

РЕЗЮМЕТА НА ОСНОВНИТЕ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ПРИНОСИ

на гл. ас. д-р инж. Ивайло Димитров Хинков

представени за участие в конкурс за доцент по научна специалност

5.10. Химични технологии (Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология), обявен от ХТМУ в ДВ брой 106 от 23.12.2014 г.

Образованието и личните ми научни интереси ме насочиха да се занимавам вече 15 години основно с процеси на синтез, преобразуване и оформяне на наноматериали. Първоначално, дисертацията за получаване на научна степен „доктор“, която защитих през 2004 година в Университета Париж 13, беше свързана със синтез и математическо моделиране на процес на получаване на въглеродни нанотръби чрез електрическа дъга.

След това, в продължение на две години, работих като постдокторант в Университета *McGill* в Канада, върху получаване на въглеродни нанотръби в реактори с електродъгов плазмотрон с постоянен ток или високо-честотен индукционен плазмотрон.

Още една година работих като постдокторант в Института по материали Жан Руксел в Нант, Франция, по проект, свързан със синтез на въглеродни наноканали чрез плазмено химическо отлагане на материали в паро-газова среда (*Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition – PECVD*).

Този опит ми позволи да се запозная, от една страна, със специфични процеси и различни сфери от материалознанието, а от друга, да придобия технически умения, свързани главно с анализ и охарактеризиране на наноматериали.

От 2008 година работя като главен асистент в ХимикоТехнологичния и Металургичен Университет (ХТМУ) в София, където основните дейности, преподавателска и научноизследователска, които извършвам, са насочени към процеси и апарати в химичната технология, към математическо моделиране, и не на последно място, към наноматериали и нанотехнологии.

От 2011 година насам, съм канен четири пъти, всеки от които за едномесечен период, като гост професор в Университета Париж 13, където участвам в различни проекти, свързани основно с моделиране на механизми на образуване и нарастване на въглеродни наноструктури в плазмен (*PECVD*) реактор, както и с моделиране на хидродинамиката в

течнофазни реактори с разбъркване за получаване на неорганични наночастици и нановлакна.

Придобитите опит и знания ми позволяват да представя кандидатурата си за участие в конкурса за доцент по научна специалност 5.10. Химични технологии (Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология), обявен от ХТМУ в Държавен Вестник, брой 106 от 23.12.2014 година, като успешното му преминаване ще бъде изцяло в полза на развитието на научните дейности в Университета и на неговите студенти.

Тематиката на работата, в периода между защитата на дисертацията за получаване на научна степен „доктор“ и настоящия конкурс, е разделена в няколко направления:

- I. Синтез и моделиране на въглеродни нанотръби и наноструктури чрез плазмени методи
- II. Синтез на наноматериали чрез полиол-методи
- III. Синтез на сребърни наночастици чрез химическа редукция
- IV. Оценка на риска, свързан с нанотехнологии и наноматериали
- V. Екстракция на полезни съставки от природни суровини
- VI. Кинетика на импрегниране със свръхкритичен въглероден диоксид
- VII. Други

I. СИНТЕЗ И МОДЕЛИРАНЕ НА ВЪГЛЕРОДНИ НАНОТРЪБИ И НАНОСТРУКТУРИ ЧРЕЗ ПЛАЗМЕНИ МЕТОДИ

Процесът на синтез на въглеродни нанотръби (ВНТ) чрез електрическа дъга представлява изпаряване на графитен електрод, съдържащ метални частици, служещи като катализатори, в инертна среда от аргон, хелий или техни смеси [C31, C32]. Основните предимства на този метод, в сравнение с останалите плазмени техники за получаване на въглеродни нанотръби, са относително ниската му цена и опростената конструкция. Разработен е подход, съчетаващ експериментална работа и математическо моделиране, за да бъдат обяснени механизмите на образуване и нарастване на тези структури, както и да бъдат контролирани техните свойства, с цел намиране на различни потенциални приложения.

Реактори с електродъгов плазмотрон с постоянен ток дават възможност за работа с големи количества и с разнообразни изходни въглеродни суровини за синтез на въглеродни нанотръби [C30]. Относително високата температура в плазмата позволява декомпозирането на евтини течни въглеродни прекурсори, налични в търговската мрежа.

Също така, синтезът може да бъде провеждан при непрекъснат режим на работа. Този метод позволява по-добър контрол на процеса, както и по-задълбочен анализ на процесите, протичащи в зоната, в която се образуват въглеродните нанотръби. Реакторите с високочестотен индукционен плазмотрон представляват интересна разновидност на предходните реактори, тъй като течните прекурсори могат да бъдат инжектирани директно в плазмата, без да е необходимо предварителното им изпаряване.

За разлика от предходните две техники, методът на получаване на въглеродни нанотръби чрез плазмено химическо отлагане на материали в паро-газова среда (*Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* – PECVD) позволява синтезирането на многостенни ВНТ, които нарастват върху субстрат (най-често изработен от силиций). Въпреки, че качеството на получените нанотръби е по-лошо в сравнение с тези, произведени например по метода на електрическата дъга, тази техника е единствената позната до момента, която води до получаването на синтез на ориентирани ВНТ [C5, C21]. Този метод на получаване е от особен интерес когато се налага пространствена ориентация на въглеродните нанотръби, при реализацията на някои специфични приложения на тези материали. Техниката позволява също така и по-добър контрол на размерите на използваните метални катализатори, от които зависят както дължината, така и структурата на получените ВНТ. Първоначално, за целта, е необходимо катализаторът (например никел или желязо) да бъде нанесен върху субстрата под формата на тънък слой метални частици. Нанасянето може да бъде осъществено чрез електродъгов разряд във вакуум (*Thermoionic Arc Vacuum* - TVA). Методът може да бъде използван също така и за реализиране на тънки (например волфрамови) покрития върху въглеродни филми [C13].

Научни приноси:

- Оптимизиран е процес на синтез на въглеродни нанотръби чрез електрическа дъга, с цел да бъдат контролирани характеристиките на получените нанотръби, като диаметър, електропроводимост или брой на стените [C31, C32].
- Диаметрите на едностенни въглеродни нанотръби, получени по метода на електрическата дъга, могат да бъдат контролирани чрез използване на смес от хелий и аргон в различни съотношения като инертна среда в реактора [C31, C32]. Това може да бъде обяснено с различните топлинни ефекти, възникващи при смесване на двата газа.
- Разработени са различни подходи за математическо моделиране (0D и 1D) на процеса на синтез на ВНТ в плазмен реактор с електрическа дъга [C31, C32]. Изчислени са температурните и концентрационните профили в пространството между двата електрода. За целта е използвана кинетична схема, в която участват 84 вещества и 554 хомогенни химични реакции в газова фаза, към която са добавени хетерогенни повърхностни реакции, описващи „отворен“ модел на образуване на въглеродните нанотръби. С помощта на този механизъм е изчислена скоростта им на нарастване.

