

## Авторска справка за приносния характер на трудовете на доц. дхн Георги Цветанов Цветков

представени за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност “професор” по професионално направление 4.2. Химически науки (Неорганична химия), обявен в ДВ бр. 50/15.06.2018 г.

Общият списък на научните публикации, на които съм автор или съавтор включва 73 работи, от които: 51 статии в реферирани международни списания, глава от книга, 17 публикации в български списания, сборници и годишници на научни институции с редактор и издателство, два автореферата, едно авторско свидетелство и една патента заявка. Цитатите на тези публикации (по SCOPUS, към 08.2018 г.) без самоцитатите на всички автори са 905 и съответно h-индекс 14. В настоящата справка трудовете са цитирани съгласно номерацията в пълния списък на публикациите.

За участие в конкурса представям 19 публикации, които не са използвани при защитата на дисертацията ми за образователната и научна степен „доктор” (2001 г.; A47-A49, C67-C69), в конкурса за доцент във ФХФ на СУ (2009 г.; A26-A51, C56-C69, D71 и E73) и при защитата на дисертацията ми за научната степен „доктор на науките” (2017 г.; A9-A14, A19, A20, A24, A25, A27-A29, A31, A32, A36-A38, A40-A42, B52, C56, C59, C60, C62, C63). Публикациите за конкурса включват 15 статии в реферирани международни списания (A1-A8, A15-A18, A21-A23), три публикации в годишници на научни институции с редактор и издателство (C53-C55), както и една патента заявка (E72). Тези работи са публикувани в периода 2009-2018 г. и имат 152 цитата (по SCOPUS, към 08.2018 г.) без самоцитатите на всички автори.

Препоръчителните критерии при заемане на академичната длъжност “професор” във ФХФ на СУ са сравнени с наукометричните показатели на кандидата в *Таблица 1*.

*Таблица 1.* Съответствие с препоръчителните критерии при заемане на академичната длъжност “професор” в СУ „Св. Кл. Охридски“ за професионално направление 4.2 „Химически науки”. В скоби са дадени статиите в списания реферирани в ISI Web of Knowledge и/или SCOPUS.

Критерий	Изисквани показатели	Кандидат
Общ брой научни статии	40 (30)	73 (51)
Научни статии, които не са включени в дисертационния труд за получаване на образователната и научна степен „доктор”	35 (25)	67 (48)
Научни статии, които не са включени в спечелен конкурс за „доцент”	15 (10)	31 (25)
Научни статии, които не са включени в дисертационен труд за научна степен „доктор на науките”	5 (3)	19 (15)
Научна степен "доктор на науките" или хабилитационен труд		"Доктор на науките" по 4.2 „Химически науки” (Неорганична химия)
Цитати в издания реферирани в ISI Web of Knowledge и/или SCOPUS	80	905

Изследванията, отразени в представените за рецензия научни трудове, тематично могат да се обединят в следните направления:

*i. Дизайн, синтез и приложение на нови микро- и наноразмерни преходно-метални оксидни системи.*

*ii. Получаване и изследване на физикохимичните свойства на въглеродни материали.*

*iii. Нови области на приложение и усъвършенстване на сканиращата трансмисионна рентгенова микроскопия (STXM).*

Резюметата на научните трудове в тези направления са изложени по-долу.

*i. Дизайн, синтез и приложение на нови микро- и наноразмерни преходно-метални оксидни системи.* Към това направление се отнасят публикации A1, A3-A5.

