р Тодоров, както и личното ми мнение предлагам на Научното жури *да предложи на Факултетния съвет гл. ас. д-р Боян Руменов Тодоров да бъде избран на академичната длъжност „Доцент” по Професионално направление 4.2. Химически науки (Радиохимия)* към Факултета по химия и фармация на Софийския университет „Св. Климент Охридски”.

24.3.2022 г.

Рецензент:

Д. Тодоровски