- За първи път е използван тетрачлоретилеи католуреурсор за синтез на въглеродни нанотръби в реактор с електродъгов плазмотрон с постоянен ток [C30].
- С помощта на софтуерния продукт *ANSYS Fluent* е разработен 2D математичен модел и са симулирани концентрационните профили на въглеродните вещества в реактор с електродъгов плазмотрон с постоянен ток, при условия на термодинамично равновесие. Изследвано е влиянието на налягането върху разпределението им в реактора и акумулирането на въглерод по вътрешните стени на дюзата [C30].
- Синтезирани са вертикално ориентирани многостенни ВНТ чрез *PECVD* метод в плазмен реактор тип *Bell Jar* [C5]. Газова смес от метан водород и кислород е декомпозирана върху силициев субстрат, върху който предварително е нанесен тънък слой от частици катализатор (никел или желязо) с дебелина между 1 и 3 nm. Това нанасяне е осъществено чрез електродъгов разряд във вакуум (*Thermoionic Arc Vacuum* - TVA).
- Установено е, че дифузията на въглерода в металните каталитични частици, ограничава нарастването на въглеродните нанотръби при *PECVD* синтез [C5]. Това води до различна скорост на нарастване на ВНТ, която зависи от вида на избрания катализатор и работните условия на процеса на синтез.
- Установено е, че желязото е по-добър катализатор от никела при *PECVD* синтез на ВНТ [C5]. Използването му води до получаване на плътно разположени една до друга вертикално ориентирани въглеродни нанотръби. Наблюдава се по-висока скорост на нарастване в сравнение с никел, използван като катализатор. Този резултат се обяснява с различната скорост на дифузия на въглерода в желязото и никела.
- Разработен е 2D математичен модел, с цел да бъде получена допълнителна информация за концентрацията на въглеродните вещества и радикали, в близост до каталитичните частици в *PECVD* реактор [C5]. Кинетиката в газова фаза е моделирана с помощта на 43 химични реакции, в които участват 13 неутрални вещества. Предложени са и 18 повърхостни хетерогенни реакции, включвайки 7 твърди вещества и 5 вещества от газовата фаза. Всички тези химични реакции водят до симулиране на нарастването на въглеродни нанотръби върху твърдата повърхност на субстрата. Предложеният модел позволява да бъдат изчислени температурните и концентрационните профили в плазмения реактор при различни работни условия, както и скоростта на нарастване на ВНТ, като стойностите са близки до тези, получени експериментално.
- С помощта на оригинален метод на електродъгов разряд във вакуум (*Thermionic vacuum arc method* - TVA), върху въглеродни филми с дебелина от около 2500 nm са реализирани повърхостни покрития, представляващи тънък слой от волфрам с дебелина 200 nm [C13].

По тематиката са публикувани 6 статии:

- C5 I. Hinkov, S. Farhat, C.P. Lungu, A. Gicquel, F. Silva, A. Mesbahi, O. Brinza, C. Porosnicu, A. Anghel (2014). Microwave plasma enhanced chemical vapor deposition of carbon nanotubes. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology* 4(4), 196–209.

Разработен е 2D математичен модел, отчитащ едновременно масообмен, хомогенни химични реакции в газова фаза и хетерогенни повърхностни реакции, протичащи в PECVD реактор за синтез на въглеродни нанотръби. Изследвана е кинетиката на плазма от водород, метан и кислород, и са определени параметри, трудни за експериментално измерване, като времето и пространственото разпределение на веществата, температурният профил, както и хидродинамиката в PECVD реактора. Изчислената средна скорост на нарастване на въглеродни нанотръби е 8,3 $\mu\text{m/h}$. Изследвано е, също така, и влиянието на температурата на субстрата върху тази скорост. Установено е, че при промяна на тази температура от 873 K до 1273 K, скоростта се увеличава от 0,5 до 45 $\mu\text{m/h}$. Подобни разработки, свързани с моделиране на синтез на въглеродни нанотръби чрез PECVD, се срещат рядко в научната литература.

- C13 C.P. Lungu, A. Marcu, C. Porosnicu, I. Jepu, A.M. Lungu, P. Chiru, C. Luculescu, R. Banici, D. Ursescu, R. Dabu, I.D. Feraru, C.E.A. Grigorescu, G. Iacobescu, M. Osiac, J. Kovač, V. Nemanič, I. Hinkov, S. Farhat, A. Gicquel, O. Brinza (2012). Terawatt laser system irradiation of carbon/tungsten bilayers. *Physica Status Solidi (A) Applications and Materials Science* 209(9), 1732–1737.

(Impact Factor: 1.525)

С помощта на оригинален метод на електродъгов разряд във вакуум (Thermionic Vacuum Arc - TVA) са реализирани повърхностни покрития върху въглеродни филми с дебелина от около 2500 nm, представляващи тънък слой от волфрам с дебелина около 200 nm. Получените двуслойни материали въглерод/волфрам са облъчени с лазер (TEWALAS, 360 ps) при продължителност на импулса 100 fs и енергия на импулса 110-150 mJ. Анализът на пробите, извършен чрез електронна дифракция, позволява да бъдат идентифицирани ромбододекаедрични структури, съответстващи на диамант. Направената Раманова спектроскопия показва също така специфичен пик при 1330 cm^{-1} , отговарящ на диамант. Резултатите от направената рентгенова фотоелектронна спектроскопия показват, че в облъчените части от материала, увеличението на въглеродните C-C, sp^3 връзки стига до 39,4% в сравнение става в нетретираните зони, което е 30,8%. Морфологията на образуваните от лазерното облъчване отвори в материала е изследвана с помощта на оптичен и сканиращ електронен микроскоп.

- C30** L. Guo, J.-L. Meunier, I. Hinkov (2007). The evolution of carbon precursors for carbon nanotube synthesis in a DC plasma torch reactor. *Proceeding of the 18th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC-18)*, August 26–31, 2007, Kyoto, Japan.

В тази работа е използван тетрахлоретилен като прекурсор на въглерод за синтез на въглеродни нанотръби, в реактор с електродъгов плазмотрон с постоянен ток. Предложен е кинетичен модел, отчитащ дисоциацията на тетрахлоретилена. С помощта на софтуерния продукт ANSYS Fluent са симулирани концентрационните профили на въглеродните прекурсори в реактора, при условия на термодинамично равновесие. Изследвано е влиянието на налягането върху разпределението на въглеродните вещества в реактора и акумулирането им по вътрешните стени на дюзата на плазмотрона. Резултатите от проведените симулации потвърждават експериментално установените наблюдения, че аргон, използван като инертна среда, води до по-добри резултати в сравнение с хелий.