В A1 е предложен *нов метод* за получаване на 3D мезопорест композит NiO/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> с подобрени, спрямо индивидуалните компоненти, адсорбционни и фотокаталитични свойства. В основата на синтетичната процедура е формирането на тънък слой от Ni(OH)<sub>2</sub> върху повърхността на g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> посредством техниката “синтез чрез изпаряване на амоняк” и термичното му разлагане до NiO. Проведените спектроскопски и микроскопски анализи показаха образуването на йерархични структури от NiO, формиращи микроконтакти с g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Микроконтактите между двата полупроводникови компонента на композита водят до подтискане на процеса на рекомбинация между възбудените от видима светлина електрони и дупки в g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Подобрените текстурални и оптични характеристики на новия композитен материал, както и подходящото енергетично разположение на зоните им, доведоха да засилена адсорбция (18.2 mg g<sup>-1</sup>) и фотокаталитично разграждане на токсичното багрило Малахитово зелено във водна среда (96.1 % разграждане след 150 min облъчване с видима светлина). Бе установено, че основните участници във фотокаталитичния процес са супероксидните радикали ( $\bullet\text{O}_2^-$ ) и фото-индуцираните дупки ( $p^+$ ). Идеята, цялостния план на изследванията, синтеза на композитния материал, интерпретацията на по-голяма част от резултатите и оформянето на ръкописа са дело на Г. Цветков.

A3 е обзорна статия, представяща преглед на *in vitro* и *in vivo* биомедицинските приложения на повърхностно-функционализирани наночастици от железен оксид (IONPs) като средства за магнитно-резонансно изобразяване (MRI), напредъка в терапевтичните им приложения, като например хипертермия, както и наличните данни за токсичност на магнитните наночастици. Този обзор също така представя обобщение на използваните компютърни модели, като основа за цялостното разбиране на поведението и морфологията на функционализираните IONPs, за подобряване на повърхностния дизайн на наночастиците и разширяване на потенциалните им приложения в наномедицината. Приносите на Г. Цветков се състоят в обсъждане на структурата на статията и редакцията на текста.

В A4 и A5 е представена синтетична процедура за получаването на *нов биокомпозитен материал* – микрочастици от типа ядро-обвивка, състоящи се от изцяло покрити с наноразмерен ZnO поленови зърна. Предложеният синтетичен протокол може да се разглежда като пример за “зелена химия”, тъй като се използва възобновяем природен източник (борови полени), нетоксичен метален оксид и реакции във водна среда при стайна температура. Полученият биокомпозит се отличава с добре развита специфична повърхност (25 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) и мезопореста структура. Той показва висок

адсорбционен капацитет ( $145.9 \text{ mg g}^{-1}$ , напълно съпоставим с тези на известни в литературата наноструктурирани оксидни адсорбенти) спрямо моделен замърсител – Малахитово зелено, което го прави потенциален високоефективен и евтин адсорбент. Нещо повече, в А4 бе доказана и приложимостта на биокомпозита като фотокаталитичен материал за разграждане на същото багрило при облъчване с УВ-светлина. Микроструктурните характеристики на обвивката от ZnO са в основата на подобрената фотокаталитична активност (пълно разграждане на Малахитово зелено с начална концентрация  $3 \text{ ppm}$  след  $80 \text{ min}$  облъчване) в сравнение с наночастици от чист ZnO. Идеята, цялостния план на изследванията, синтеза на биокомпозитния материал, интерпретацията на по-голяма част от резултатите и оформянето на ръкописите са дело на Г. Цветков.

**ii. Получаване и изследване на физикохимичните свойства на въглеродни материали.** Към това направление се отнасят публикации А2, А7, А8, А18 и Е72.

В А2 е предложен сравнително прост метод за получаване на *нов мезопорест клетъчно структуриран въглероден материал* от евтин и възобновяем въглехидратен прекурсор – глюкозо-фруктозен сироп (известен още като царевичен сироп или изозахар). Посредством дехидратация с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при температури в интервала  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ - $150 \text{ }^\circ\text{C}$ , глюкозо-фруктозния сироп може да бъде трансформиран в твърда въглеродна пяна, която впоследствие успешно се активира при нагряване в инертна среда. При температури от  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  се наблюдава нарастване на специфичната повърхност до  $418 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  и подобряване на порестата структура на материала. Този резултат, заедно с ниската степен на графитизация (добра хидрофилност), както и наличието на подходящи функционални групи по повърхността на образците, го прави ефективен адсорбент за пречистване на води от лекарствения препарат Ацетаминофен (Парацетамол). Изследванията ни показаха, че адсорбционния капацитет нараства линейно с температурата на активиране и при материала получен при  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  имаме почти пълно отстраняване на моделния лекарствен замърсител (адсорбционен капацитет  $98.7 \text{ mg g}^{-1}$ ). Идеята, цялостния план на изследванията, синтеза на въглеродния материал, интерпретацията на по-голяма част от резултатите и оформянето на ръкописа са дело на Г. Цветков.

