

Институт по физикохимия „Акад. Ростислав Каишев”

**Годишен научен отчет
за 2023 г.**

ПО ТЕМАТИКА 1: Авангардни материали и технологии на базата на електрохимично получени метални, сплавни и модифицирани полимерни покрития със защитни, декоративни и електрокаталитични свойства

Задача 1.1. ОТЛАГАНЕ И КОРОЗИОННО ОХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ТЪНКИ ЗАЩИТНИ ЗОЛ-ГЕЛ СЛОЕВЕ ВЪРХУ СТОМАНЕНИ И ПОЦИНКОВАНИ ПОДЛОЖКИ

1. Описание на постигнатите резултати

Беше продължена работата по получаването и цялостното охарактеризиране на многослойни защитни системи от зол-гел покрития на основата на ZrO_2 и TiO_2 зол-гел слоеве върху подложки от нисковъглеродна стомана, покрита електрохимично с подбрани цинкови сплави – Zn-Co(3 т.%) и Zn-Ni(10 т.%). Установени са оптималните състави на прекурсорните разтвори и условията за получаване на стабилни золи за нанасяне на оксидните филми от TiO_2 и ZrO_2 върху избраните подложки.

Отложени бяха оксидни филми от ZrO_2 върху поцинкована стомана (сплави Zn-Co или Zn-Ni) с дебелини съответно 1, 5 и 10 микрона. Отложени са и оксидни филми от TiO_2 върху същите подложки, но с дебелина 10 микрона. Беше установено, че дебелината на галванизирания слой оказва силно влияние както върху корозионното поведение на тези системи, така и върху някои допълнителни показатели – топография на повърхността, ъгъл на омокряне и други.

Корозионните характеристики на тези два вида двуслойни системи бяха изследвани в моделна тестова среда на 5% NaCl. Анализирани бяха фазовият и елементен състав (с помощта на методите XRD, EDX, XPS), както и морфологията и топографията на повърхността (SEM, AFM). Определена беше защитната способност срещу корозия с помощта на потенциодинамични поляризационни криви (PDP) и измерване на поляризационното съпротивление (R_p) и потенциала на „отворена верига“ във времето. Оценена бе хидрофобността на покритията чрез измерване на контактния ъгъл. Двата вида системи демонстрираха висока корозионната устойчивост при условията на външна поляризация и „условия на отворена верига“ в сравнение с чистия цинк.

Получените експериментални резултати са обобщени и са направени изводи и избор на покрития с добра корозионна устойчивост и защитна способност на галванизирана стомана в моделна корозионна среда на 5% NaCl. Предложеният метод е подходящ за получаване на защитни системи с добри повърхностни характеристики и адхезия. Ново появилите се в резултат на корозионното третиране продукти осигуряват по-добра защита срещу корозия в моделната среда поради бариерните си свойства. Установено е, че прилагането на подслой от цинковата сплав Zn-Co(3 т.%) осигурява подобрена корозионна устойчивост и защитна способност в сравнение със случая, когато подслоят е от обикновен цинк или от другата изследвана сплав – Zn-Ni(10т.%).

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1. Boshkova N., Stambolova I., Stoyanova D., Simeonova S., Grozev N., Avdeev G., Shipochka M., Dimitrov O., Bachvarov V., Peshova M., Boshkov N., “Protective characteristics of TiO₂ sol-gel layer deposited on Zn-Ni or Zn-Co substrates”, Coatings, 13, 2, 295, 2023.

2. Boshkova N.D., Bachvarov V.D., Peshova M.T., Stambolova I., Stoyanova D., Smrichkova S.I., Pham T.N., Nguyen T.T., Tran D.L., Boshkov N.S., “Corrosion properties of systems based on ZrO₂ sol-gel films on Zn-Ni and Zn-Co alloys”, Bulgarian Chemical Communications, 55, 1, 27-31, 2023.

3. Изпълнявани проекти

Проект с ФНИ КП-06-НЗ7/16 “Нови екологосъобразни едно- и многослойни покрития за корозионна защита на конструкционни материали с широко приложение”.

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

1. Stambolova I., Stoyanova D., Shipochka M., Boshkova N., Simeonova S., Grozev N., Avdeev G., Boshkov N., Dimitrov O., “Corrosion resistive ZrO₂ barrier films on selected Zn-based alloys”, Fourth Workshop on Size-Dependent Effect in Materials for Environmental Protection and Energy Application (SizeMat 4), 10.05.2023 - 14.05.2023, Pomorie, Bulgaria.

2. Stambolova I., Stoyanova D., Boshkova, N., Simeonova S., Grozev N., Avdeev G., Shipochka M., Dimitrov O., Boshkov N., “Sol gel TiO₂ coatings on Zn-Ni or Zn-Co substrates - anticorrosion properties”, VIII. International Scientific Conference, Summer Session "Industry 4.0", 28 June - 01 July 2023, Varna, Bulgaria.

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. д-р Н. Божков
доц. д-р Н. Божкова
гл. ас. д-р В. Бъчваров
гл. ас. д-р М. Пешова
хим. С. Смричкова
доц. д-р И. Стамболова (ИОНХ-БАН)
доц. д-р Д. Стоянова (ИОНХ-БАН).

Ръководител на задача: проф. д-р Н. Божков

Задача:1.2. ЕЛЕКТРОЕКСТРАКЦИЯ НА ЦЕЛЕВИ МЕТАЛИ ОТ ЧИСТИ И ОТПАДНИ ЕЛЕКТРОЛИТИ

1. Описание на постигнатите резултати

1. Изследване на ролята на цинковите йони върху морфологията и състава на медни покрития чрез системно проследяване на потенциала на електрода, плътността на тока, напрежението на клетката и началното рН на електролита. (Работен колектив: Г. Ходжаоглу)

Експериментално е изследвана връзката между химическия състав на електролита и равновесния потенциал на получените покрития. Проведено е електроотлагане на медни покрития от сулфатни електролити в присъствие на примесни цинкови йони с относително висока концентрация, за имитиране на подобни условия при електроекстракция на мед от минерални или вторични суровини (например анодно рециклиране на месинг). Измерен е равновесния потенциал на медния катод, преди и след електролизата. Отчетена е разлика на равновесния потенциал между чистата медна пластина, служеща за катод и получените медни покрития, но при плътности на тока над 3.0 A/dm^2 в присъствие на цинкови йони. Резултатите са напълно сравними и съвпадат с данните по рентгенов фазов анализ от предишни изследвания. При постъпково увеличаване на плътности на тока от 1.0 до 2.0 A/dm^2 се наблюдава отлагането на чисто медно покритие, при 3.0 A/dm^2 в медната матрица се появява смесена медно-цинкова фаза, която се разраства при 4.0 и 5.0 A/dm^2 . Данните за равновесните потенциали ще послужат за допълнително охарактеризиране на получените медни покрития и за оценка на тяхната чистота. Проблемите при измерването на повече параметри преди, по време и след електролизния процес, както и охарактеризирането на получените покрития, е представено като основна тема по време на конкурс за заемане на академичната длъжност „Главен асистент“ в ИФХ-БАН, секция „Електрохимия и корозия“, с доклад пред Научно жури със заглавие „Електрохимично отлагане и охарактеризиране на метални покрития чрез използване на екологосъобразни сулфатни електролити (мед, цинк, желязо и др.)“, състоял се на 09.11.2023 г.

2. Разработване и експериментално тестване на устройство за елиминиране на флуоридни йони от моделни разтвори (Работен колектив: Г. Ходжаоглу, Ф. Ходжаоглу)

През отчетния период са изследвани нови възможности за високоефективно и екологично елиминиране на флуор от разтвори с помощта на алуминиев модул с развита повърхност. Реакционната система е тествана чрез взаимодействие на чист разтвор на натриев флуорид с начална концентрация от 1.0 , 10.0 и 50.0 mg/L F^- с метални стружки от чист алуминий с чистота 99% . Приложено е контактно време от 10 min , температура 25.0°C и умерено разбъркване с магнитна бъркалка 150 rpm . Ефективността на елиминирането е измерена количествено извън реакционната система с помощта на флуор-йон селективен електрод в цитратен буфер, като е сравнена началната и крайната концентрация на свободните флуорни йони. При условията на експеримента е отчетена сравнително ниска ефективност на

елиминирането. За повишаване на ефективността се предвижда постепенно усложняване на системата чрез химическо или електрохимично активиране на алуминия, което ще бъде формулирано като задача за изпълнение през 2024 г. Получените до момента резултати са основополагащи и ще послужат като база за сравнение между чистата алуминиева повърхност и нови модифицирани повърхности на база алуминий. Елиминирането на вредните флуоридни йони представлява интерес за намаляване на адхезията при получаването на катоден цинк, пречистването на отпадни води от флуориди за опазване на околната среда и за обработка на питейни води с високо (нездравословно) съдържание на флуор. Резултати от предходните етапи по елиминиране на флуор от промишлени цинковосулфатни електролити с алуминиев сулфат са публикувани през годината в специализирано списание по приложна електрохимия. Основните положения от публикуваната статия са докладвани през годината на Колоквиум „Академик Ростислав Каишев“ на тема: „Елиминиране на флуоридни йони с алуминиев сулфат от цинково-сулфатни индустриални електролити“, състоял се на 11.07.2023 г. в ИФХ-БАН.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Hodjaoglu, G., Hodzhaoglu, F., Dobrev, T., Mincheva, I., Kyurkchiev, A., Krastev, I., Elimination of the contaminant fluoride ions from plant zinc sulfate electrolytes by aluminum sulfate, Journal of Applied Electrochemistry, 53, 5 (2023) 1057-1073, <https://doi.org/10.1007/s10800-022-01830-7>

3. Изпълнявани проекти

Договор 12363 НИС-ХТМУ „Електролизно получаване на железен прах“ (до 12.2023), с ръководител доц. д-р Даниела Григорова, ХТМУ-София

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

1. International Symposium on Additive Manufacturing of metallic alloys and composites: Academic and Industrial perspective, April 11-13, 2023, PDPM III TDM, Indian Institute of Information technology, Design and Manufacturing, Jabalpur, India, G. Hodjaoglu, Участие без доклад

2. 70 Anniversary of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 22-23 may 2023, Sofia, Bulgaria, “Parameters of the galvanostatic iron deposition in powder form”, G. Hodjaoglu, F. Hodzhaoglu, D. Grigorova, Участие с устен доклад

3. XX научна постерна сесия за млади учени, докторанти и студенти, 23.06.2023, ХТМУ, София, “Investigation of the morphology of experimentally obtained high purity powders”, G. Hodjaoglu, V. Georgieva, D. Grigorova, Участие с постерен доклад

4. 12th International Chemistry Conference “Plovdiv”, 13 - 14.10. 2023, Plovdiv, Bulgaria “Electrolytic deposition of pure iron for high quality powder production”, G. Hodjaoglu, D. Grigorova, Участие с постерен доклад

5. Работен колектив за 2023 г.

гл. ас. д-р Г. Ходжаоглу

гл. ас.д-р Ф. Ходжаоглу

Ръководител на задача: гл. ас. д-р Г. Ходжаоглу

Задача:1.3. ЕЛЕКТРОХИМИЧНО ПОЛУЧЕНИ СПЛАВИ, НЕСЪДЪРЖАЩИ БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ, ЗА ЕЛЕКТРОКАТАЛИТИЧНИ ЦЕЛИ

1. Описание на постигнатите резултати

Продължени бяха изследванията върху корозионната устойчивост на сплавни и композитни покрития на никелова основа с волфрам, молибден и нестехиометрични титанови оксиди (NiW, NiWTiO_x, NiMo, NiMoW) по методите на поляризационното съпротивление (Rp) и Електрохимична импедансна спектроскопия. Изследванията са бяха проведени в две моделни среди (0,5М H₂SO₄ и 6М КОН). Сплави се характеризират с fcc кристалната структура на никела, в която W и/или Mo са включени в кристалната решетка. Тези елементи проявяват различно валентно състояние на повърхността, от 4⁺ до 6⁺. При третиране в 0.5 М сярна киселина NiW и NiWTiO_x покритията показват завидна корозионна устойчивост: високо поляризационно съпротивление и ниски токове на разтваряне. Този факт се дължи на формирането на стабилна волфраматна фаза (H_{0.33}O₃W and H₂O₄W) под формата на влакнести кристали на повърхността, която блокира електродната повърхност и затруднява последващото разтваряне. В допълнение, импедансните изследвания свидетелстват за едновременното протичане на процеси на дифузия, формиране на нов слой и разтваряне на никел. За разлика от покритията с високо съдържание на волфрам, никелът и сплавите с молибден се разтварят почти напълно в тази среда. В 6М КОН, всички изследвани покрития проявяват значителна корозионна устойчивост. Ni, Mo и W се разтварят частично и се формират HNiO₂⁻, MoO₄²⁻ и WO₄²⁻ йони. Тези йони са стабилни и вероятно адсорбират се на повърхността образуват защитен слой от междинни съединения и/или смесени хидроксида NiMeO(OH)_x, където Me = Mo или W. Най-висока стойност на поляризационното съпротивление в 6М КОН показват сплавите с молибден, което се дължи на по-голямата устойчивост на филма от смесените хидроксида в сравнение с останалите системи. Наличието на дифузионна компонента при импедансните резултати е доказателство за адсорбционно-десорбционното поведение на тези йони за формирането на защитно покритие.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Arnaudova Marina, Lefterova Elefteria, Rashkov Rashko „Corrosion behaviour of electrodeposited nickel-based coatings with W, Mo and TiO_x“, Journal of Solid State Electrochemistry, Accepted: 20 September 2023, <https://doi.org/10.1007/s10008-023-05696-3>

3. Изпълнявани проекти

1. Договор „Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита“, Задача 1.3.1. „Водороден генератор с анионпроводяща мембрана“ към Работен пакет 1 на Национална научна програма „Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита (ЕПЛЮС)“

2. Проект за „Изграждане и развитие на центрове за компетентност“, № BG05M2OP001-1.002-0019-C 01 „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

1. 4th Interdisciplinary PhD forum with international participation, 16-19 May 2023, Sandanski, Bulgaria (постерен доклад):
Marina Arnaudova, Rashko Rashkov „Nickel-based coatings on carbon fibers. Morphology, structure, catalytic activity“

2. International conference Materials, Methods & Technologies, 17-20 August 2023, Burgas, Bulgaria (постерен доклад):
Marina Arnaudova, Rashko Rashkov, Elefteria Lefterova „The corrosion behaviour of nickel-based alloys and composites in acidic and alkaline environments“.