- C31** I. Hinkov, S. Farhat, C.D. Scott (2005). Influence of the gas pressure on single-wall carbon nanotubes formation. *Carbon* 43(12), 2453–2462.

(Impact Factor: 6.160)

Експериментално, както и с помощта на математическо моделиране, е изследвано влиянието на налягането на газа върху концентрационния профил на веществата в реактора и върху скоростта на нарастване на едностенни въглеродни нанотръби, синтезирани по метода на електрическата дъга при специфични работни условия. Получените числени резултати са сравнени с експерименталните и е установена връзка между скоростта на нарастване и налягането. Използвани са аргон и хелий като инертни газове. Общото работно налягане е променяно от 0,1 до 1 bar. Експериментално е установено, че както скоростта на ерозия на анодна, така и специфичната повърхност на синтезирания въглероден материал, съдържащ въглеродни нанотръби, са силно чувствителни към общото налягане на газа в реактора.

- C32** S. Farhat, I. Hinkov, C.D. Scott (2004). Arc process parameters for single-walled carbon nanotube growth and production: experiments and modeling. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 4(4), 377–389.

(Impact Factor: 1.339)

Едностенни въглеродни нанотръби са синтезирани по метода на електрическата дъга. Експериментално и числено е изследвано влиянието на основните параметри на процеса, като сила на тока, налягане и разстоянието между електродите, с цел определяне на оптимални работни условия. Най-добри резултати, свързани с добива на въглеродни нанотръби, са получени при използване на хелий като инертен газ. Диаметрите на нанотръбите могат да бъдат контролирани чрез използване на смес от хелий и аргон в различни съотношения. Като допълнение към експерименталните изследвания, е

разработен подход за моделиране на процеса при допускане на локално термодинамично равновесие, с участието на хомогенни и хетерогенни химични реакции. Кинетичният модел в газова фаза включва 81-неутрални въглеродни вещества (C_1 , C_2 , ..., C_{79} , C_{60F} , C_{70F}) и 554 химични реакции. Аксиалните температурни и концентрационни профили в реактора са предсказани, в зависимост от основните параметри на процеса. Скоростта на нарастване на въглеродните нанотръби е симулирана с помощта на повърхностни хетерогенни реакции симулиращи „отворен модел“ на растеж. Подробно е обяснен използваният механизъм на нарастване на въглеродни нанотръби. Изчислените скорости са между 100 и 1000 $\mu\text{m}/\text{min}$.

- C21** И. Хинков, С. Дянков, М. Кършева (2011). Изработване на порести мембрани за ултра- и нанофилтруване. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LVIII, Issue 3, pp. 279–284, October 14–15, 2011, Plovdiv, Bulgaria.

Процесите на ултрафилтруване и нанофилтруване намират все по-широко приложение в хранително-вкусовата промишленост. Налаганите високи стандарти за хранителните продукти, свързани с ниско съдържание на мазнини или ниска калоричност, изискват все по-прецизни техники за разделяне. Въпреки обещаващите перспективи, стоящи пред ултрафилтруването и нанофилтруването, все още съществуват нерешени проблеми по отношение предимно на изработването на сложни мембрани, които забавят масовото им приложение. В тази разработка е представен оригинален PECVD подход за получаване на нанопорести мембрани от силициев диоксид. Първоначално са синтезирани вертикално ориентирани въглеродни нанотръби, които на следващ етап са покрити с тънък слой от SiO_2 , а след това отстранени, с помощта на гравирание в кислородна среда. За целта са използвани различни реактори за плазмено отлагане на химични пари. Относително ниската температура на плазмите, използвани при този подход, предлага възможност за прецизен контрол на растежа на въглеродните нанотръби, на покритията от силициев диоксид, както и на процеса на гравирание.

II. СИНТЕЗ НА НАНОМАТЕРИАЛИ ЧРЕЗ ПОЛИОЛ-МЕТОДИ

Полиол-процесите са съвременни химични методи за получаване на метални прахове, както и на метални и други неорганични наночастици. Тези процеси позволяват суспендиране на даден метален прекурсор (хидроксид, ацетат, оксид...) в течна среда (полиол), като тази среда може да се нагрява до температурата на кипене на полиола. Предимството на този метод, в сравнение с класическата химическа редукция, се състои в многостранната роля на полиола. Той играе едновременно роля на разтворител на метални йони, на среда за образуване и нарастване на твърдите частици, действа като редуктор, а в някои случаи и като комплексобразуващ агент. Неговата висока температура на кипене

позволява разтварянето на голям брой метални соли, които могат да бъдат редуцирани при определена температура в относително широк диапазон.

Синтезът на наноматериали в полиолна среда предизвиква засилен научен и практически интерес през последните две десетилетия, тъй като получените продукти намират разнообразни приложения, например в електрониката или при изработване на фотоволтаични енергийни устройства. За голяма част от подобни приложения, са необходими прецизни методи и апаратура, водещи до получаване на наночастици с еднакви размери и форма, в относително големи количества. Сериозно предизвикателство пред учените, обаче, остава разработването на контролиран и възпроизводим синтез, в пилотен и промишлен мащаб. За целта е необходимо да бъдат изучени по-задълбочено процесите на образуване на зародиши, както и на нарастване на наночастиците, свързани със специфична кинетика, топлообмен, масообмен и хидродинамика. Тъй като тези процеси са мащабно зависими, от изключително значение е да бъде разработен надежден метод за математическо моделиране и мащабен преход, използвайки информация и данни получени от по-малък, лабораторен реактор.

Научни приноси:

- В пилотен реактор и в полиолна среда (диетилен гликол) са синтезирани относително големи количества наночастици от цинков оксид. Дисипацията на кинетичната енергия е симулирана с помощта на разработени *CFD (Computational Fluid Dynamics)* модели. Установено е, че размерите на наночастиците и полидисперсността на твърдата фаза намаляват при локално увеличаване на дисипацията на кинетична енергия [C1, C4].
- Чрез полиол процес са синтезирани биметални едномерни магнитни наночастици от кобалт и никел, затворени от двете страни с конични глави. С помощта на математичен модел е направен мащабен преход от лабораторна към пилотна инсталация [C3].
- С цел да бъде изучена хидродинамиката в пилотен реактор за синтез на наночастици чрез полиол методи, са предложени различни подходи за 3D математическо моделиране и мащабен преход [C1, C4]. За целта е използван софтуерният продукт *ANSYS Fluent*. Симулирано е движението на флуиди (полиол) в затворен цилиндричен реактор с механично разбъркване с помощта на различни бъркалки. Направено е сравнително изследване върху малък лабораторен реактор с цел мащабен преход.