Патентната заявка Е72 надгражда резултатите съобщени в горната публикация (А2), като се предлага метод за получаването на нов пенест полифуранов материал с адсорбционни свойства, използвайки глюкозо-фруктозни сиропи като изходна суровина. Тя е свързана с работата на Г. Цветков като експерт по договор към ОП “Иновации и конкурентоспособност”.

В А7 е използвана широка палитра от спектроскопски (XPS и NEXAFS) и микроскопски (SEM, TEM, AFM) техники за анализ на микроструктурата и химичния състав на въглеродни пени, получени след термохимична обработка на въглищни смоли в присъствието на  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HNO}_3$ . За *първи път* е съобщено за формирането на сферични, слабо свързани с въглеродната матрица частици (среден размер  $0.28 \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$ ) в обема на твърдите пени. Детайлният анализ на рентгеновите фотоелектронни и абсорбционни спектри показва, че състава на тези частици е обогатен с органични съединения, в които въглеродния атом е в *sp*-хибридно състояние. Направено е предположение за процеса на формирането им и е доказано влиянието им върху механичните свойства на материалите (връзка структура-свойства). Изследваните

въглеродни пени са получени в ИОХЦФХ-БАН от доц. д-р Б. Цинцарски. Идеята, цялостния план на изследванията, интерпретацията на по-голяма част от резултатите и оформянето на ръкописа са дело на Г. Цветков.

В А8 е демонстриран *нов механохимичен подход* за получаване на активен въглерод от лигноцелулозен отпадък – обвивки от див кестен. При механохимична обработка в планетарна мелница на смес от кестенови обвивки и  $K_2CO_3$  се наблюдава процес на разграждане на лигноцелулозната матрица, който се задълбочава с увеличаване времето на смилане (от 1 до 4 часа). Последващото нагряване при  $700\text{ }^\circ\text{C}$  в инертна атмосфера води до допълнително взаимодействие и отделяне на летливите продукти, което е решаващо за получаването на краен продукт с високо развита специфична повърхност ( $1040\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ ) и мезопореста структура. Резултатите ни еднозначно показваха, че механохимичното активиране превъзхожда традиционното химично активиране на лигноцелулозни материали по отношение на текстурални, структурни и адсорбционни свойства на крайния продукт. Това изследване е проведено с участието на докт. Симона Михайлова и ще бъде част от Дисертационния ѝ труд. Идеята, цялостния план на изследванията, интерпретацията на по-голяма част от резултатите и оформянето на ръкописа са дело на Г. Цветков.

Публикация А18 разкрива значимостта на рентгеновата спектроскопия на фината структура в близост до абсорбционния ръб (NEXAFS) като аналитична техника за правилната интерпретация на структурата на въглеродни материали, получени след термична обработка на различни органични прекурсори. Сравнени са методи като рентгенова дифракция, Раманови спектроскопски техники и NEXAFS за установяване на структурната еволюция на антраценов кокс (графитизиращ материал) и захарни сажди (неграфитизиращ материал) при нагряването им в температурния интервал от  $450\text{ }^\circ\text{C}$  до  $2900\text{ }^\circ\text{C}$  в инертна среда. Предложена е *нова процедура* на разлагане на NEXAFS спектрите, която позволява извличането на точна количествена информация за еволюцията на ароматните слоеве във въглеродните материали с температурата. До момента статията е цитирана повече от 60 пъти в научната периодика. Приносите на Г. Цветков се състоят в получаването на NEXAFS спектрите посредством сканиращ трансмисионен рентгенов микроскоп и обсъждането на резултатите и текста на статията.