3. Представяне на резултатите, получени по темата на дисертацията пред Колоквиума на Института по физикохимия „Ростислав Каишев“, във връзка с процедура по отчисляване с право на защита (устен доклад):
Марина Арнаудова „Получаване и охарактеризиране на електрохимични покрития на никелова основа Ni-M, където M=W, Mo, TiO_x“

5. Работен колектив за 2023 г.

доц. д-р Рашко Рашков
гл. ас. д-р Васил Бъчваров
ас. Марина Христова Арнаудова

Ръководител на задача: доц. д-р Р. Рашков

Задача:1.4. ФОРМИРАНЕ НА КОНВЕРСИОННИ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНИ ФИЛМИ ВЪРХУ ЦИНКОВИ И АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ (алуминиеви сплави)

1. Описание на постигнатите резултати

Въз основа на осъществена оптимизация на съставите и режимите за: 1) предварителна, алкална обработка на изследвания през отчетния период обект - технически чист алуминий Al 1050; 2) формиране на защитни цериево-оксидни конверсионни покрития (COCC) с определени състав и дебелина, и 3) завършващо химично третиране на COCC, обуславящо уплътняването им в смесен разтвор от NaH_2PO_4 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, са установени и комбинирани най-подходящите условия за тяхното приложение, водещо до постигането на максимален защитен ефект на Al 1050.

Получени и анализирани са количествени резултати, характеризиращи детайлно влиянието на финашното уплътняване върху структурата, състава и защитната способност на формираните при първичната имерсионна обработка COCC. Въз основа на този анализ е предложена работна хипотеза, която обяснява повишаването на защитната способност на формираните смесени конверсионни слоеве. Тя се базира на предложена система от химични уравнения, описващи последователно протичащи реакционни взаимодействия, които водят до формирането върху Al подложка на система от трудно разтворими в корозионната среда конверсионни покрития.

На базата на проведени SEM, EDS, XRD, XPS и комплекс от електрохимични изследвания, характеризиращи структурата, химичния състав и химично състояние на елементите (съответно в обема и на повърхността на изследваните образци), както и електрохимичното поведение на изучаваните системи, бяха направени следните изводи и заключения:

✓ Установено и доказано е съществено влияние на състава, режима и продължителността на финашното уплътняване, водещи до силно понижаване на концентрацията на Al_2O_3 и Ce_2O_3 компонентите, изграждащи as-deposited COCCs слоевете, за сметка на формирането на неразтворими и трудно разтворими фази от: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$; AlPO_4 ; CePO_4 и AlOOH (трансформиращ/понижаващ във висока степен концентрацията на регистрирания $\text{Al}(\text{OH})_3$). Наред с това е регистрирано и наличието на трудно разтворими съединения на PO_3^- с Al и Ce, след провежданото уплътняване в смесения разтвор от натриев фосфат и калциев нитрат;

✓ Въз основата на анализа на специфичния ход на потенциодинамичните поляризационни зависимости на изучаваните системи е направено заключението, че уплътняващата обработка на COCC в смесен разтвор от NaH_2PO_4 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ води до формирането на смес от фази, характеризиращи се като ефективни катодни покрития.

✓ Съпоставянето на тези резултати с промените на концентрациите (установени чрез XPS анализи) на Al, Ce, P и Ca (респ. на формиращите се оксиди и фосфати) преди и след експонацията на образците в корозионната среда показва, че те са свързани количествено с промените на тяхното химично състояние върху повърхността на изследваните образци. Въз основа на тези оценки са формулирани състави и режими, позволяващи постигането на максимален защитен ефект на Al 1050.

✓ Поляризационните изследвания показват еднозначно, че комбинацията на цериево-оксидните и фосфатните конверсионни покрития изпълняват функцията не само на катодна бариера, но също така променят кинетиката на спрегнато протичащите електрохимични реакции, характеризиращи корозионния процес в среда, съдържаща хлорни йони, т.е. обуславят електрохимична защита на Al подложка;

✓ Установеният защитен ефект на смесените конверсионни покрития върху Al, при продължителна експонация в корозионната среда, може да бъде отнесена към благоприятната трансформация на химичния състав на ССОС, отложен върху Al подложка след финашното му уплътняване. Този ефект, както и формирането на различни типове корозионни продукти (след продължителна експонация в корозионната среда) върху повърхността на моделираните и изучени Al/ССОС/PhCa системи води до формирането на ефективна бариера и по отношение на дифузията на Cl⁻ йони към Al повърхност, което обуславя позитивни промени по отношение на корозионния ток i_{cor} (A.cm²), поляризационното съпротивление **R_p** (Ω cm²) и скоростта на корозия **CR** (μm/year).

2. Публикации (пълно библиографско описание).

1. Tsanev, A., Andreeva, R., Stoychev, D., „Influence of the Chemical Composition of Ceria Conversion Coatings, Sealed in Solution of NaH₂PO₄ and Ca(NO₃)₂, on the Corrosion Behavior of Aluminum“. Materials 2023, 16, 6499. <https://doi.org/10.3390/ma16196499>, ISSN ISSN: 1996-1944, JCR - Q2, SJR....., IF 3.8.

2. Andreeva, R., Tsanev, A., Stoychev, D., „Formation of environmentally friendly protective Ce₂O₃-CeO₂ conversion coatings on Al, modified by phosphate layers: chemical and electrochemical characterization“, Bulgarian Chemical Communications, 2023, Vol.55, No4. ISSN:0324-1130, Q4, SJR 0.17, IF 0.168.

3. Изпълнявани проекти

Проект BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“ за изграждане и развитие на Център за компетентност, финансиран по Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове. (Р. Андреева)

Изследване на фоточувствителността на тънки слоеве и наноструктури от метални оксиди, Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания на млади учени и постдокторанти – 2022 г., ръководител гл. ас. д-р Тина Дилова, ИОНХ-БАН (Р. Андреева)

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

1. R. Andreeva, D. Stoychev, “Improvement of the corrosion protection ability of ceria- based conversion layers formed on Al 1050 by chemical post-treatment in phosphate-

nitrate solution”, Materials, Methods & Technologies 2023, 25th International Conference, 17-20 August, Burgas-Bulgaria, International Scientific Events www.sciencebg.net, Book of Abstracts, P.16.

2. T. Dilova, A. Dikovska, A. Baeva, R. Andreeva, G. Antanasova, N. Nedyalkov, ZnO-based composites produced by picosecond laser ablation for photosensitive elements, Twenty-third International summer school on vacuum, electron and ion technologies VEIT2023, 18 – 22 September 2023, Sozopol, Bulgaria

5. Работен колектив за 2023 г.

гл. ас. д-р Р. Андреева

дхн Д. Стойчев.

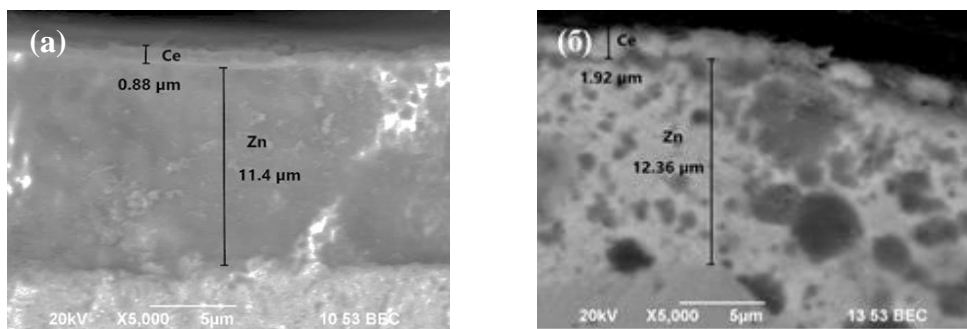
Ръководител на задача: дхн Д. Стойчев

Задача:1.4. ФОРМИРАНЕ НА КОНВЕРСИОННИ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНИ ФИЛМИ ВЪРХУ ЦИНКОВИ И АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ (цинкови сплави)

1. Описание на постигнатите резултати

През отчетния период дейностите по тази задача включваха разработването на състави на база церий, съдържащи соли (цериев нитрат и цериев хлорид) за получаване на конверсионни слоеве. В тези състави бяха обработвани образци от блестящи цинкови покрития при различни режими на пасивиране, в това число: рН на разтвора, с и без активиране на цинковото покритие, с и без разбъркване, различно време на обработка. Целта на тези изследвания бе да бъде разработен екологосъобразен състав за получаване на равномерни и с добър декоративен вид цериеви конверсионни филми с включен в състава им фосфор – компонент, известен с инхибиращо действие върху корозията на цинка. В резултат на тези изследвания беше получен състав на базата на $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и хипофосфориста киселина (H_3PO_2). Условието на получаване на конверсионните слоеве от този състав бяха: рН 2,5 ÷ 2,7, време на обработка 3, 5, 7 и 10 мин. и разбъркване. SEM и EDS анализите показаха, че с нарастване на времето на пасивиране от 3 до 10 мин., цериево-фосфорните слоеве са напукани, а съдържанието на церий, кислород и фосфор в тях нараства.

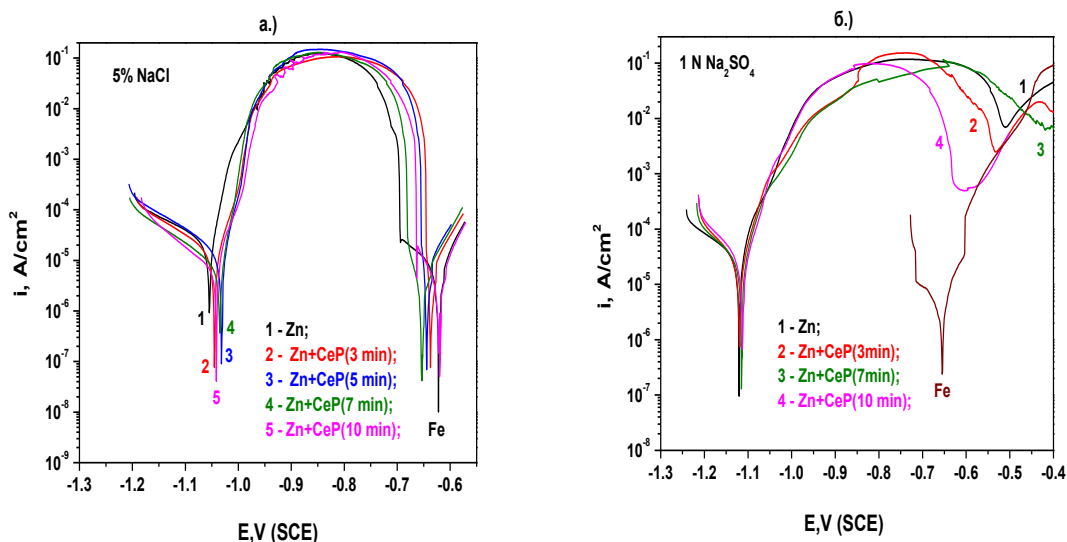
За оценка на дебелината на получените слоеве, бяха направени напречни шлифове на образци от цинк, пасивирани за време 3 и 10 мин. SEM анализът показа, че при време на пасивиране 3 и 10 мин, дебелината на филмите е съответно 0,88 μm и 1,92 μm (Фиг . 1).



Фиг. 1. SEM изображения на напречни шлифове на системи:

а) Zn + CeP (3min); б) Zn + CeP (10min);

Получените цериево-фосфорни слоеве върху цинковите покрития (Zn + CeP) бяха корозионно охарактеризирани в моделни среди на 5% NaCl и 1N Na₂SO₄ с pH ~ 6,3 (при стайна температура), имитиращи съответно локална корозия и корозия в промишлена атмосфера. Използвани бяха методите на потенциодинамични поляризационни криви (PDP) и на поляризационното съпротивление (Rp). Измерванията по метода на Rp бяха проведени до момента на появата на т.н. „червена ръжда”.