Резултатите са оформени в 3 публикации:

- C1** M. Hosni, S. Farhat, I. Hinkov, M. Ben Amar, A. Kanaev, N. Jouini (2015). Mixing strategies for zinc oxide nanoparticles synthesis via polyol process. *AIChE Journal*. Article first published online: 8 Feb 2015, DOI: 10.1002/aic.14737.

(Impact Factor: 2.581)

Изследван е ефектът от разбъркването и смесването върху морфологията на наночастици от цинков оксид, синтезирани чрез полиол процес, използвайки цинков ацетат, вода и диетилен гликол. Предложени са три стратегии за смесване: чрез механично разбъркване, чрез използване на Т-образен смесител, и чрез разпръскване. Морфологията на получените частици е изследвана с помощта на трансмисионен електронен микроскоп и на рентгеноструктурен анализ. Хидродинамиката и по-специално дисипацията на кинетичната енергия са симулирани с помощта на разработени CFD модели, необходими при проектиране, оптимизация и мащабен преход на процеса на синтез. Установено е, че размерите на наночастиците и полидисперсността намаляват при локално увеличаване на дисипацията на кинетична енергия. Процесът, проведен при една и съща температура, 353 K, не води до получаване на наночастици в реактора с механично разбъркване, а води до получаването на частици с изключително малки размери (около 6 nm), при използване на Т-образен смесител или разпръскване. Този резултат е свързан с геометрията на различните конфигурации, водещи до образуване на микро завихряния и на микро смесване, описани от Колмогоров.

- C3** N. Ouar, S. Farhat, I. Hinkov, G. Wang, C. Ricolleau, S. Mercone, Z. Fatih, F. Schoenstein, N. Jouini (2015). Magnetic nanowires synthesis: A chemical engineering approach. *AIChE Journal* 61(1), 304-316.

(Impact Factor: 2.581)

Биметални едномерни магнитни наночастици от кобалт и никел, затворени от двете страни с конични глави, са синтезирани с помощта на полиол процес. Направен е мащабен преход от лабораторна към пилотна инсталация, с цел получаването им в количества от около 20 грама. Стратегията, използвана при мащабния преход, включва изследване на различни механизми за разбъркване на реагентите в реактора и по-точно на влиянието на аксиалното и радиалното смесване. Предложената стратегия е експериментално потвърдена и е направено сравнение на структурните и магнитните свойства на получените наночастици. Резултатите показват връзка между хидродинамиката на потока, размера и формата на наночастиците. Когато е използвана Rushton турбина, се получават къси едномерни наночастици с нехарактерни малки глави. Тъй като магнитното поле е локализирано или изцяло в близост, или вътре в тези глави, коерцитивното поле се увеличава почти двойно. Тези резултати са потвърдени от симулации, при които са използвани единични едномерни наночастици. Едновременно с това, хидродинамиката в лабораторния и в пилотния реактор са симулирани с помощта на разработени триизмерни CFD модели.

- C4** S. Farhat, N. Ouar, M. Hosni, I. Hinkov, S. Merccone, F. Schoenstein, N. Jouini (2014). Scale up of the polyol process for nanomaterial synthesis. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering* 2(9), 1–11.

Два вида неорганични наноматериали: метални нанонишки от кобалт и никел (Co/Ni), както и едномерни метални наночастици от цинков оксид (ZnO) са синтезирани чрез полиол процес. Направен е мащабен преход с цел получаването им в големи количества, като синтезът е проведен в цилиндричен реактор с периодично действие с диаметър 15 см и обем от 4,5 литра. Разбъркването е реализирано с помощта на права двуплаткова бъркалка или Rushton турбина. Полученият добив от синтеза (при една операция) е около 45 грама цинков оксид и около 20 грама наночастици от кобалт и никел. При едни и същи обороти на разбъркващото устройство (турбина Ръштън, създаваща радиален поток в реактора), получените частици от цинков оксид и нанонишки (Co/Ni) имат наноразмери, показват по-ниско отношение на дължината към диаметъра, както и полидисперсност. Това се дължи на увеличението на локалната дисипация на кинетичната енергия. Тази дисипация е изчислена с помощта на CFD (Computational Fluid Dynamics) математичен модел, разработен с програмен продукт ANSYS Fluent. Предложеният модел може да бъде използван за проектиране, оптимизиране и мащабен преход на полиол процеса.

III. СИНТЕЗ НА СРЕБЪРНИ НАНОЧАСТИЦИ ЧРЕЗ ХИМИЧЕСКА РЕДУКЦИЯ

Сребърните наночастици намират все по-голямо приложение в редица области. Те се употребяват като катализатори, в текстилното инженерство, в електрониката, в оптиката и най-вече в медицината, като бактерицидно и като терапевтично средство. Сребърни йони се използват в състава на зъбни композитни смоли, в медицински изделия (костен цимент и превързочни материали), като антимикробен агент (в дезинфектантни спрейове, възглавници, респиратори, чорапи, мокри кърпички, почистващи препарати, сапуни, шампоани, пасти за зъби и други потребителски продукти).

Съществуват различни методи и техники за синтез на сребърни наночастици. Те се разделят, основно, на високо температурни (плазмени) и на методи при умерена температура. В зависимост от метода на синтез, от работните условия и параметри, наночастиците могат да приемат различни форми (сфери, кубове, тетраедри, нишки и др.) и размери. Най-лесен за реализиране, като сравнително прост и евтин, е методът на химическа редукция. Този процес може да бъде провеждан с участието и на външни полета, като например микровълни или ултразвук.

Научни приноси:

- Разработени са оригинални „зелени“ методи за получаване на сребърни наночастици чрез химическа редукция в ултразвуково или микровълново поле [C2, C7, C12, C20].
- Проведени са редица експерименти за определяне на влиянието на различни макроскопични работни параметри върху тези два процеса и върху морфологията на получените продукти [C2, C7, C12, C20].
- Синтезираните сребърни наночастици са анализирани с помощта на UV/Vis спектрофотометрия и трансмисионен електронен микроскоп, с цел определяне на размерите и формата им [C2, C7].
- Сребърните наночастици са интегрирани в целулоза и са направени микробиологични изследвания, с цел доказване на антибактериалното им действие. Такива материали биха намирали приложение като антибактериални покрития на опаковъчни материали, използвани в хранителната промишленост [C2, C7, C12, C20].