**iii. Нови области на приложение и усъвършенстване на сканиращата трансмисионна рентгенова микроскопия (STXM).** Към това направление се отнасят публикации А6, А15-А17, А21- А23, С53-С55.

Статии А15, А16, А23, С54 и С55 могат да бъдат обединени в една група. Касае се за изследвания на химичния състав и фазовите превръщания на различни по произход въздушнопреносими въглеродни частици и аерозоли.

В А23 детайлно е дискутиран химичния състав на въздушнопреносими въглеродни частици, получени в резултат на дизелови емисии и при изгарянето на дървесина. Анализът на NEXAFS спектрите на индивидуални частици със среден размер 30–40 nm показва наличието на идентични функционални групи, което прави този спектроскопски метод неподходящ за идентифициране произхода на частиците. Доказано бе, че спектралните им прилики се дължат на ефекта на стареене – съвкупност от бързопротичащи процеси на химична промяна на замърсителите под влияние на кислорода в атмосферата.

В *A16* е разработен и демонстриран *нов дизайн* на газова клетка, позволяваща провеждането на *in-situ* микроспектроскопски изследвания на субмикронни частици в контролирана газова среда с помощта на STXM микроскоп. Успешната реализация на новия инструмент е потвърдена от представените резултати за фазовите превръщания на индивидуални аерозолни частици от NaBr под влияние на влажността на средата. Разработената газова клетка бе използвана в *A15* и *C54* за *първо по рода си* микроспектроскопско проучване на моделна двукомпонентна аерозолна система, състояща се от неорганична (амониев сулфат) и органична (адипинова киселина) част. Бяха описани промените в микроструктурата на индивидуалните двукомпонентни частици като функция от влажността. Бе направено заключението, че новата методика позволява надеждното физикохимично охарактеризиране на индивидуални хигроскопични субмикронни частици от различен произход. В *C55* газовата клетка бе използвана за микроспектроскопско изследване на поведението на дизелови сажди (частици с диаметър  $<2.5 \mu\text{m}$ ) в среда с контролирана влажност. Приносите на Г. Цветков се състоят в получаването на NEXAFS спектрите посредством STXM микроскоп и обсъждането на резултатите и текста на публикациите.

В *A6* математическата процедура за количествен анализ на мембраните на поливинил-алкохолни микромехурчета (представена в *A27* и част от Дисертационния труд за дхн), посредством фитване на експериментално получените им рентгено-трансмисионни радиални профили, *е доразвита и приложена за ултраструктурно in-situ охарактеризиране* на температурно-чувствителни микрогелни частици от PMN-II във водна среда. Изследванията са проведени на STXM микроскоп и показват възможностите на техниката и предложената деконволюционна процедура за получаването на задълбочена информация за морфологичните промени на изследваните микрогелове при повишаване на температурата на средата. Количествено са описани установените различия в степента на свиване на ядрата на частиците в сравнение със зоните им на контакт с течната фаза. В *A6* снетите STXM изображения са дело на Г. Цветков. Той е участвал и в обработването на данните, структурирането и написването на статията.

В *A17* е *демонстрирана приложимостта* на STXM микроскопията за *in-situ* изследване на структурните и електронните свойства на органични полеви транзистори (OFETs) по време на работа. Използван е моделен транзистор от свръхтънки слоеве пентацен, отложени върху пропусклива за рентгеновите лъчи подложка от  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . За целите на експеримента е конструирана и въртяща се установка, позволяваща анализ на различните ориентации на пентаценовите нанокристали. Проучванията ни показаха, че наличието на кристали с различни азимутални ориентации могат да повлияят на транспортните свойства в ултратънките поликристални филми от пентацен. Показана и дискутирана бе и липсата на спектрални данни за промени в електронната структура на транзистора по време на работа. Приносите на Г. Цветков се състоят в снемане на STXM изображенията и NEXAFS спектрите, обсъждане на резултатите и текста на публикацията.