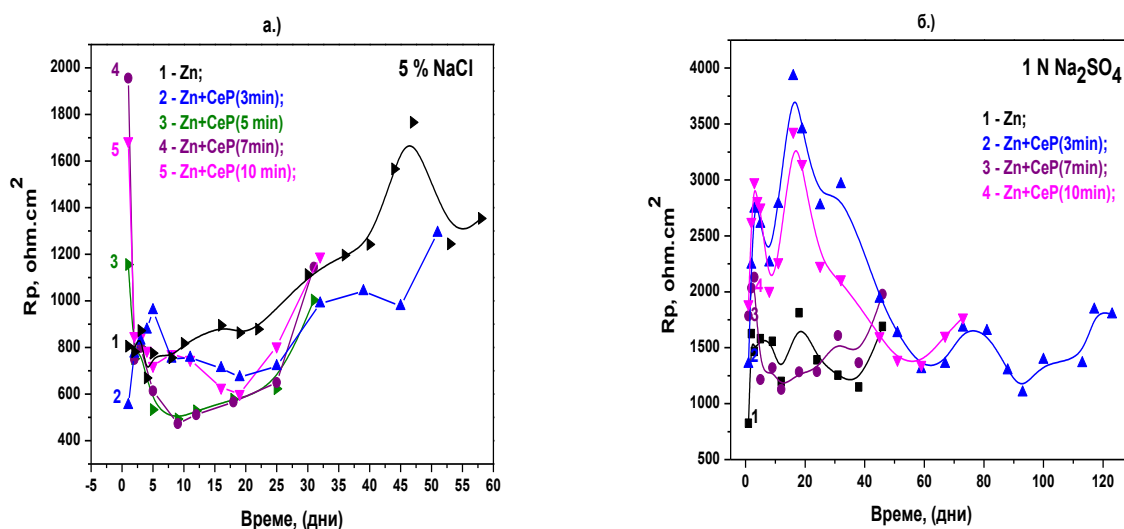
Фиг. 2. Потенциодинамични поляризационни криви на системи Zn + CeP
в: а) 5% NaCl; б) 1 N Na₂SO₄;

Потенциодинамичните поляризационни криви в моделна среда на 5% NaCl (Фиг. 2а) показаха, че при анодна поляризация се наблюдава забавяне на процеса на разтваряне (намаление на наклона на кривата) в областта около -1,0V при системите Zn + CeP. С увеличаване на съдържанието на церий в конверсионния филм (с

увеличаване времето на пасивирание) корозионният ток на системите Zn + CeP намалява от 2 до 3 пъти, в сравнение с този на чистото цинково покритие. При анодна поляризация най-дълго (до най-положителен потенциал) достигат образците, обработени при по-късите времена (Фиг. 2 а, кр. 2 и 3) в конверсионния състав. Наличието на по-високо съдържание на церий при по-дългите времена на обработка вероятно води до образуване на повече на брой микро-гальванични двойки Zn-Ce и затова тези образци издържат по-малко (Фиг. 2 а, кр. 4 и 5).

Потенциодинамичните поляризационни криви в 1N Na₂SO₄ показаха, че корозионните потенциали на пасивираните цинкови покрития (Фиг. 2 б, кр. 2, 3, 4) са много близки по стойност до този на чистото цинково покритие (кр. 1). Стойностите на корозионните токове на пасивираните образци са близки до тези на образецът от чист цинк. По отношение на максималните анодни токове при анодна поляризация, оптималното време на обработка е 7 мин. (Фиг. 2б, кр. 3). От анализа на потенциодинамичните криви се вижда, че по-голям ефект на цериево-фосфорните слоеве се наблюдава в присъствие на хлорни йони (в среда на 5% NaCl).

Фиг. 3. Поляризационно съпротивление (Rp) на системи Zn + CeP
в: а) 5% NaCl; б) 1 N Na₂SO₄;



Резултатите от измерванията на Rp показаха, че в моделна среда на 5% NaCl системите Zn + CeP (5 min), Zn + CeP (7min), Zn + CeP (10 min) (Фиг. 3а, кр. 3, 4, 5) демонстрират значително по-високи стойности на поляризационното съпротивление, в сравнение с чистото цинково покритие (Фиг. 3а, кр.1) през първия ден от измерванията. След петия ден стойностите на Rp на системите Zn + CeP са по-ниски от тези на чистия цинк.

Получените резултати за Rp в моделната среда на 1N Na₂SO₄ показаха, че през целия период на измервания стойностите на този параметър за системите Zn + CeP (3 min) и Zn + CeP (10 min) (Фиг. 3б, кр. 2 и 4) са значително по-високи (до 2,5 пъти) в сравнение с тези на чистото цинково покритие (Фиг. 3б, кр.1). Очевидно в среда от 1 N

Na₂SO₄ получените цериево-фосфорни слоеве демонстрират много добри протекторни свойства по отношение забавяне разтварянето на цинковото покритие. Това дава основание те да бъдат препоръчани като инхибиращи корозията на цинка слоеве в среди, не съдържащи хлорни йони.

Друга област, в която бяха продължени изследванията, беше получаване на екологични защитни филми на базата на желатина. Последният е белтък, получаващ се при хидролизата на колагена от животински кости или хрущяли. Причината да се използва този продукт е, че в последните години защитата от корозия се постепенно насочва към т.н. „зелена химия“, особено след ограничаване на употребата на хромните съединения, които се заменят с екологосъобразни материали.

Направен беше опит да се съчетаят предимствата на желатина – безвреден, еластичен и с добра устойчивост на различни влияния - с вече известните му свойства на корозионен инхибитор. За омрежването на желатина може да се използва както формалин, така и танинова киселина. Последната е високомолекулен полифенол и може да образува комплекси с йоните на желязото и други метали, включително цинк. Този процес прави желатина по-твърд и значително подобрява физико-механичните му качества, понижава разтворимостта и повишава температурната устойчивост.

2. Публикации (пълно библиографско описание).

Peshova M., Bachvarov V., “Investigation of the inhibiting effect of environmentally friendly cerium-containing conversion films on the corrosion of zinc coatings”, *Journal of Physics: Conference Series* (подадена).

3. Изпълнявани проекти

Договор КП-06-Н37/16 “Нови екологосъобразни едно- и многослойни покрития за корозионна защита на конструкционни материали с широко приложение”; „Фонд Научни изследвания”.

Проект по ОП „Наука и образование за интелигентен растеж”BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии”

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

1. Peshova M., Bachvarov V., “Obtaining of environmentally friendly conversion films on zinc coatings and corrosion behavior in a model medium of 5% NaCl”, Sofia Electrochemical Days SED’22, 11 – 14 May 2022, Sofia, Bulgaria.

2. Peshova M., Bachvarov V., “Investigation of the inhibiting effect of environmentally friendly cerium-containing conversion films on the corrosion of the zinc coatings”, 23-th International Summer School on Vacuum, Electron and Ion Technologies, VEIT 2023, 18 – 22 September 2023, Sozopol, Bulgaria.

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. д-р Н. Божков
доц. д-р Н. Божкова
гл. ас. д-р В. Бъчваров
гл. ас. д-р М. Пешова
хим С. Смричкова.

Ръководител на задача: проф. д-р Н. Божков

Задача:1.5. ХИМИЧНО И ЕЛЕКТРОХИМИЧНО ПОЛУЧАВАНЕ НА МЕТАЛНИ И СПЛАВНИ КОМПОЗИТНИ ПОКРИТИЯ ВЪРХУ ПОЛИМЕРНИ И МЕТАЛНИ ПОДЛОЖКИ

Задача:1.5.1. Химично получаване на метални и сплавни композитни покрития върху полимерни и метални подложки

1. Постигнати резултати

1. Изследване влиянието на операцията набъбване от предварителната обработка при използване на екологосъобразни байцващи разтвори

Изследвано беше влиянието на операцията „набъбване“, която е част от предварителната обработка на ABS – полимери, върху степента на набъбване на полимера, както и върху дебелината и адхезията на металните покрития с три вида органични разтворители (толуол, ксилол и ацетон) при различни температури и времена. При провеждане на изследванията беше установено, че времето на набъбване не оказва съществено влияние върху степента на набъбване, но оказва влияние върху дебелината и адхезията на отложените химични медни и никелови покрития. Високите стойности на степента на набъбване на полимерната повърхност влошават дебелината и адхезията на отлаганото метално покритие, което вероятно се дължи на ефекта на пребайцване на повърхността поради нейното прекомерно развитие.

Резултатите от последователно проведените тестове за адхезията и анализите с AFM и SEM на необработените и набъбнатите образци показват, че при процеса набъбване се извършва частично разтваряне и огравяване на образците, вероятно и релаксация на вътрешните напрежения.

В заключение може да се каже, че най-подходящ разтворител за набъбването на полимерната повърхност е ацетонът. При него се получават равномерни без напуквания и с добра адхезия химични медни и никел-фосфорни покрития.

2. Провеждане на изследвания с цел получаване на медни покрития върху слоеве от ААО при различни предварителни обработки

Целта на изследванията беше да се отложат химични медни слоеве върху нанопореста ААО върху алуминиев субстрат от електролит със стойности на рН в границите 4.1 - 6.1. Резултатите показват, че отложената мед е тънка и варира в тесни граници около 400-500 nm. При рН 5 се наблюдават еднослойно разположение на

медните кристали. На получените покрития е измерена дебелината, равномерността по дължина на образците и листовото съпротивление.

Получените зърнести слоеве имат твърде високо съпротивление и не могат директно да бъдат използвани за приложения в електрониката като проводящи слоеве, контактни или монтажни площадки. Установено беше, че за заздравяване на структурата и повишаване на проводимостта е необходимо химичният меден слой да бъде удебелен електрохимично. Химично отложените медни кристали са изцяло покрити с блестяща галванична мед с висока степен на гладкост.

3. Изследване степента на проникване на медните слоеве в дълбочина на 3D принтирани образци от различен материал и различна технология на получаване.

Проведени бяха изследвания с 3D принтирани образци от полиетилен терефталат модифициран с гликол (PETG) с различна степен на запълване на вътрешните слоеве получени чрез Fused Deposition Modeling (FDM) технология. Целта беше да се установи равномерността, дълбочината на проникване и дебелината на нанесените медни и никел-фосфорни покрития. Резултатите показаха, че нарастването на плътността на вътрешните слоеве (от 20% към 100%), води до увеличаване степента на проникване на електролита и уплътняването на вътрешните кухини, което се потвърждава с увеличението на дебелината на покритията. Чрез XRD анализ се потвърди аморфния характер на никеловите покрития.

4. Корозионни изпитания на сплавни Cu-Ni-P покрития върху диелектрична основа

Целта на настоящето изследване беше да се определи въздействието на повърхностната обработка на метални образци, както и евентуалното наличие на защитно покритие. За изпълнението на тази цел, бяха проведени изследвания чрез прилагането на електрохимични аналитични техники, при относително дългосрочен престой (до 120 часа) на образци в моделна корозивна среда. Така, проведените измервания гарантират определянето на:

- **Барьерната способност** на повърхностния слой на лицевата част, спрямо основния материал при първоначалните измервания след 24 часа
- **Устойчивостта** на повърхностния слой на лицевата част, спрямо основния материал при последващите измервания след 120 часа.
- **Вида на корозионна атака** – т.е. дали е равномерна или локална, което съответно се предопределя от хомогенността на химичния състав на отложените покрития.

Двата електрохимични, инструментални метода, използвани след престой на образците в 3,5% NaCl моделна корозионна среда показаха, че според своята барьерна способност (отчетена след 24 часа) и устойчивост (отчетена след 120 часа), образците може условно да се подредят по следния ред:

най-добър - Ni-P > Cu-Ni-P > Cu - най-лош

След корозионните изпитания почти всички образци показаха равномерна корозия и повърхностите им бяха покрити изцяло с корозионни продукти. Единственото изключение е на Ni-P образец, който показва локална корозия, изразяваща се в напукване и “подкожушване (blistering)”. При тройното покритие Cu-Ni-P, значително по-добри показатели на барьерна способност и устойчивост показаха образците, отложени от разтвори с по-високо съдържание на NiSO₄ (над 3 g/l).

Импедансните спектри бяха анализирани чрез съпоставянето им със спектри от подходяща моделна еквивалентна схема. Резултатите показаха, че корозионният процес е съпроводен с дифузионни ограничения. Твърде високите стойности на капацитета на двойния електричен слой показва доста силно развита повърхност, свързана със значителна грапавост и/или специфична повърхностна морфология.

5. Продължаване на изследванията върху получаването на тънки никелови слоеве от екологосъобразен електролит върху различни подложки (ABS, стомана) – избор на предварителна подготовка на подложката, избор на подходящ състав на електролита и условия на отлагане.

Върху активиран ABS бяха отложени безтоково тънки никелови филми от електролит несъдържащ редуциращ агент. Установено беше, че за разлика от активирания ABS тези филми са електрокаталитично активни по отношение на реакцията на отделяне на водород (HER) и на кислород (OER) в алкална среда (1M KOH). Добавянето на пропионова киселина към никеловия електролит повишава електрокаталитичната активност на филмите. След престой в алкалната среда потенциалът на отворена верига се измества към по-положителни стойности, а скоростта на HER и OER нараства.

2. Публикации (пълно библиографско описание).