По тематиката са публикувани 6 статии:

- C2** V. Popov, I. Hinkov, S. Diankov, M. Karsheva, Y. Handjiyski (2015). Ultrasound-assisted green synthesis of silver nanoparticles and their incorporation in antibacterial cellulose packaging. In press, *Green Processing and Synthesis*. Published Online: 5 Feb 2015, DOI: 10.1515/gps-2014-0085
- C7** V. Popov, I. Hinkov, S. Diankov, M. Karsheva, J. Handjiyski (2014). Ultrasound-assisted green synthesis of silver nanoparticles with highly efficient anti-bacterial properties. *Proceeding of the International Congress on Green Chemistry and Sustainable Engineering* (ISBN: 978-989-95089-3-4), July 29–31, 2014, Barcelona, Spain.

Антибактериалната активност на наночастиците зависи от специфичната повърхност, която се намира в контакт с микроорганизмите. Голямата специфична повърхност на наночастиците подобрява антибактериалното им действие. В тези статии е представен „зелен“, лесен, бърз и ефективен метод за синтез на сребърни наночастици с помощта на ултразвук. За получаването им е използван воден разтвор на сребърен нитрат, етанол и амоняк. Поради ниската си цена, предложеният метод може да бъде приложен лесно в научни разработки или в промишлеността. Изследвана е връзката между времето на престой в ултразвуково поле и количеството и морфологията на образуваните сребърни наночастици. Получените продукти са анализирани чрез трансмисионна електронна микроскопия и UV-VIS спектрофотометрия. Сребърните наночастици са интегрирани в целулоза с помощта на ултразвук. Проведено е микробиологично изследване върху така получени целулозни образци.

- C12** В. Попов, И. Хинков, М. Кършева, С. Дянков, В. Лашева, Й. Ханджийски (2013). Изработване на антибактериални целулозни хранителни опаковки, съдържащи сребърни наночастици. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LX, pp. 1010–1013, October 18–19, 2013, Plovdiv, Bulgaria.

*Поради ниската си цена и лесна реализация в лабораторни и промишлени условия, методът за синтез на сребърни наночастици чрез химическа редукция в ултразвуково поле, представлява интересна алтернатива на класическите методи. Получени са разтвори, съдържащи сребърни наночастици и е проведено изследване върху влиянието на основните работни параметри върху продуктите. Количеството сребро в получените разтвори е измерено чрез атомно- абсорбционен анализ. Наночастиците са интегрирани в целулозна маса, с цел получаване на целулозни отливки, върху които са проведени микробиологични тестове. Резултатите от това изследване показват, че бактерии *E. coli* не могат да преминат през целулозни повърхности, съдържащи сребърни наночастици.*

- C20** I. Hinkov, S. Diankov, M. Karsheva, V. Lasheva, I. Ivanov, Y. Handzhiyski (2011). Synthèse de nanoparticules d'argent par voie micro-onde et leur intégration dans des feuilles de cellulose pour des applications agroalimentaires. *Revue de Génie Industriel* 6, 16–22.

*Предложен е „зелен“ метод за синтез на сребърни наночастици. Методът използва безопасни за човешкото здраве и околната среда материали, и външно (микровълново) поле при синтеза. Получените сребърни наночастици са интегрирани в целулозни структури, с цел получаване на нови опаковки за хранителни продукти с антибактериален ефект, дължащ се на бактерицидните свойства на среброто. Проведените микробиологични анализи доказват, че бактериите *Escherichia coli* не могат да се развият на така получените целулозни проби, дори и при ниско съдържание на сребърни наночастици.*

- C26** A. Tomova, O. Popovski, I. Hinkov, I. Seikova, A.T. Dimitrov (2010). Application of nano-scaled silver in food packaging. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LVII, Issue 2, pp. 453–458, October 15–16, 2010, Plovdiv, Bulgaria.

Среброто отдавна е известно като силен антибактериален агент. Въпреки това, употребата му е претърпяла бурно развитие през последните години не само в медицината, но и в голям брой потребителски продукти, в това число детски играчки, биберони, козметика, текстил, почистващи препарати, кухненски дъски, хладилници и миялни машини. В тази разработка е получен нано-структуриран сребърен прах чрез електроотлагане. Работният потенциал е определен от кривата на поляризация, в граници от -0,82 до -1,24 V, със съответни моментни електронни плътности от 1 до 2 A.cm⁻². Проведените микроскопските анализи, показват, че размерите на наночастиците в сребърния прах са в граници от 20 до 80 nm.

- C15** В. Лашева, М. Кършева, И. Хинков (2012). Проучване на възможностите за използване на наноматериали и нанотехнологии в опаковки за храни. *Опаковки и Печат (Package Printing Converting Magazine)* 2, 27–32.

Иновациите, свързани с приложението на нанотехнологиите в опаковките за храна, и контрола на тяхното качество, са основни акценти в хранително-вкусовата промишленост. Опаковката може да бъде направена „умна“, което означава, че може да отговаря на условията за безопасна околна среда или да изпрати сигнал на потребителя за замърсявания и наличие на патогени. Целта на тази публикация е проучването на съвременните приложения на нанотехнологиите при асептично опаковане. Потенциални решения за някои от недостатъците на антибактериални опаковки могат да бъдат предоставени от нанотехнологиите. Използването на сребърни наночастици в опаковането е вече широко изследвано. Сребърните наночастици могат да бъдат сравнително равномерно разпределени в матрици от различни материали като целулоза, пластмаса и др., и така да бъдат по-ефективни при унищожаване на бактерии и гъбички.

IV. ОЦЕНКА НА РИСКА, СВЪРЗАН С НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛИ

Ползата от нанотехнологиите и практическото приложение на наноматериалите е безспорна. Въпреки това, те крият рискове, които трябва да се вземат под внимание. Все повече възниква необходимостта от приемането и прилагането на подходяща нормативна уредба, от информиране на обществеността и заинтересованите лица за тези рискове, и за намиране на начините за справяне с тях. Няма още отговори на редица въпроси, свързани с влиянието на наноматериалите върху хората и животните, с контролирането на критичната концентрация на наноматериалите, чието завишаване би застрашило здравето на хората, и с негативното влияние на всички известни до сега наноматериали върху хората и околната среда.

Този проблем е изключително важен, поради голямото разнообразие от наноматериали и нарастващия брой на работници и потребители, изложени на тяхното въздействие. Необходимо е да бъдат направени допълнителни проучвания за степента на токсичност на наноматериалите, при различни нива на излагане под тяхното въздействие. Едновременно с провеждането на всякакви изследвания от учените и използването на нанотехнологии и наноматериали от индустриите, е необходимо да се извършва обмен на информация между тях, за да се избегнат потенциалните рискове за човешкото здраве.