Статии *A21* и *A22* представят резултати, *позволяващи усъвършенстване на STXM микроскопията* по отношение на пространствената резолюция и получаваната структурна информация. В *A21* е демонстрирана *нова техника за производство* на Френелови лещи, които са ключов елемент в дифракционната оптика на STXM микроскопите. Посредством отлагане на атомни слоеве от иридий са получени лещи

със свръхвисока резолюция (разделителната способност  $\sim 10$  nm). Тези лещи са използвани за получаване на микроскопски изображения на тестови хетероструктури от GaAs/AlGaAs, при което ясно е показана възможността за визуализация на обекти с размер от 12 nm. В A22 освен кратък обзор на инсталирания през 2006 г. PoILux STXM, е съобщено и за въвеждането на нова детекционна система в микроскопа - CCD камера и съответния софтуер, позволяващи запис не само на абсорбционното изображение на образеца, но и на изображение, получено посредством диференциален фазов контраст. Приносите на Г. Цветков се състоят в снемане на STXM изображенията, обсъждане на резултатите и текста на публикациите.

Работа C53 има обзорен характер и представя един по-широк поглед за съществуващите в Института Паул Шерер в Швейцария експериментални техники и практики за решаване на проблеми в областите на материалознанието, екологията, биологията и ядрената енергетика. Ударението е поставено върху сътрудничеството с индустриални партньори за успешно разработване на нови технологии и иновации. Приносите на Г. Цветков се състоят в работа по частта, касаеща принципа и приложенията на STXM микроскопията.

### **Справка за участие в научно-изследователски проекти**

“Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“, договор № BG05M2OP001-1.002-0023-C01, Европейски фонд за регионално развитие, ОП “Наука и образование за интелигентен растеж”, 2018-2023 г. Участник.

“Постигане на оптимална среда за обучение, научни изследвания, иновации и устойчиво развитие на човешкия капитал в сферата на химическите науки: Адаптиране на образованието днес за утрешния ден“, договор BG05MOP001-2.009-0028, ОП „Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020 г., Бенефициент на безвъзмездна финансова помощ: Софийски университет „Св. Климент Охридски“ чрез Факултет по Химия и фармация. Участник.

“Разработване на активна въглеродна пяна от алтернативен природен източник (царевичен сироп HFCS)“, договор № BG16RFOP002-1.002-0429-C01, Европейски фонд за регионално развитие, ОП “Иновации и конкурентоспособност”, 2017-2019 г. Експерт.

Проект № 692146 H2020-TWINN-2015 към Европейски съвет, Materials Networking, 2016-2019 г. Ръководител на изследователска група “Група по нано-сктрутурирани материали, интерфейси и повърхности”.

”Спектроскопско и микроспектроскопско изследване на порести въглеродни материали от въглехидратни прекурсори” в рамките на Европейската програма COST Action MP 1306 “Съвременни инструменти за спектроскопия на авангардни материали: Европейска Платформа за Моделиране“, работна група (WG 2) “Спектроскопия”, 2016-2018. *Ръководител.*

„Разработване и провеждане на електронни форми на дистанционно обучение в Химическия факултет“, договор № BG051PO001-4.3.04-0033, Европейски социален

фонд 2007-2013, ОП „Развитие на човешките ресурси”, 2013-2014 г. Бенефициент: Факултет по Химия и фармация на СУ „Св. Климент Охридски”. Участник.

Проект: Beyond Everest “Развитие на научния потенциал на Химическия факултет на Софийския университет в областта на съвременните функционални материали за постигане на световно ниво на изследователската дейност”. FP7-REGPOT-2011-1. Бенефициент: Факултет по Химия и фармация на СУ „Св. Климент Охридски”. Участник.