1. M. Georgieva, D. Lazarova, M. Petrova, B. Tzaneva, Ek. Dobreva, “Modification of the Surface of ABS Polymer by Swelling Operation and its Influence on some Properties of Electroless Deposited Metal Coatings”, Transactions of the IMF, 101 (1), (2023), pp. 14-18, DOI: 10.1080/00202967.2022.2123154, Q2, IF = 1.679

2. Chr. Girginov, S. Kozhukharov, Al. Tsanev, M. Georgieva, M. Petrova, E. Lilov, Pl. Petkov, „Influence of the Final Thermal Sealing on the Properties of Combined Anodic Alumina/Cerium Conversion Coatings on AA2024-T3 Aircraft Alloy“, J. Chem. Technol. Metall., ISSN:1314-7471, 58(5), (2023), pp. 881-896, Q3, IF = 0.81

3. V. Chakarova, M. Petrova, E. Dobreva, D. Lazarova, M. Monev, „Surface modification of ABS polymer by electroless deposition of thin nickel film from a solution without reducing agent“, Transactions of the IMF, 101 (3), (2023), pp. 135-139, DOI: 10.1080/00202967.2023.2185976, Q2, IF = 1.679

4. M. Georgieva, D. Lazarova, M. Petrova, Ek. Dobreva, „Selection of a suitable environmentally friendly (non-toxic) etching solution in the electroless metallization of ABS polymers“, Transactions of the IMF, 101 (6), (2023), pp 301-307, DOI 10.1080/00202967.2023.2222982 Q2, IF = 1.679

3. Изпълнявани проекти

Проект INFRAMAT D01-306/2021 – общоинститутски инфраструктурен проект с ръководител: проф. дхн Весела Цакова

Проект по ОП „Наука и образование за интелигентен растеж”BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии“

В. Чакърова одобрена като бенефициент по Програма „Млади учени и постдокторанти“ в модул „Млад учен“, финансирана от МОН, 01.11.2022г. – 30.04.2024г.

Грамота от ФНИ (05 април 2023г.) за успешно реализиран проект: ДН 19/1 „Метализиране на диелектрични материали от иновативни екологосъобразни електролити“ - ръководител проф. д-р М. Петрова

4. Участия в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

1. 4-th Interdisciplinary PhD Forum with International Participation, 16-19 May 2023 Sandanski, Bulgaria, “Corrosion tests of chemical Ni-P coatings in sulphate or chloride media“, V. Chakarova, M. Petrova, S. Petrova, M. Monev, постер награден

2. 25-th International Scientific Events - Materials, Methods & Technologies, August 17 – 20, 2023, Burgas, Bulgaria, “Electrocatalytic properties of nickel oxide films deposited on a non-metallic substrate“, V. Chakarova, M. Petrova, Ek. Dobрева, D. Lazarova, S. Petrova, M. Monev, постер

3. 12-th Chemistry Conference with International Participation, October 13 - 14, 2023, Plovdiv, Bulgaria, „Electroless nickel and copper deposition of 3D-printed PETG samples“, S. Petrova, M. Georgieva, M. Petrova, D. Lazarova, постер

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. д-р М. Петрова
доц. д-р М. Монеv
ас. С. Петрова
хим. д-р М. Георгиева
хим. В. Чакърoва
хим. Д. Лазарова
хим. В. Милушева

Ръководител на задача: проф. д-р М. Петрова

Задача:1.5. ХИМИЧНО И ЕЛЕКТРОХИМИЧНО ПОЛУЧАВАНЕ НА МЕТАЛНИ И СПЛАВНИ КОМПОЗИТНИ ПОКРИТИЯ ВЪРХУ ПОЛИМЕРНИ И МЕТАЛНИ ПОДЛОЖКИ

Задача:1.5.2. Електрохимично получаване на метални и сплавни композитни покрития върху метални подложки

1. Описание на постигнатите резултати

Получени са иновативни едно- и многослойни системи за защита на нисковъглеродни стомани в агресивни среди, предизвикващи локална корозия и/или биокорозия. Създадени са хибридни покрития на основата на цинка, съдържащи вградени полимерно модифицирани частици меден оксид (като антибиотиден агент) и полимерни нанокapsули с инхибитор на корозия.

Известно е, че корозията и биокорозията на стоманите са световен проблем за съвременната промишленост, причиняващ големи икономически, социални и екологични щети. По тази задача бяха разработени различни варианти на основата на цинка и бе реализирана комбинирана устойчивост срещу тези два процеса. Идеята беше реализирана посредством хибридни покрития с вградени полимерни нанокапсули / наноконтейнери от типа „ядро-обвивка”. Ядрото беше от предварително заредени (модифицирани) наночастици от меден оксид, докато обвивката беше чувствителна по отношение на стойностите на рН. За изграждане на полимерната обвивка на наноконтейнерите бяха използвани различни полимери – полиетиленимин, полиакрилова киселина, хитозан/алгинатни комплекси, а като инхибитор – сафранин. Експериментите бяха реализирани чрез адсорбиране на противоположно заредени полимери по метода “layer-by-layer”. Тази конфигурация позволяваше „освобождаване” на инхибитора при ниски стойности на рН на средата с цел по-добра защита от корозия. От друга страна, при разпадането на полимерната обвивката, ядрото (притежаващо биоцидни свойства) също попада в зоната около капсулата и по този начин се постига едновременно защитен ефект и по отношение на биокорозията. Изпитанията за устойчивост бяха проведени съответно в 3.5% и 5% разтвори на натриев хлорид и стандартизиран разтвор на изкуствена морска вода и показаха ефективността на защитната система. Изпитанията относно бактерицидното действие на покритията също потвърдиха очакванията за ефективно противодействие на биокорозията.

По този начин са създадени качествено нов тип покрития с широк спектър на антикорозионно и антибиоцидно въздействие за обекти, подложени на корозия в морска среда.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Boshkova N., Kamburova K., Radeva Ts., Simeonova S., Grozev N., Boshkov N., “Hybrid Zinc Coatings with Chitosan/Alginate Encapsulated CuO-Nanoparticles for Anticorrosion and Antifouling Protection of Mild Steel”, Coatings, 13, 5, 895, 2023, Q2, IF 3,236, SJR 0,513.

3. Изпълнявани проекти

КП-06-Китай/4 „Разработване на нови композитни материали и покрития на тяхна база за дългосрочни приложения срещу корозия / биокорозия”

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

1. Boshkov N., Boshkova N., Kamburova, K., Radeva Ts., “Obtaining and corrosion characterization of hybrid zinc coatings with biopolymeric CuO-based capsules”, International Conference on Science, Engineering & Technology - (ICSET-23), Paris, France, 19.04.2023 - 20.04.2023, устен доклад.

2. Boshkova N., Kamburova, K., Radeva Ts., Boshkov N., “Comparative Corrosion Characterization of Hybrid Zinc Coatings with Polymer Modified CuO Nanoparticles in Artificial Sea Water”, International Conference on Science, Engineering & Technology - (ICSET-23), Paris, France, 19.04.2023 - 20.04.2023, постерен доклад.

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. д-р Н. Божков, доц. д-р Н. Божкова, хим С. Смричкова.– от секция „Електрохимия“

проф. дхн Ц. Радева, доц. д-р К. Камбурова – от секция „Повърхности и колоиди“

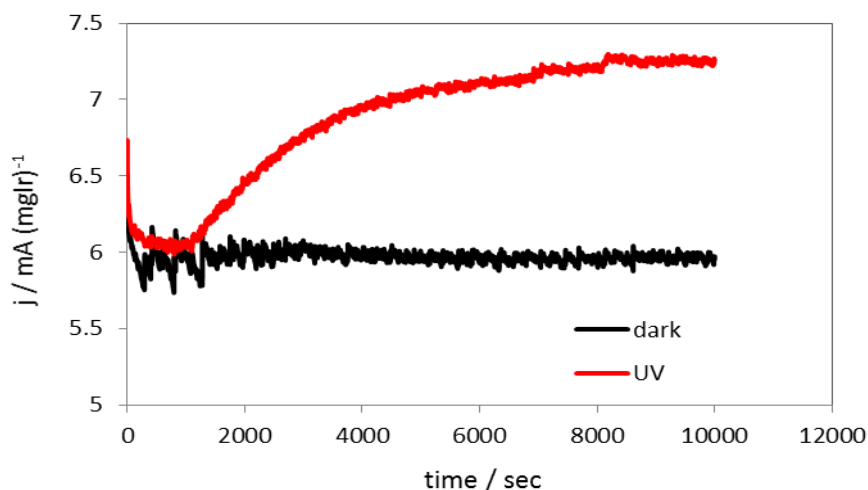
Ръководител на задача: проф. д-р Н. Божков

Задача:1.6. МОДИФИЦИРАНИ НАНОМАТЕРИАЛИ ЗА ЕЛЕКТРОКАТАЛИТИЧНИ И ФОТОЕЛЕКТРОКАТАЛИТИЧНИ ПРИЛОЖЕНИЯ

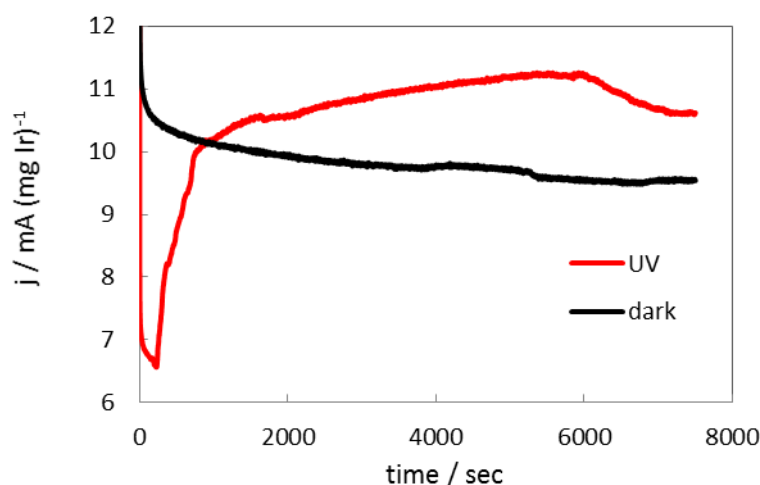
1. Описание на постигнатите резултати

Проведени са фотоелектрохимични експерименти за оценяване на каталитичната активност на фотохимично отложени катализатори IrO₂. Като носители са използвани нередуциран TiO₂ (Degussa P25), редуциран TiO₂ (Degussa P25) и редуциран Ti(IV) оксисулфат.

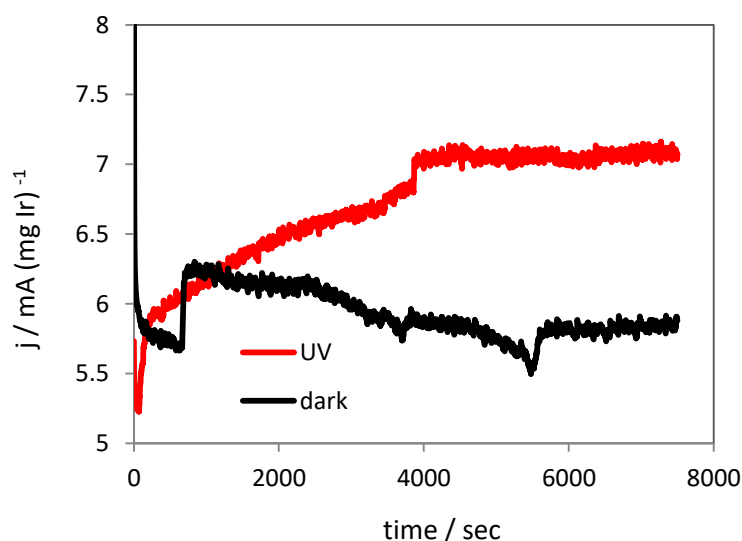
Проведените фотоелектрохимични експерименти са използвани за оценяване на каталитичната активност на катализаторите (Фиг.1-4)



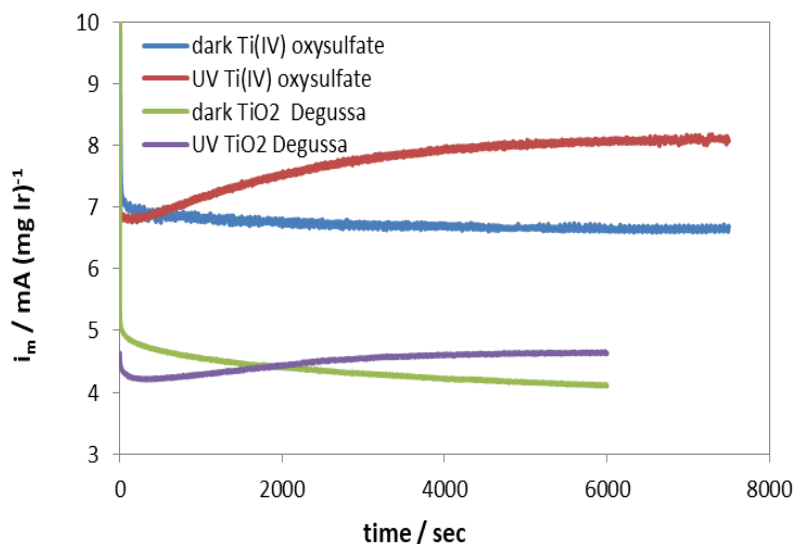
Фиг.1 Хроноамперометрични криви на тъмно и при облъчване с UV светлина при постоянен потенциал +1.3 V vs. SCE. Използваният работен електрод е фотоотложен IrO₂ върху нередуциран TiO₂ (Degussa P25). Токът е нормиран за mg Ir, отложен върху електрода.



Фиг.2 Хроноамперометрични криви на тъмно и при облъчване с UV светлина при постоянен потенциал +1.3 V vs. SCE. Използваният работен електрод е фотоотложен IrO₂ върху редуциран TiO₂ (Degussa P25). Токът е нормиран за mg Ir, отложен върху електрода.