Научни приноси:

- Представени аспекти на въздействието на наноматериали с биологичните системи, приложения на нанотехнологията в хранителния сектор, оценка на риска, регулация и управление на риска [C17, C23, C28].
- Симулирано е на разпространението в атмосферата на диметилсулфоксид, адсорбиран по повърхността на въглеродни нанотръби [C23].

По тематиката са публикувани 3 статии:

C17 И. Хинков, К. Ангелова (2012). Нанотехнология и здравен риск. *Proceeding of the IX National congress of nutrition with international participation "Nutrition science between discussions and evidences"*, pp. 17–20, May 19–22, 2011, Varna, Bulgaria.

Нанотехнологиите създават функционални системи на молекулно ниво с приложения в много сектори на обществото, както и в новите области бионанотехнология и наномедицина. Значителна степен на различие в свойствата и експозицията на наноматериалите налага нови предизвикателства към оценката и управлението на потенциалния риск и безопасност на нанотехнологиите. В тази статия са представени аспекти на въздействието на наноматериалите с биологичните системи, приложения на нанотехнологията в хранителния сектор, оценка на риска, регулация и управление на риска.

C23 I. Hinkov, S. Diankov, S. Tchaoushev (2010). Evaluation des risques liés aux nanotubes de carbone. *Revue de Génie Industriel* 5, 20–24.

Предвид нарастващите приложения на въглеродни нанотръби в електрониката и производството на композитни материали, през следващите години броят на работниците, изложени въздействието на тези структури, се очаква да се повиши значително. Поради тази причина, е необходимо да бъде оценен рискът от разпространението на въглеродни нанотръби в дадена среда, като например въздух или вода. В тази статия е представена симулация с помощта на софтуерния продукт ALOHA (Aerial Location Of Hazardous Atmosphere) на разпространението в атмосферата на диметилсулфоксид, адсорбиран по повърхността на въглеродни нанотръби. Определена е рискова зона от приблизително 700 метра.

C28 I. Hinkov, K. Angelova (2009). Nanotechnology – potential health risk. *Bulgarian Journal of Public Health* 1(4), 61–67.

Нанонауката представлява интердисциплинарна научна област и система от иновативни методи за контрол на процеси в нанодименсии (10^{-9} m). Нанотехнологията създава функционални системи на молекулно ниво с приложения в много сектори на

обществото, както и в новите области бионанотехнология и наномедицина. Значително различаващите се свойства и експозиция на наноматериалите налагат нови предизвикателства към оценката и управлението на потенциалния риск, и безопасност на нанотехнологията. Представени са ключовите аспекти и приложенията на нано науката и нанотехнологията, оценката на риска, взаимодействието на наноматериалите с биологичните системи и регулаторната рамка на управлението на риска.

V. ЕКСТРАКЦИЯ НА ПОЛЕЗНИ СЪСТАВКИ ОТ ПРИРОДНИ СУРОВИНИ

През последните години нараства потребителското търсене на козметични и хранителни продукти, съдържащи натурални съставки. Това се дължи на необходимостта да се компенсират последиците от оксидативния стрес, дължащи се на нездравословния начин на живот и стреса, в който живее населението. Проведено е комплексно изследване на екстракция на полезни съставки от растителни суровини и отпадъчни растителни продукти. На получените екстракти е изследвано общото съдържание на полифеноли, антиоксидантната активност и съдържанието на флавоноиди. Процесът на екстракция е оптимизиран по различни параметри – температура, размери на частиците, концентрация на екстрагента и температура на сушене на екстрактите. Изследването е съсредоточено върху различни видове билки, типични за България и екзотични растения. От растителните отпадъци са изследвани обелки от цитрусови плодове: лимони, грейпфрут, портокал.

Научни приноси:

- Установено е, че всички изследвани суровини са богати на полифеноли и проявяват висока антиоксидантна активност [C6, C8, C9, C11, C16, C18, C22, C25].
- За процеса на екстракция играе важна роля концентрацията на екстрагента (изследвани са разтвори на етанол във вода) [C6, C8, C9, C11, C16, C18, C22, C25].
- Температурата на екстракция също е важен фактор за повишаване на добивите, но до не много високи стойности, тъй като повечето извличани съединения са термолабилни [C25].
- Получените екстракти са използвани при формулиране на фитокозметични композиции с подхранващ и антиоксидантен ефект [C6, C8, C11, C25].
- Чистотата на козметични състави, съдържащи натурални съставки, е тествана с помощта на микробиологични изследвания [C6, C8, C11].

По тематиката са публикувани 8 статии:

- C6** K. Petkova-Parlapanska, V. Nancheva, S. Diankov, I. Hinkov, M. Karsheva (2014). Rheological properties of cosmetic compositions containing rosemary and grapefruit pulp and seeds extracts. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy* 49(5), 487–493.

Съвременните козметични композиции представляват комбинации от синтетични и естествени съставки. Познаването на реологичното поведение позволява да бъдат контролирани както структурата, така и качеството на продуктите, чрез включване на допълнителни добавки в състава им, или чрез промяна на параметрите на работния режим при процеса на получаване. С помощта на клатачна машина, при температура 20°C, са получени екстракти от розмарин и от семки и пулпа от грейпфрут с водно-етанолови разтвори. Определени са общото съдържание на полифеноли и антиоксидантният капацитет на екстрактите. Приготвени са козметични композиции със стеаринова киселина и емулгатор – 3-етаноламин. Получените екстракти са използвани като консерванти вместо широко употребяваните за целта метилпарабени. Изследвано е реологичното поведение на козметичните композиции. Установено е, че всички те проявяват тиксотропия. Емулсиите, съдържащи екстракт от семки от грейпфрут имат различно реологично поведение, което може да бъде описано с бингамовия реологичен модел. Този ефект може да бъде обяснен чрез състава на екстракта и влиянието му върху рН на разтвора. Установено е, че екстрактът от семки от грейпфрут има киселинни свойства и влияе върху рН на средата. Чистотата на козметични композиции е тествана чрез микробиологични изследвания. Установено е, че бактериални колонии *E. Coli* не се развиват дори три месеца след приготвянето на композициите. Натуралните екстракти от розмарин и от семки и пулпа от грейпфрут проявяват антибактериални свойства и могат успешно да бъдат използвани като заместител на парабените.