“Синтез и адсорбция на газове в метал-органични микропорести материали – MOFs”. Договор № 174/08.05.2014, Университетски фонд „Научни изследвания”, Софийски университет. *Ръководител*.

“X-ray microspectroscopy of luminescent polymer films doped with lanthanide complexes”. Проект № 2010093, 2010, Funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013). *Ръководител*.

### **Справка за учебно-педагогическата дейност**

#### Г. Цветков води лекции по следните задължителни курсове:

От 2010: Обща химия със стехиометрични изчисления (спец. Химия, бакалаври, 60 ч.).  
Неорганична химия (спец. Инженерна химия и съвременни материали, бакалаври, 45 ч.).

От 2012: Неорганична химия I (спец. Фармация, магистри, 30 ч.) – *въведен нов курс*.

От 2016: Неорганична и аналитична химия (спец. Агробиотехнологии (БФ), бакалаври, 24.5 ч.) – *въведен нов курс*, съвместно с доц. д-р Анифе Ахмедова.

#### Водени са и лабораторни и семинарни занятия по следните задължителни дисциплини:

2005-2006: Физикохимия II ниво - Praktikum Physikalische Chemie für Fortgeschrittene в катедра “Физикохимия”, Факултет по химия и фармация, Фридрих-Александър Университет Ерланген-Нюрнберг.

2010-2011: Обща химия със стехиометрични изчисления (спец. Химия, задочно обучение, бакалаври, 75 ч.).

2010-2013: Обща и неорганична химия (Компютърна химия, бакалаври, 60 ч.)

2014-2015: Обща и неорганична химия (спец. Биотехнологии, бакалаври, 30 ч.),  
Неорганична химия (спец. Фармация, магистри, 30 ч.).

2015-2016: Обща и неорганична химия (спец. Молекулярна биология, бакалаври, 45 ч.).

Справка за учебната натовареност на Г. Цветков през последните 5 години е дадена в *Таблица 2*.

#### Ръководство на дипломанти и докторанти:

Съ-ръководител (заедно с Prof. Rainer Fink) на бакалавърска дипломна работа “Thermo-desorption of naphthalene on Ag(111)”, 2006, Gregor Bozek, катедра “Физикохимия”, Факултет по химия и фармация, Фридрих-Александър Университет Ерланген-Нюрнберг.

Съ-ръководител (заедно с проф. дхн Тони Спасов) на докторант Симона Михайлова, отчислена с право на защита. Тема: “Синтез и адсорбционни свойства на микро- и мезопорести материали”.

Таблица 2. Справка за учебната натовареност на Г. Цветков през последните 5 години.

2013/2014 учебна година		2014/2015 учебна година		2015/2016 учебна година		2016/2017 учебна година		2017/2018 учебна година	
годишен отчет		годишен отчет		годишен отчет		годишен отчет		планирана	
обща заетост	ауди- то рна заетост	обща заетост	ауди- то рна заетост	обща заетост	ауди- то рна заетост	обща заетост	ауди- то рна заетост	обща заетост	ауди- тор на заетост
423	315	430.8	300	412	315	399	315	403.2	315

#### Учебни пособия

“Application of photoemission and X-ray absorption techniques in biomaterials research” – електронен курс за дистанционно обучение за студенти магистри за всички специалности от ФХФ, 30 ч. лекции, 30 ч. семинари, разработен по Договор № BG051PO001-4.3.04-0033 „Разработване и провеждане на електронни форми на дистанционно обучение във ФХФ”.

Редактор на “Ръководство по обща и неорганична химия за фармацевти” с автори Христо Христов и Александър Биков, отпечатан за сметка на проект BG05M2OP001-2.009-0028 в 30 работни екземпляра, които са на разположение на преподавателите от обучаващото звено и студентите.

София, 08.2018

.....  
/Георги Цветков/