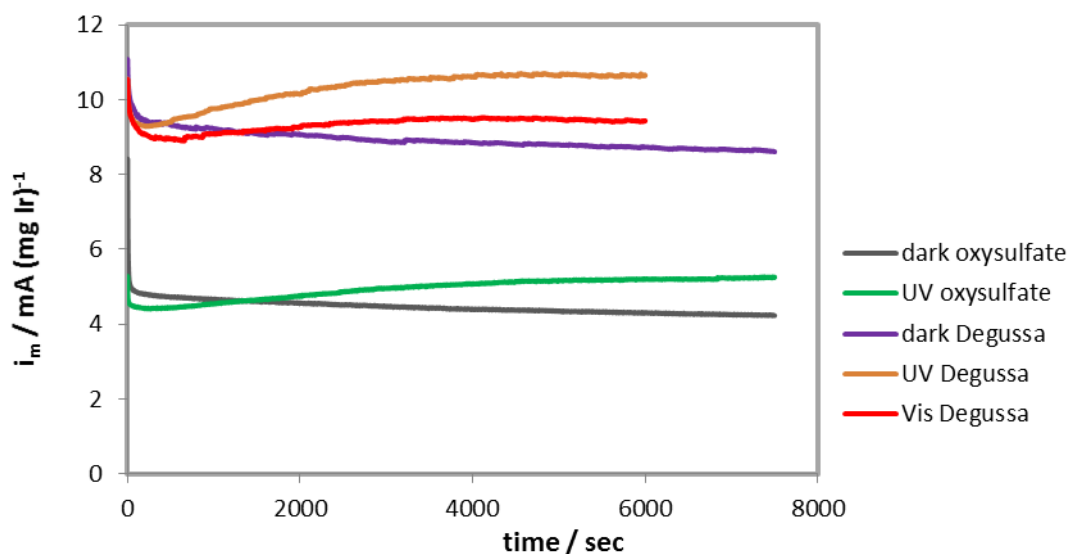


Фиг.3 Хроноамперометрични криви на тъмно и при облъчване с UV светлина при постоянен потенциал +1.3 V vs. SCE. Използваният работен електрод е фотоотложен IrO₂ върху редуциран Ti(IV) оксисулфат. Токът е нормиран за mg Ir, отложен върху електрода.



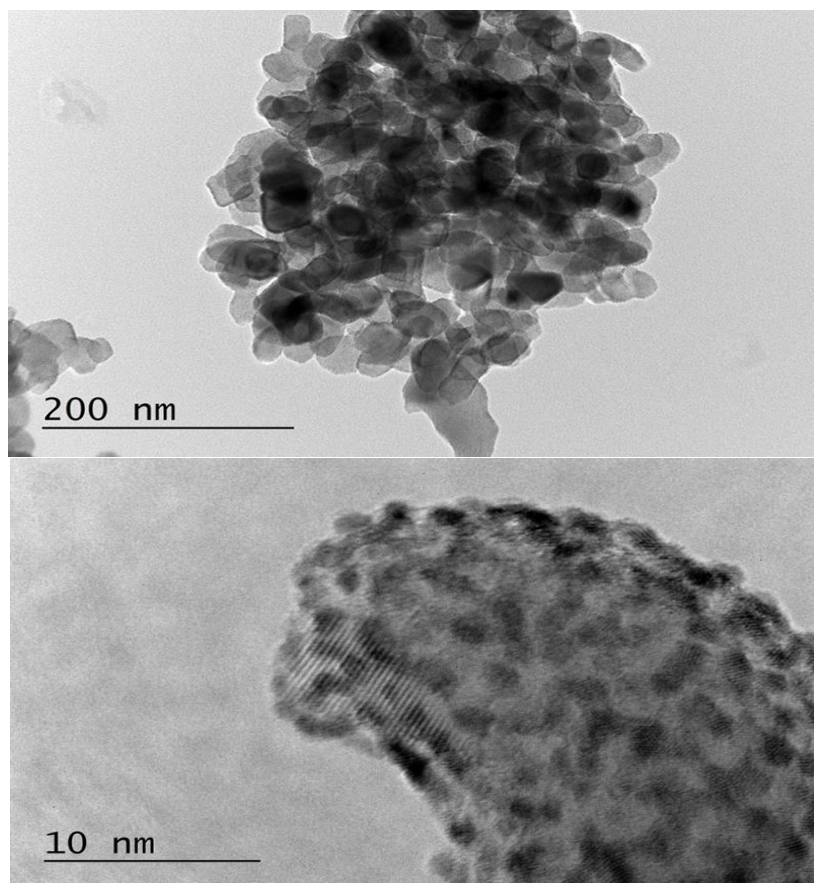
Фиг.4 Амперометрични криви на катализатори IrO₂, отложени върху нередуцирани Ti(IV) oxysulfate и TiO₂ Degussa на тъмно и при облъчване с UV светлина.

Катализаторът IrO₂/редуциран TiO₂ Degussa показва повишена активност на тъмно, при облъчване с UV светлина и при облъчване с видима (Vis) светлина (Фиг.5).



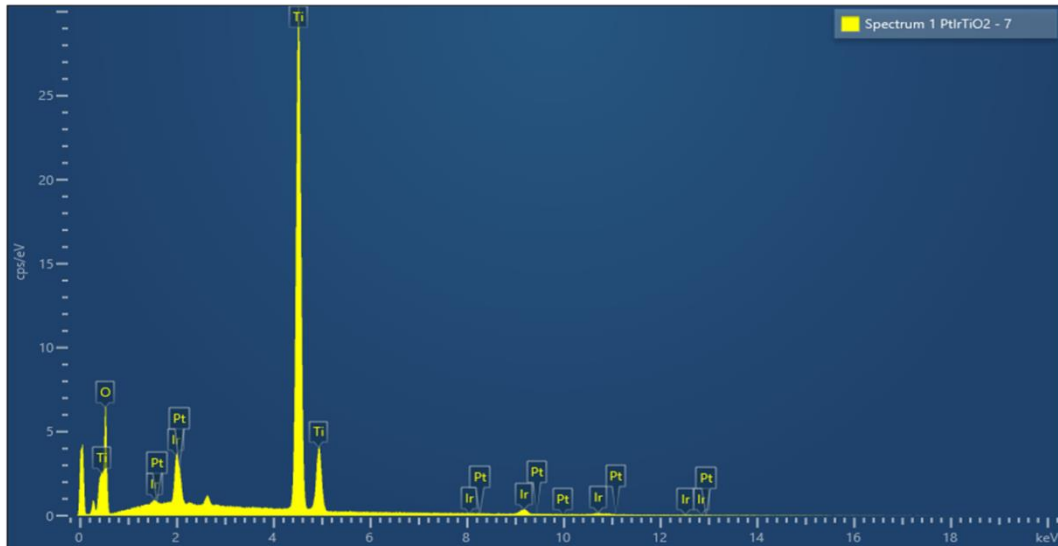
Фиг.5 Амперометрични криви на катализатори IrO₂, отложени върху редуциран Ti(IV) oxysulfate на тъмно и при облъчване с UV светлина и редуциран TiO₂ Degussa на тъмно, при облъчване с UV и видима (Vis) светлина.

С помощта на ТЕМ са извършени анализи за характеризиране на IrO₂/редуциран TiO₂ (Фиг. 6).

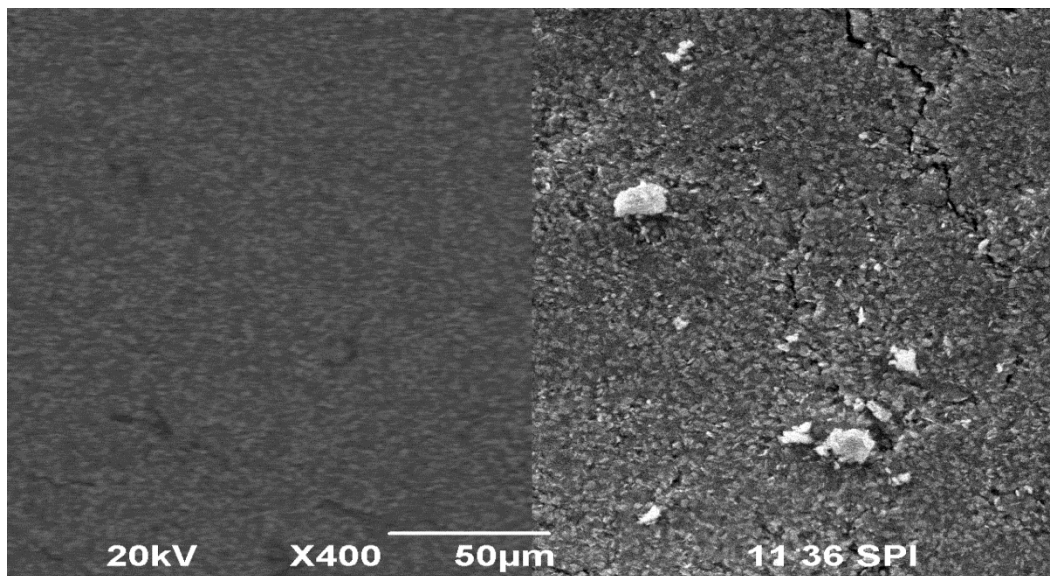


Фиг. 6 TEM изображения на катализатор IrO₂/редуциран TiO₂

Започната е серия от експерименти за фотохимично отлагане на комбинирани прахови катализатори PtIrO₂. Като носител е използван TiO₂ (Degussa P25). Използват се различни подходи за съотлагането на Pt и IrO₂. Образците Pt/TiO₂ и PtIrO₂/TiO₂ са изготвени чрез фотоотлагане при облъчване с UV светлина от разтвори, съдържащи Pt йони или Pt и Ir йони върху прахов носител TiO₂ (Degussa P25). Проведено е характеризиране със SEM/EDS анализ за определяне на състава и морфологията на получените образци (Фиг.7).

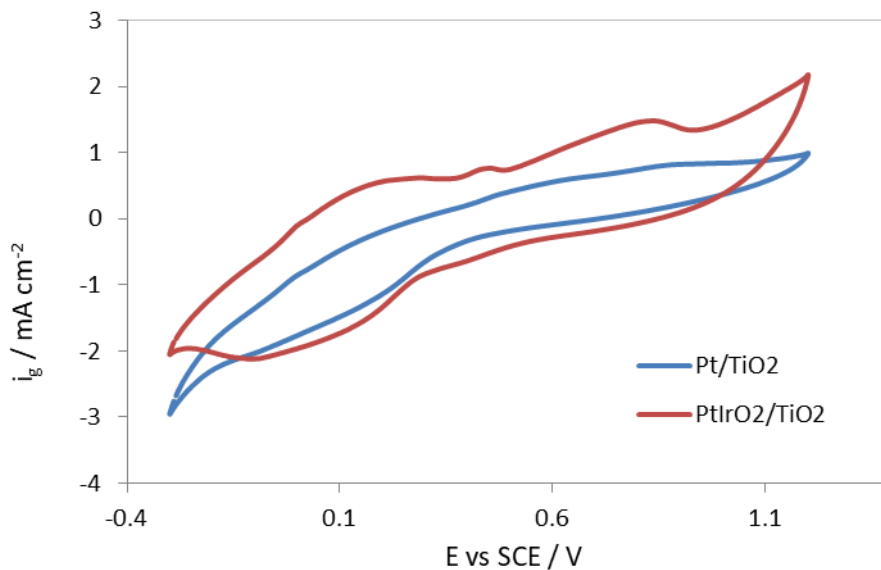


7.4 wt% Ir, 0.3 wt% Pt

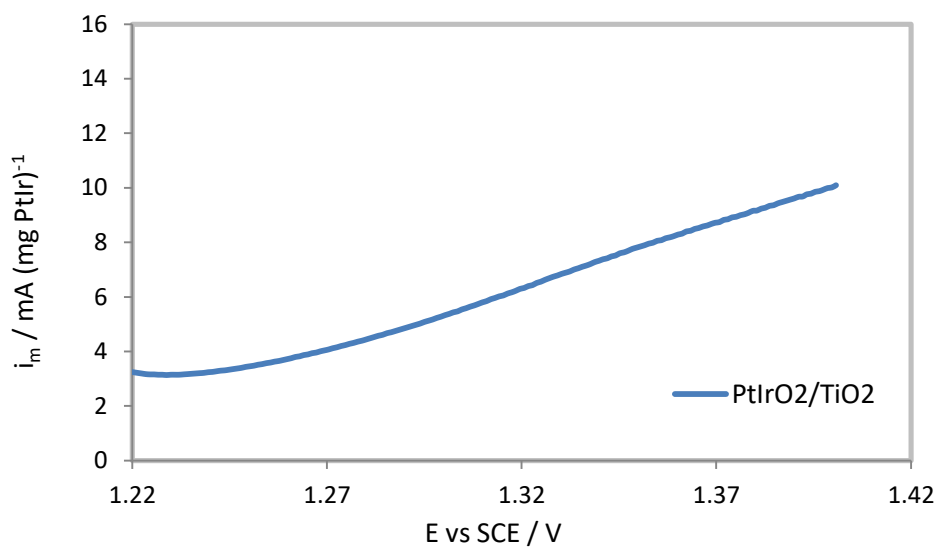


Фиг.7 SEM/EDS анализ на прахов катализатор PtIrO₂, фотохимично отложен върху TiO₂ (Degussa P25).