- C8** K. Petkova-Parlapanska, S. Diankov, I. Hinkov, M. Karsheva (2014). Phytocosmetic compositions prepared with an extract from golden root (*Rhodiola rosea*). Total polyphenol contents and antioxidant capacity. *Proceeding of the International Congress on Green Chemistry and Sustainable Engineering* (ISBN: 978-989-95089-3-4), July 29–31, 2014, Barcelona, Spain.

Представен е екологично чист „зелен“ подход за екстракция на полезни съставки от Златен корен (*Rhodiola rosea*) и за интегрирането на получените екстракти в козметични композиции с висока антиоксидантна активност и високо общо съдържание на полифеноли. Определени са оптималните работни условия при процеса на екстракция. Представена е кинетиката на екстракция по метода на стандартната функция. Получените екстракти от Златен корен с най-високо общо съдържание на полифеноли и най-висока антиоксидантна активност, са използвани като заместител на парабените, при приготвяне на козметични композиции на базата на стеаринова киселина. Изследвани са стабилността, както и антибактериалната активност на получените композиции. Установено е, че бактериални колонии не се наблюдават дори след период от три месеца

след приготвянето им. Естествените екстракти от Златен корен проявяват добри антибактериални свойства и могат да бъдат използвани като заместител на парабените.

- C9** S. Diankov, K. Parlapanska, I. Hinkov, M. Karsheva (2013). Cinétique d'extraction de substances actives de chardon aux ânes (*Onopordum acanthium*). Capacité antioxydant des extraits. *Récents Progrès en Génie des Procédés*, № 104, Ed. SFGP, October 8–10, 2013, Paris, France.

Изследван е процесът на екстракция на активни вещества от обикновен гингер (*Onopordum acanthium*). Екстракцията е проведена в продължение на 60 минути при стайна температура и отношение на суровина/разтворител 0,1 g/ml. Използваният разтворител е смес от етанол и вода в различни обемни проценти: 0; 20; 50 и 70%. Кинетиката на процеса е проследена в течната фаза. Установена е характерната форма на кинетичните криви, показваща достигане на равновесие след около 40 минути. Общата маса екстрахирани вещества е максимална при използване на разтворител, съдържащ 20% об. етанол. Резултатите, получени при 50 и 70% об. етанол, са много близки, като извлеченото количество е на половината на това, извлечено при 20%. При екстракция с чиста вода, то е значително по-ниско. Общото съдържание на полифеноли е определено по метода на Folin-Ciocalteu, с помощта на проби, взети на 60-та минута. Най-добри резултати, 7,96 mg/g, са получени с разтворител, съдържащ 20% об. етанол. Антиоксидантната активност е определена чрез метода DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Минималното количество екстракт, което неутрализира 50% от свободните радикали и следователно има максимална антиоксидантна активност, е 0,64 g/l, получено с разтворител, съдържащ 20% об. етанол. Установена е интересна пропорционална зависимост между общата маса на екстракта съдържанието на полифеноли и антиоксидантната активност.

- C11** К. Петкова-Парлапанска, В. Нанчева, М. Кършева, И. Хинков, С. Дянков (2013). Екстракция на биоактивни компоненти от растителни суровини. Приложение на получените екстракти като заместители на метилпарабени в козметични композиции. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LX, pp. 488–492, October 18–19, 2013, Plovdiv, Bulgaria.

Козметични композиции са приготвени и оставени в продължение на 4 месеца за проверка на стабилността им. Установено е, че не се наблюдава разслояване на композициите, нито изсъхване. Направен е извод, че в рамките на експерименталния период, композициите проявяват стабилност. В резултат на проведените експерименти, може да се заключи, че екстрактите от розмарин и от семки и пулпа на грейпфрут могат да бъдат използвани като заместител на метилпарабени. Всички приготвени композиции са устойчиви спрямо едни от най-разпространените микроорганизми *E.coli*.

- C16** S. Diankov, M. Karsheva, I. Hinkov, E. Kirova, K. Parlapanska (2012). Ultrasound assisted extraction of active compounds from thuja cones. Study of the antioxidant capacity of extracts. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LIX, pp. 92–95, October 19–20, 2012, Plovdiv, Bulgaria.

В тази статия е изследвано получаването на екстракти, богати на полифеноли от шишарки на туя и определяне на техния антиоксидантен капацитет. Антивъзпалителните, антиалергичните и антисептични свойства на такива екстракти би представлявал интерес за по-нататъшното им използване в хранително-вкусовата, фармацевтичната и козметичната промишленост. Процесът на екстракция е проведен в ултразвуково поле, с цел разкъсване на клетъчните мембрани и улесняване екстракцията на полезни компоненти от растителната матрица. Проследена е кинетиката на екстракцията в твърда и течна фаза. Ходът на кинетичните криви, получени при екстракция в ултразвуково поле, е сходен на тези при конвенционална екстракция. Наблюдавана е пропорционалност между общия извлек, общото съдържание на полифеноли и антиоксидантната активност на екстрактите.

- C18** S. Diankov, M. Karsheva, I. Hinkov (2011). Extraction of natural antioxidants from lemon peels. Kinetics and antioxidant capacity. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 46(3), 315–319.

Изследвано е влиянието на размера на твърдите частици и концентрацията на екстрагента върху кинетиката на екстракция на лимонови кори с водно-етанолови разтвори. Изучено е също и общото съдържание на полифеноли и антиоксидантната активност на получените екстракти. Установено е, че размерът на твърдите частици оказва силно влияние върху процеса. Влиянието на концентрацията на екстрагента е почти незначително за изследваната система и условия. Определено е общото съдържание на полифеноли и антиоксидантната активност на получените екстракти. Лимоновите кори са обещаващ и евтин отпадък с възможно приложение в хранително-вкусовата и козметичната промишленост, като източник на естествени антиоксиданти.

- C22** С. Дянков, М. Кършева, И. Хинков (2011). Екстракция на полифеноли от портокалови кори и определяне на антиоксидантна активност. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LVIII, Issue 2, pp. 123–128, October 14–15, 2011, Plovdiv, Bulgaria.

Изследвана е екстракция на полифенолни съединения от отпадъчен продукт – портокалови кори с водно-етанолови разтвори. Изучена е кинетиката на процеса на екстракция. Определено е общото съдържание на полифеноли и антиоксидантната активност на получените екстракти. Резултатите са сравнени с предишни резултати, получени при използване на популярни български билки. Установено е, че портокаловите кори демонстрират високо съдържание на полифеноли и антиоксидантна активност,

което ги прави евтина и перспективна суровина за хранително-вкусовата и козметичната промишленост.

- C25 S. Georgieva, M. Karsheva, I. Hinkov (2010). Flow properties and stability tests of cosmetic compositions containing natural plant extracts. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LVII, Issue 1, pp. 369–374, October 15–16, 2010, Plovdiv, Bulgaria.