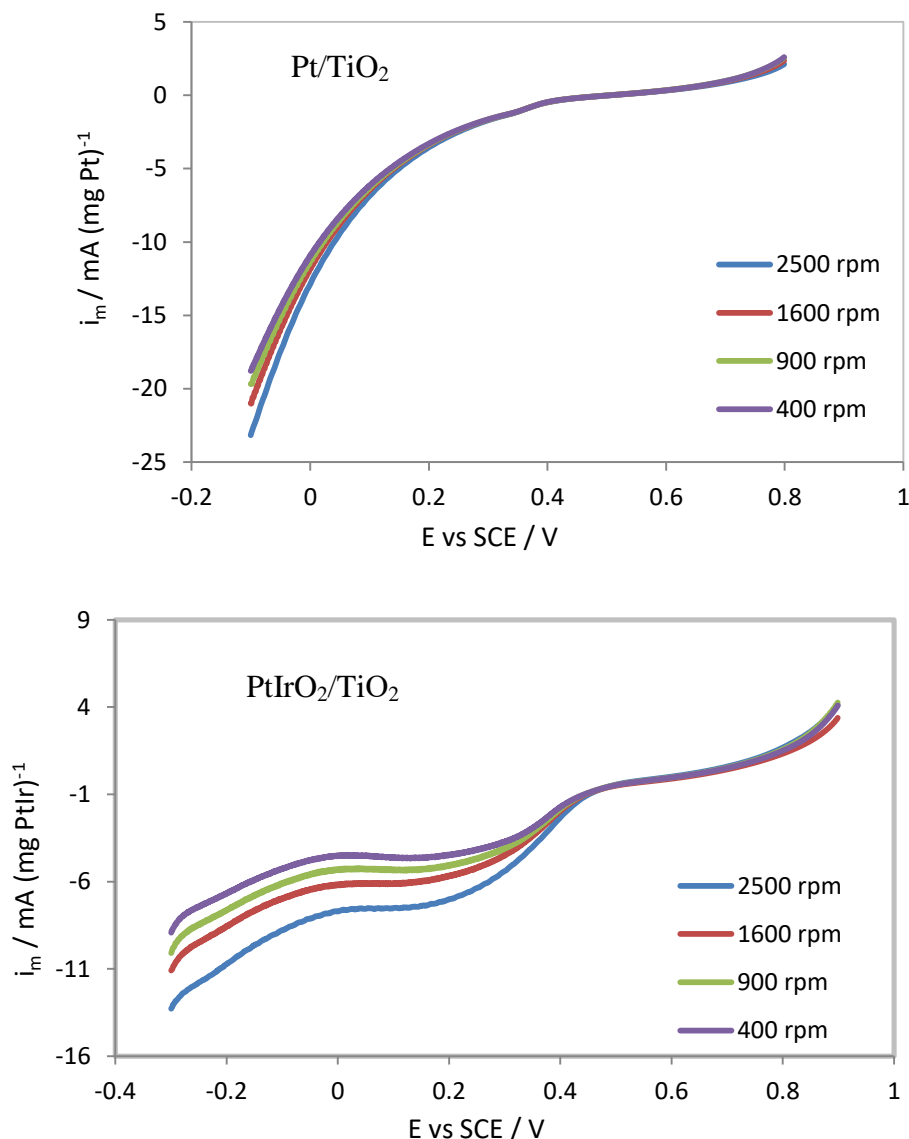
С помощта на циклична волтаперометрия (CV) е оценено и сравнено електрохимичното поведение на двата катализатора (Фиг. 8). Използвайки линейна волтаперометрия (LSV) и ротиращ дисков електрод (RDE) е оценена електрокаталитичната активност на катализаторите по отношение на реакцията на отделяне на кислород (OER) - за PtIrO₂/TiO₂ и реакцията на редукция на кислород (ORR) - за Pt/TiO₂ и PtIrO₂/TiO₂. Експериментите за ORR са проведени с различна скорост на ротиране на RDE (Фиг.9-10) С оглед на получените по-добри резултати за системата PtIrO₂/TiO₂ е необходимо нейното оптимизиране, като целта е подобряване на електропроводимостта на каталитичния композитен материал.



Фиг.8 CV криви на катализатори Pt/TiO₂ и PtIrO₂/TiO₂, получени в 0.1 М разтвор на HClO₄ при скорост на сканиране 50 mV/s.



Фиг.9 LSV крива на катализатор PtIrO₂/TiO₂ за OER, получена в 0.1 М разтвор на HClO₄. Токът е нормиран за mg PtIr, нанесени върху електрода.



Фиг.10 LSV криви на катализатори Pt/TiO₂ и PtIrO₂/TiO₂ за ORR, получени в 0.1 М разтвор на HClO₄ при различни скорости на ротиране на RDE. Токът е нормиран за mg Pt и mg PtIr, нанесени върху електрода.

През 2023 г. е защитен дисертационният труд на химик Нина Димитрова на тема: „Получаване и характеризиране на нано-катализатори за електрокаталитични и фотокаталитични приложения”.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

няма

3. Изпълнявани проекти

1. Национален център по мехатроника и чисти технологии (2018 – 2023).
2. Проект на тема „Модифицирани наноматериали за електро- и фотоелектрокаталитични приложения – синтез и характеризиране“(2022 г.–2025 г.)

в рамките на междуакадемични договори и споразумения (ЕБР) за научно сътрудничество със Солунски Университет „Аристотел“, Гърция.

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

Няма

5. Работен колектив за 2023 г.

доц. д-р Ж. Георгиева

проф. д-р Д. Тачев

хим. Р. Мечкова

Ръководител на задача: доц. д-р Ж. Георгиева

Задача: 1.7. ЕЛЕКТРОХИМИЧЕН СИНТЕЗ И ОХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ЕЛЕКТРОАКТИВНИ МАТЕРИАЛИ С ОГЛЕД НА ЕЛЕКТРОКАТАЛИТИЧНИ И СЕНЗОРНИ ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Описание на постигнатите резултати

Три различни типа въглеродни ситопечатни електроди (SPEs), състоящи се от мезопорест въглерод (MC), въглеродни нановлакна (CNF) и едностенни въглеродни нанотръби (SWCNT), бяха използвани като въглеродни подложки за отлагане на Ag в отсъствието на редуктор в електролитния разтвор. Въглеродните ситопечатни електроди са характеризирани с Раманова спектроскопия и показват значителни разлики в тяхната структура. За да се инициира отлагането на метал, въглеродните подложки са подложени на потенциостатична редукция в поддържащ електролит. Отлагането на метал се извършва в разтвор на AgNO_3 веднага след предварителната редукция. Резултатът е образуване на хомогенно разпределени метални наночастици с вид и количество, зависещи както от потенциала, използван в етапа на предварителна обработка, така и от структурата на въглеродните електроди. По-големи количества метал и по-висока плътност на частиците (от порядъка на 10^9 cm^{-2}) заедно с по-малки средни размери на частиците (в диапазона от 40 до 60 nm) са получени чрез използване на по-отрицателен потенциал за предварителната обработка. Допълнителен начин за повлияване на характеристиките на металния депозит се основава на двойни или тройни последователни цикли на предварителна обработка/отлагане. Получените резултати са разгледани с оглед на възможните източници на електрони, необходими за редукция на металните йони и образуването на метални частици върху носещите

въглеродни подложки (А. Накова, М. Абрашев, В. Цакова, *J. Solid State Electrochem.*, 2023, doi.org/10.1007/s10008-023-05602-x).

Галваностатичното отлагане на мед е изследвано върху два типа ситопечатни електроди (SPE), покрити с въглеродни нановлакна (CNF) или едностенни въглеродни нанотръби (SWCNT) с оглед на възможните приложения за електрохимична детекция на нитратни йони. Установено е, че използването на по-високи галваностатични токове води до по-голям брой отложени кристали, като размерът и разпределението на размера на металните частици зависят значително от въглеродния субстрат. Тясно разпределение по размер на медните частици се получава в случая на CNF, докато макродефектите на SWCNT SPE индуцират бимодално отлагане на метални частици, с два много различни средни размери на медните кристали. В изследванията за детекция на нитратни йони, проведени в леко кисели разтвори (pH 2 и pH 3), се установява по-добра електрохимична стабилност на модифицирания с мед CNF при pH 2. При оптимизирани условия модифицираните с Cu CNF SPE имат по-добра електроаналитична чувствителност за детекция на нитрати от модифицираните с мед SWCNT SPE. Различната повърхностна функционализация на двата вида въглеродни подложки най-вероятно води до различни повърхостни взаимодействия с нитратните йони и продуктите на електрохимичната реакция (Ч. Хюсеин, В. Цакова, *J. Chem. Technol. Metallurgy*, 58 (6) (2023), 1044).

Извън първоначалния научен план за годината са обобщени данни по окисление на алфа-липоева киселина (ALA) върху слоеве от проводящия полимер поли(3,4-етиленидиокситиофен) (PEDOT). PEDOT покрития с различна дебелина са получени чрез електрохимична полимеризация в присъствието на полистеренсулфонатни (PSS) или додецилсулфатни (SDS) аниони. Електроокислението на ALA е изследвано в зависимост от дебелината на полимерните покрития и противойоните, използвани за техния синтез. Установено е, че кинетиката на окислението на ALA се различава за тънки и дебели слоеве от PEDOT. Дифузионни ограничения се наблюдават при тънките покрития, а при дебели полимерни покрития скоростоопределящата стъпка се променя от адсорбция до дифузия в зависимост от концентрацията на ALA. Типът на противойоните влияе както на пиковите токове на окисление на ALA, така и на потенциала на токовия пик. SDS-дотираните покрития от PEDOT показват изместване на пика на окисление към положителни потенциали и по-високи окислителни токове. Наблюдаваният ефект е коментиран от гледна точка на по-голяма електроактивна повърхност и възможни специфични хидрофобни взаимодействия между полимерната повърхност и ALA. За тънки PEDOT покрития зависимостта от концентрацията на волтаперометричните пикове е линейна в широк диапазон на концентрации (40 до 1 000 μM), докато използването на диференциална импулсна волтаметрия води до линеен отговор в по-нисък диапазон на концентрации (8 – 200 μM), подходящи за практически приложения. (В. Карбожикова, В. Цакова, *Coatings (MDPI)*, 13 (2023) 2014 (1-12), doi.org/10.3390/coatings13122014).

Направен е преглед на научните изследвания, осъществявани с активното участие на български учени в областта на електрохимията през десетилетията, които бележат прехода от 20-ти към 21-ви век. Разгледано е развитието в традиционните области на електрохимичните изследвания в България като електрохимично

фазообразуване и растеж, галванични покрития и корозия и електрохимични източници на енергия. Представени са и нови научни направления, възникнали през последните 20 години като например базирани на оксиредукционни процеси резистивни паметни и микробни горивни клетки. Обзорът цитира 172 публикации на български учени, отпечатани в периода 1986-2021 г. (В. Цакова, J. Solid State Electrochemistry, 27 (2023), 1535).

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1. Chiydem Hyusein, Vessela Tsakova, Nitrate detection at Pd-Cu-modified carbon screen printed electrodes, J. Electroanal. Chem. 930 (2023) 117172, doi.org/10.1016/j.jelechem.2023.117172

2. Vessela Tsakova, Electrochemistry born in Bulgaria: the wide spread of ripened seeds at the transition to the twenty-first century, J. Solid State Electrochemistry, 27 (2023), 1535–1546, doi.org/10.1007/s10008-023-05397-x

3. Chiydem Hyusein, Vessela Tsakova, Galvanostatic copper deposition on nanostructured carbon screen printed electrodes, J. Chem. Technol. Metallurgy, 58 (6) (2023), 1044-1050

4. A. Nakova, M. Abrashev, V. Tsakova, Spontaneous silver deposition on cathodically pre-treated screen-printed carbon electrodes, J. Solid State Electrochem., 2023, doi.org/10.1007/s10008-023-05602-x

5. Vasilena Karabozhikova, and Vessela Tsakova, Electrochemically obtained poly(3,4-ethylenedioxythiophene) layers for electroanalytical determination of lipoic acid, Coatings (MDPI), 13 (2023) 2014 (1-12), doi.org/10.3390/coatings13122014, Q2

3. Изпълнявани проекти

1. ИНФРАМАТ, три договора с МОН, Д01-306/2021, Д01-172/2022, Д01-322/2023

2. ЦВП „Мехатроника и чисти технологии“

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

1. IUPAC|CHAINS 2023, 18th – 23th August, 2023, The Hague, The Netherlands, “Spontaneous Metal Deposition on Carbon Electrodes: Electroanalytical Applications”, V. Tsakova, A. Nakova, R. Ivanov, Ch. Hyusein – устен доклад.

2. 74-th ISE Annual Meeting, Lyon, France, “Spontaneous Metal Particles Deposition on Carbon Supports - a New Approach to the Development of Electrocatalytic Materials”, V. Tsakova, A. Nakova, R. Ivanov, Ch. Hyusein – постер.

3. 25th International Conference Materials, Methods & Technologies, 17-20 August 2023, Burgas, Bulgaria, “Spontaneous silver deposition on carbon screen printed electrodes”, A. Nakova, V. Tsakova – постер.

4. Електрохимични системи за чиста и устойчива енергия, 29.05.2023 - 01.06.2023, Троян, България, „Електрохимично окисление на глицерол върху слоеве от поли (3,4 етилендиокситиофен) модифицирани с паладиеви наночастици“, А. Накова, В. Цакова – устен доклад.

5. Заключителна конференция на ЦВП „Национален център по мехатроника и чисти технологии“, 16-18.10.2023, Белчин Баня, „Отлагане на метални наночастици чрез редукция на въглеродни електроди – нова перспектива за разработване на електрокаталитични материали“, В. Цакова, А. Накова, Р. Иванов – устен доклад.

През годината бе защитена успешно бакалавърска дипломна работа на тема „Електроаналитично определяне на нитратни йони върху модифицирани с паладий и мед ситопечатни въглеродни електроди“ на Чийдем Хюсеин (студент в ХТМУ) с ръководител проф. Весела Цакова.

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. дхн Весела Цакова

гл. ас. д-р Анелия Накова

Чийдем Хюсеин – студент от ХТМУ

Ръководител на задача: проф. дхн Весела Цакова

ТЕМАТИКА 2: Наноразмерни фази и явления, кристализационни процеси и получаване на стъкла и стъклокерамики, вкл. чрез използване на отпадни суровини

Задача: 2.1. ТЕОРЕТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЧИСЛЕНО МОДЕЛИРАНЕ НА СТРУКТУРИ И ПРОЦЕСИ С БИОЛОГИЧНА И НАНОТЕХНОЛОГИЧНА НАСОЧЕНОСТ В КОНДЕНЗИРАНА МАТЕРИЯ

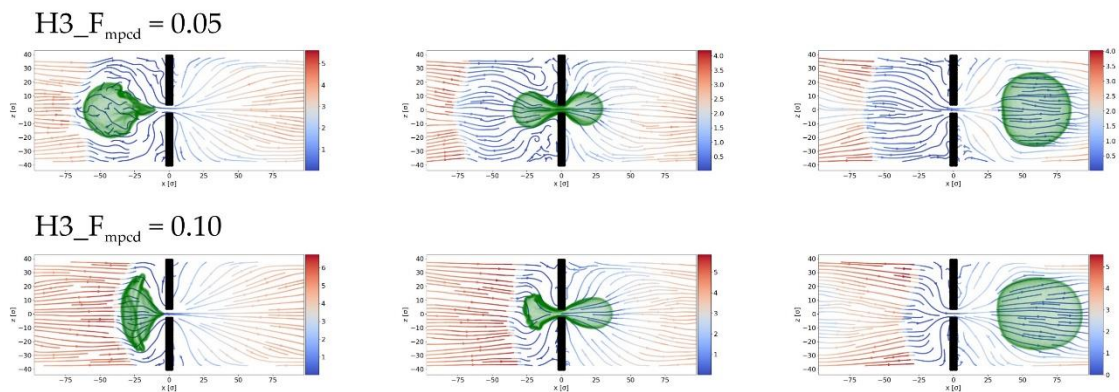
Задача 2.1.1. Теоретични изследвания и числено моделиране на структури и процеси с биологична насоченост в кондензирана материя

1. Описание на постигнатите резултати

1.1. Завършени са изследвания по метода на стохастична динамика на удари на много частици, която съчетана с метода на класическата молекулна динамика (МД) възпроизвежда хидродинамичните ефекти при течене на флуид. Изследвано е преминаването на моделни тримерни мембрани с масов товар (везикули) през тесни процепи под действието на носещ флуид. Основни параметри на модела са ширината на процепа, потокът на флуида, плътността на товара на мембраната и твърдостта на мембраната.

Изследвано е влиянието на тези параметри върху времето за преминаване, като:

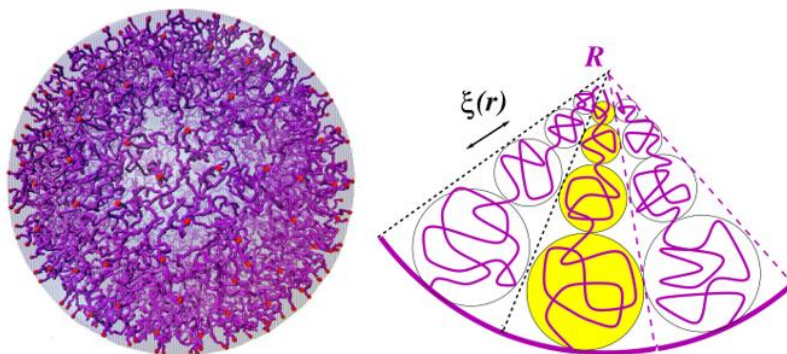
- i) За широки граници на големината на потока на флуида, времето за преминаване е обратно пропорционално на потока със степенен показател 1.20; времето за преминаване започва да зависи все по-слабо от приложени високи стойности на потока на флуида.
- ii) Времето за преминаване е обратно пропорционално на ширината на процепа, като в зависимост от товара на мембраната и големината на потока степенната зависимост е между 1.25 и 2.00.
- iii) Минималната стойност на потока, която осигурява успешно преминаване на мембраната е обратно пропорционална на ширината на процепа, със степенна зависимост 2.00.



Режими на преминаване през процеп с полуширина 3σ и различна големина на потока на флуида.

Подготвена е статия с работно заглавие “Vesicles translocation through a slit pore – multiparticle collision dynamics” с автори Б. Рангелов, П. Петков, А. Милчев.

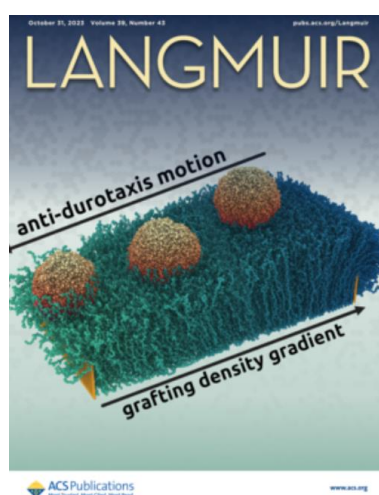
1.2. (1) В работата Milchev, A., Petkov, P., “Concave polymer brushes inwardly grafted in spherical cavities” се изследва структурата и свойствата на полимерни четки, израснати върху вътрешната (конкавна) повърхност на сферични капсули (везикули, мембрани) с помощта на МД. Резултатите от числените експерименти са сравнени с предишни теоретични предсказания за различно молекулно тегло (дължина) N на полимерните верижки, гъстотата на четката σ_g и за случаите на растяща кривина на повърхността R^{-1} . Особено внимание е отделено на изменението на критичния радиус $R^*(\sigma_g)$, разделящ режимите на слабо конкавни и самопресовани четки, теоретично предсказано от Manghi et al. [Eur. Phys. J. E 5, 519-530 (2001)]. Установени са и характерните изменения на плътностния профил, разпределението на върховете на полимерните верижки, ориентацията на връзките и дебелината на полимерната четка при променяща се кривина на подложката. Изследвано е влиянието на твърдостта на четката върху конформациите на конкавна четка. Установено е изменението на радиалното, P_N , и тангенциално налягане, P_T , както и на повърхностното напрежение при меки и твърди четки, и е намерен степенен закон за изменение, $P_N(R) \propto \sigma_g^4$, независимо от твърдостта на четката.



Полимерни четки, израснати върху вътрешната (конкавна) повърхност на сферични капсули.

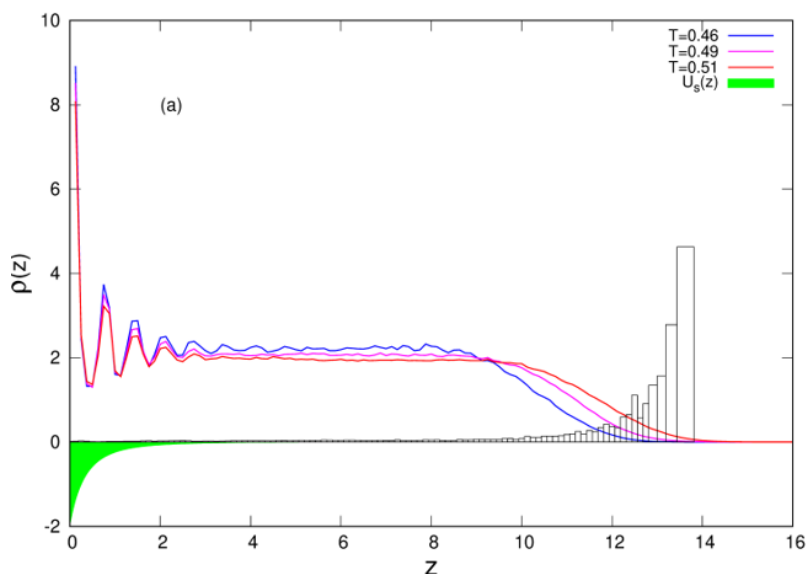
1.2 (2) В работата Kajouri, R., Theodorakis, P.E., Zidek, J., Milchev, A., “Antidurotaxis Droplet Motion onto Gradient Brush Substrates” се изследва явлението дуротаксис. Дуротаксис е интересен феномен, при който се наблюдава автономно (без необходимост от външен източник на енергия) движение на наноразмерен обект върху подложка с различаващи се по своята твърдост области. Като правило движението се осъществява в посока на повишаваща се твърдост на подложката. В резултат на интензивни изследвания с помощта на МД беше установен и обратният феномен - антидуротаксис - при който течни капки се движат по повърхността на полимерна четка с градиент на плътността, като движението е от по-гъста към по-рядка област на четката. Движеща сила на това движение се оказва намаляващата адхезионна енергия на капките при постепенното им потъване в четката, като се оказва, че процесът слабо зависи от градиента на плътността и молекулното тегло на полимера.

Графичният абстракт от тази работа е използван за заглавна илюстрация на корицата на списание Langmuir, 39 (43), 2023.



Заглавна илюстрация на корицата на списание Langmuir, 39 (43), 2023; Kajouri, R., Theodorakis, P.E., Zidek, J., Milchev, A., “Antidurotaxis Droplet Motion onto Gradient Brush Substrates”

1.2 (3) В шеста глава от книгата “Polymer-Based Nanoscale Materials for Surface Coatings”, “Theory, modeling, and simulation in nanoscale polymer coatings”, са представени обобщени резултати от серия изследвания, посветени на цялостното изследване на полимерни покрития върху (сферични) наночастици, вътрешната повърхност на пори с цилиндрична геометрия и плоски стени. Основно място е отредено на моделирането посредством окрупнени (coarse-grained) модели на линейни полимерни макромолекули, характеризиращи се с молекулно тегло и твърдост, определящи конформацията и структурните свойства на полимерното покритие в зависимост от геометрията на подложката.



Зависимост на плътността на полимерна четка от разстоянието от подложка с привличащ потенциал (оцветен в зелено) при няколко температури (вж. легенда). Стълбчетата показват мобилността (умножена по 100) на крайните структурни звена при температура $T=0.51$.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Milchev, A., Petkov, P., Concave polymer brushes inwardly grafted in spherical cavities (2023) *Journal of Chemical Physics*, 158 (9), art. no. 094903, DOI: 10.1063/5.0141450.

Kajouri, R., Theodorakis, P.E., Zidek, J., Milchev, A., Antidurotaxis Droplet Motion onto Gradient Brush Substrates (2023) *Langmuir*, 39 (43), pp. 15285-15296, DOI: 10.1021/acs.langmuir.3c01999

Binder, K., Milchev, A., Theory, modeling, and simulation in nanoscale polymer coatings (Book Chapter VI) (2023) *Polymer-Based Nanoscale Materials for Surface Coatings*, pp. 91-130, DOI: 10.1016/B978-0-32-390778-1.00013-X; ISBN: 9780323907781; 9780323907798

3. Изпълнявани проекти

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

International Conference on Crystal Growth and Epitaxy-ICCGE-20, Naples - 30/07 - 04/08/2023, Oral presentation - Cocrystal formation and crystal polymorph selection by patchy particles, B. Ranguelov, Ch. Nanev

36th Annual Workshop, Oral presentation - *Recent Developments in Computer Simulation Studies in Condensed Matter Physics*, February 20-24, 2023, The University of Georgia, Center for Simulational Physics, Athens, Ga., USA, Andrey Milchev

Computational statistical physics in the 21st century: Oral presentation - The legacy of Kurt Binder, September 11 - 13, 2023, Mainz, Germany, MPI for Polymer Research, Andrey Milchev

NANOCON, 15th International Conference on Nanomaterials - Research & Application, Brno, Czech Rep. - Andrey Milchev, invited lecturer (Oral presentation)

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. дфн Андрей Милчев

проф. д-р Богдан Рангелов

Ръководители на задача:

проф. дфн Андрей Милчев

проф. д-р Богдан Рангелов

Задача 2.1.2. Теоретични изследвания и числено моделиране на структури и процеси с нанотехнологична насоченост в кондензирана материя

1. Описание на постигнатите резултати

Проведено е изследване на ефекта на отблъскване на вицинални стъпала върху повърхностни структури, формирани в условия на дифузионно- и кинетично-контролиран режим на растеж. Изследването е проведено с помощта на числени симулации на едномерен (1+1)D модел на вицинална повърхност в условия на растеж, дестабилизиран от действие на електромиграционна сила, предизвикваща анизотропна дифузия на адатомите. Обобщени са условията и оптималните стойности на параметрите на модела, при които повърхността може да развие различни типове нестабилност (с различен профил и ориентация) и да се формират различни повърхностни шаблони, подходящи за израстване на наноструктури. За правилното описание на профила на изследваната повърхност и нейния динамичен скейлинг е

предложена нова схема за количествени измервания, основана на пресмятане на функцията на вероятно разпределение на размера на групите от стъпала (т.нар. „бънчове“), образувани по време на растежа. Представеният анализ на разпределението на размера на групите позволява количествено описание на морфологията на повърхността и дава възможност за правилно проследяване на динамиката на процеса на групиране, отчитайки приноса само на големите, добре оформени и стабилни групи от стъпала. Въз основа на този анализ са обобщени времевите скейлингови зависимости на основните характеристични величини, описващи формираните при различни условия на растеж двумерни повърхностни структури. Работата по това изследване е публикувана в списанието *Crystal Growth & Design*.