Получени са козметични композиции на основата на стеаринова киселина, съдържащи зехтинови и глицеринови екстракти от мащерка, невен и жълт кантарион. Техните реологични отнасяния са изследвани при четири различни температури. Установено е, че всички композиции са псевдопластични и проявяват тиксотропия. Повишаването на температурата води до намаляване степента на тиксотропия. Температурата води до експоненциално понижаване на индекса на консистентност, а зависимостта на реологичния индекс на течение от температурата минава през максимум. Композициите са демонстрирали стабилност през време на деветмесечен период на съхранение.

VI. КИНЕТИКА НА ИМПРЕГНИРАНЕ СЪС СВРЪХКРИТИЧЕН ВЪГЛЕРОДЕН ДИОКСИД

Рециклирането на токсични разтворители, често използвани във фармацевтичната и хранително-вкусовата промишленост, е необходим, но скъп процес. Важно е крайният продукт да не съдържа остатъчен разтворител. Ограничаването на технологии, използващи токсични разтворители, води до намаляване на енергията, необходима за рециклиране, както и до получаване на чисти продукти. По този начин се намалява вредното въздействие върху околната среда. Интересна алтернатива представляват процесите, водени в среда на свръхкритичен въглероден диоксид, при които не се налага използване на токсични разтворители.

Научни приноси:

- Импрегнирано е моделно органично съединение върху полимери чрез адсорбция на свръхкритичен CO₂. Изследвано е влиянието на дебита на свръхкритичния разтворител, на налягането и на полимерната подложка върху проскокните криви и адсорбираното количество [C14, C27].
- Разработен е математичен модел, описващ процеса на импрегниране на биосъвместими полимери с моделно органично съединение с помощта на свръхкритичен въглероден диоксид, използван като разтворител и среда за импрегниране. [C14, C24].

По тематиката са публикувани 3 статии:

- C14** S. Diankov, P. Subra-Paternault, I. Hinkov, I. Pentchev (2012). Adsorption of o-hydroxybenzoic acid on polymers in supercritical carbon dioxide medium: experimental and modeling. *Bulgarian Chemical Communications* 44(4), 399–406.

(Impact Factor: 0.349)

- C27** S. Diankov, P. Subra-Paternault, I. Hinkov, I. Pentchev (2010). Cinétique d'imprégnation en milieu CO₂ supercritique. Etude expérimentale. *Revue de Génie Industriel* 5, 89–97.

Представена е експериментална инсталация за импрегниране на моделно органично съединение (о-хидробензоева киселина) върху полимери чрез адсорбция в полунепрекъснат режим. Като разтворител и среда за провеждане на процеса, е използван свръхкритичен CO₂. Целта е да се изследва влиянието на дебита на свръхкритичния разтворител, на налягането, както и на полимерната подложка върху проскочните криви и адсорбираното количество. Пробите от свръхкритичната фаза са анализирани чрез Високоэффективна Течна Хроматография. Установено е, че адсорбираното количество нараства при повишаване на налягането и намалява при увеличаването на дебита на свръхкритичния разтворител. Разработен е 1D математичен модел с локално равновесие, който добре описва проскочните криви. Числените резултати показват добро съответствие с експерименталните.

- C24** S. Diankov, P. Subra-Paternault, I. Hinkov, I. Pentchev (2010). Modeling of impregnation kinetics in supercritical CO₂ medium. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LVII, Issue 1, pp. 441–446, October 15–16, 2010, Plovdiv, Bulgaria.

В статията е подробно представен разработен математичен модел, описващ процеса на импрегниране на биосъвместими полимери с моделно органично съединение (о-НВА), с помощта на свръхкритичен въглероден диоксид като разтворител и среда за импрегниране. Предложеният едномерен модел е с локално равновесие. Той добре описва проскочните криви и числено получените стойности за импрегнираното количество показват добро съвпадение с експериментално измерените.

VII. ДРУГИ

- C10** С. Дечева, И. Хинков, М. Кършева, С. Дянков (2013). Моделиране на хидродинамиката в цилиндрични съдове с механично разбъркване. *Scientific Works "Food Science Engineering and Technologies"*, Vol. LX, pp. 1215–1218, October 18–19, 2013, Plovdiv, Bulgaria.

При производството на много храни и напитки се използват различни процеси на смесване и разбъркване. С цел да бъде предсказана хидродинамиката на турбулентните потоци в съдове с разбъркване, е разработен триизмерен модел с помощта на софтуерния продукт ANSYS Fluent. Проведени са симулации за два основни вида бъркачки, работещи при различни обороти – турбина и права лопаткова бъркачка. Използвани са два флуида с коренно различни термодинамични характеристики: вода и глицерин. Предложените модели могат да бъдат използвани за предсказване на хидродинамиката при разбъркване в различни съдове или реактори, с цел да бъде избрана подходяща апаратура и най-вече подходящ механизъм за разбъркване.

- C19** I. Saykova, I. Hinkov, R. Blazhev, A. Maître (2011). Numerical evaluation of 2D electrostatic boundary-value problem within biphasic dielectrics. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 46(2), 155–160.

В статията е представен числен подход за решаване на уравнението на Лаплас в безкрайна област, при материали с нехомогенни свойства, използвайки гранични условия на Дирихле и Нойман. С помощта на софтуерния продукт FEMM (Finite Element Method), използващ метода на крайните елементи, е предсказано разпределението на електрическото поле при двуфазни диелектрици, отчитайки ефектите на фазово разпределение. Ефектът на усилване на полето е изследван при различни повърхностни фракции и при различни отношения на проникваемост на средите.

- C29** I. Hinkov, S. Diankov, M. Karsheva (2009). Nanocomposite coating process to improve food packaging. *Scientific Works "Food Science, Engineering and Technologies"*, Vol. LVI, Issue 2, pp. 325–330, October 23–24, 2009, Plovdiv, Bulgaria.

Разработен е нов, оригинален подход за получаване на якостни нанокomпозитни покрития от въглеродни нанотръби и мед чрез плазмено напластяване чрез разпръскване. Многостенни въглеродни нанотръби и медни частици са агломерирани и след това подложени на плазмено разпръскване. Посредством тази техника, могат да бъдат образувани тънки нанокomпозитни покрития върху различни опаковъчни материали. Те могат да бъдат използвани като анти-бактериална преграда, както и за намаляване на потенциалния риск от замърсяване на хранителни продукти. Получените покрития са анализирани с помощта на сканиращ електронен микроскоп. Изследванията показват, че въглеродните нанотръби са добре интегрирани в металната медна матрица.