Продължено е разработването на двумерен (2+1)D модел на вицинална повърхност, с цел развитие на модела и приближаването му до реални системи. Изследван е растежът на вицинална повърхност, дестабилизирана от наличието на Ерлих-Швьобелов бариер, локализиран при стъпалата и действащ като бариер за дифузията на адатоми. Търсени са начини за проследяване на еволюцията на растящата повърхност, определяне на нейната грапавост и правилното идентифициране и охарактеризиране на формираните повърхностни структури, развити в тримерното пространство. Изпробвани са различни методи за измерване на величини, характеризиращи количествено различните структури, но те се оказаха недостатъчно ефективни и информативни за тяхното описание. Предстои да бъдат търсени и разработени други схеми за измерване на подходящи количествени показатели (като корелационна характеристична дължина и др.), които да описват правилно морфологията на наблюдаваните тримерни структури. Работата по това изследване ще продължи и през 2024 година.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Hristina Popova, *Cryst. Growth Des.* 23, 12, 8875–8888 (2023), “Analyzing the Pattern Formation on Vicinal Surfaces in Diffusion-Limited and Kinetics-Limited Growth Regimes: The Effect of Step–Step Exclusion”, ISSN: 1528-7483 (print), 1528-7505 (online), DOI: 10.1021/acs.cgd.3c00952, ISI IF: 3.8, Q1.

3. Изпълнявани проекти

Съвместен научноизследователски проект между екипи от България, Полша и Япония на тема „Контролирани на атомен мащаб интерфейси от AlGa_N за UV-C LED“ (Atomic-level control of AlGa_N hetero-interfaces for deep-UV LED), изпълняван по програма “EIG CONCERT-Japan”, финансиран от Фонд „Научни изследвания“, договор № КП-06-ДО02/2 от 18.05.2023 г. с ръководител гл. ас. д-р Христина Попова.

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

1st SEMINAR on Investigations and Modeling of Nanocomposites Structures, 25-и април 2023, Институт по инженерна химия – БАН

Постерен доклад на тема: “Time scaling and distribution of bunch size during step bunching on vicinal surfaces: numerical simulations of a cellular automata model”, Hristina Popova, Magdalena Załuska-Kotur and Vesselin Tonchev

Постерен доклад на тема: “Self-organized pattern formation on vicinal surfaces in diffusion-limited and kinetics-limited growth regimes: the effect of step-step exclusion”, Hristina Popova

2ND SYMPOSIUM On Challenges in Chemical and Biochemical Technologies and Environmental Protection & 18th WORKSHOP on Transport Phenomena in Two-Phase Flow, 10-13 септември 2023, Сандански, организиран от Институт по инженерна химия – БАН

Постерен доклад на тема: “Step bunching on vicinal surfaces: numerical simulations of a cellular automata model”, Hristina Popova, Magdalena Załuska-Kotur and Vesselin Tonchev

36th European Conference on Surface Science (ECOSS-36), 28 August - 1 September 2023, Lodz, Poland

Устен доклад на тема: “Modeling and characterization of surface patterns formed on the surface of a growing crystal”, M. Chabowska, H. Popova, V. Tonchev, M. Załuska-Kotur

5. Работен колектив за 2023

гл. ас. д-р Христина Попова (съвместно със сътрудници от Институт по физика а ПАН и от Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“)

Ръководител на задача: гл. ас. д-р Христина Попова

Задача: 2.2. ФУНДАМЕНТАЛНИ И ПРИЛОЖНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА КРИСТАЛИЗАЦИЯТА ОТ РАЗТВОРИ, В ЧАСТНОСТ ОТ РАЗТВОРИ НА БЕЛТЪЧНИ МАКРОМОЛЕКУЛИ

1. Описание на постигнатите резултати

- Завършено е изследване, в рамките на което е създаден метод за получаване на популации от кристали от белтъци (лизозим), които са с тясно разпределение по размер. Методът е основан на един от основните подходи за кристализация на белтъци – използването на явлениято „парна дифузия“, осъществяващо се обикновено между две течни фази с различно парно налягане. Изследването, довело до създаване на метода, представлява и първото систематично изследване (в познатата ни научна литература) на кристализацията на белтъци посредством т. нар. „обърната“ парна дифузия – процес, при който течната фаза, която съдържа белтъчните молекули, се разрежда с течение на времето по отношение на макромолекулите, а не се концентрира. Разработката е публикувана в специализираното списание “Crystengcomm” и впоследствие е избрана

като „интересна и значима“ от редакцията на списанието по предложение на рецензентите на научния труд. (И. Димитров)

- Добре известен е фактът, че за получаването на кристали от белтъци е нужно и наличието в разтвора най-често на нискомолекулно вещество (т. нар. преципитант), което инициира процеса на зараждане на кристалите и участва активно в кристалния растеж. В опит да се използва много ниска концентрация на натриев хлорид, за да може евентуално да се осъществи добър контрол върху зараждането на кристали от лизозим, беше открит феномен, който досега не е описван (в позната ни научна литература). Последният е свързан с възможността за „предизвикване“ на фазообразуване при нулева концентрация на преципитант и много голяма концентрация на белтъчни молекули (т. нар. “macromolecular crowding”). Откритият феномен е в процес на задълбочено изследване. (И. Димитров)

- Изследвано е образуването и нарастването на единични кристали от лизозим до размери, плътно запълващи кристализационната клетка. С цел зараждане на единични кристали и същевременно осигуряване на бърз растеж, е използван температурен градиент със студен край 16°C и топъл край 35°C. Градиентът е приложен върху кристализационна система с много малки размери, което позволява системата да бъде разположена в хоризонтално или вертикално положение. Проведена е кристализация чрез непосредствено охлаждане на зароден лизозимен кристал за осигуряване на бърз растеж и едновременно с това за потискане на кристализационния процес в срещуположния край, като по този начин се предотвратява вторичното зародишообразуване и се осигуряват свежи белтъчни молекули за нарастващия кристал в студения край на градиента. Наблюдаваният ефект има универсален характер и би могъл да се приложи и в по-големи кристализационни системи. Трудностите при определянето на скоростта на растеж на единичните кристали са свързани с поддържането на постоянна температура на околната среда. Към експерименталната установка е интегрирана система за денонощно фотографиране на растящите кристали. Получените данни ще послужат за пресмятане на скоростта на растеж на единичните кристали. (Ф. Ходжаоглу)

- За оценка на параметрите на кристализационния процес могат да бъдат използвани три математически модела, известни в литературата като α_{21} ; JMAK_n и Richard. Трите модела се основават на броя зародиши в края на процеса (N_{max}) и времето на зародишообразуване (τ). Първият модел съдържа само тези параметри. Вторият модел включва допълнително и степенния параметър n , който отчита липсата на зародишообразуване по време на растежа на кристалната фаза. Третият модел е най-сложен и включва параметъра q , който определя инфлексната точка на модела. Поведението и на трите модела е изследвано чрез използване на налични в литературата N/t -зависимости. Отчетено, е че моделите с по-малко параметри описват много добре процеса на кристализация, а по-сложните модели водят до отчитането на фини разлики в кристализационния процес. (В. Клещанова, В. Иванов, Ф. Ходжаоглу, Й. Прието, В. Тончев) /извънпланова задача/

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1. Ivaylo L. Dimitrov, Narrow size distribution of lysozyme crystals in a reverse vapor diffusion set-up, CrystEngComm 25 (2023) 1471–1478
2. V. Kleshtanova, V. Ivanov, F. Hodzhaoglu, J. Prieto, V. Tonchev, Heterogeneous substrates modify non-classical nucleation pathways: reanalysis of kinetic data from the electrodeposition of mercury on platinum using hierarchy of sigmoid Growth Models, Crystals 13 (2023) 1690

/по извънпланова задача/

3. Изпълнявани проекти

1. “Biopolymer-based functional platforms for advanced in vitro target and co-delivery of therapeutic payloads for the treatment of coronavirus infection”
2. CA18238 “European transdisciplinary networking platform for marine biotechnology” (Ocean4Biotech)
3. “Design of functional “blue” structures with potential application in therapy of the Alzheimer's disease”
4. ИНФРАМАТ, Д01-306/20.12.2021, МОН

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

1. V. Milkova, K. Kamburova, A. Gyurova, I. Dimitrov, N. Vilhelmova-Ilieva, S. Vladimirova, I. Piroeva, “Design of biopolymer-based (nano)formulations for potential treatment of coronavirus infection”, International Conference on Nanomaterials and Nanotechnology, 27-28 March 2023, Paris, France. (keynote lecture)
2. Vilhelmova-Ilieva. N., Milkova, V., Kamburova, K., Gyurova, A., Dimitrov, I., Martinov, P., Petrova, Z., Mileva, M. “Polysaccharide-based capsules for potential treatment of coronavirus infection in vitro”, 24th LISBON International Conference on “Advances in Chemical, Biological and Environmental Engineering”. 5-7 April 2023, Lisbon, Portugal. (постер)
3. Feyzim Hodzhaoglu, Katerina Lazarova, “Sample preparation of different materials and optical control of the surface roughness”, Jubilee International Conference 70 Years UCTM, 22-23 May 2023, UCTM-Sofia. (устен доклад)

5. Работен колектив за 2023

доц. д-р Ивайло Димитров
гл. ас. д-р Фейзим Ходжаоглу

доц. д-р Ивайло Димитров

Ръководители на задача:

гл. ас. д-р Фейзим Ходжаоглу

Задача: 2.3. ФАЗООБРАЗУВАНЕ В СЪТЪКЛООБРАЗУВАЩИ СИСТЕМИ И СИНТЕЗНИ СЪТЪКЛОКЕРАМИКИ И КЕРАМИКИ, ВКЛЮЧИТЕЛНО ОТ ИНДУСТРИАЛНИ ОТПАДЪЦИ

Задача: 2.3.1. Теория и приложение на процесите на фазообразуване и синтероване в стъклообразуващи системи

1. Описание на постигнатите резултати

- Бяха обобщени част от резултатите по приключилия проект с ФНИ „Теория и приложение на синтер-кристализация“. Въз основа на това са подготвени 3 публикации, които ще бъдат изпратени в редакциите на реномирани списания. Някои от резултатите бяха докладвани на международни конференции в България. Работи се и по подготовката на други статии, за които се очаква да бъдат завършени до 2025 г. Резултатите и перспективите от проекта бяха представени на колоквиум „Акад. Ростислав Каишев“.

- Беше завършено теоретично изследване, разглеждащо влиянието на промяната в концентрацията на кристализиращото вещество върху нормалната скорост на кристализация, а оттам и върху сумарната скорост на кристализация. Разглежда се и влиянието както на размерността на системата, така и на параметър, отразяващ механизма на присъединяването на растежни единици към кристала. Изследването е публикувано.

- Беше продължено изследване, касаещо възможността частици МСМ-41 и HMS да бъдат използвани като носители за внасяне в човешкото тяло на водонерастворими лекарствени препарати. Изследването е публикувано.

- Беше разширено теоретично изследване, касаещо зависимостта на сумарната обемна трансформация от времето и отношението на плътностите на растящата и матерната фаза в случаите на кристализационно свиване или разширение.

- Беше подпомогнато организирането на “8th Balkan Conference on Glass Science and Technology”.

След като беше закупена нова научна апаратура (ДТА-ТГ и ИЧС) и беше модернизиран оптичен дилатометър с приставка за високотемпературен микроскоп, се работи за усвояване на новата техника. Успешно са проведени първоначални експерименти.

- Беше задълбочено сътрудничество с колеги от Белград. Публикувано е съвместно изследване.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Topalović V., Nikolić E., Matijašević S., Stojanović J., Karamanov A., Grujić S., Jevtić S.. The effect of SrO and La₂O₃ addition on the crystallization characteristics and sintering behavior of distinct polyphosphate glasses. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 149, 3, Springer, 2023, ISSN:13886150, 721-732. SJR (Scopus):0.753

Tzankov, B; Voycheva, C; Tosheva, A; Stefanova, D; Tzankova, V; Spassova, I; Kovacheva, D; Avramova, K; Tzankova, D; Yoncheva, K, Novel oleogels for topical delivery of quercetin

based on mesoporous silica MCM-41 and HMS particles, Journal of Drug Delivery Science and Technology, Volume 86, September 2023, 104727

Ivanov V.V., Tielemann C., Avramova K., Reinsch S., Tonchev V., Modelling crystallization: When the normal growth velocity depends on the supersaturation, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 181 (2023) 111542

3. Изпълнявани проекти

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

“8th Balkan Conference on Glass Science and Technology”, 25-27 септември 2023, Равда, България

1. Jordanov N., Karamanov A., “Particularities of the sinter-crystallization and foaming of glass from metallurgical slag” (устен доклад)
2. Karamanov A., “Relationship between crystallization induced shrinkage and crystallization induced porosity in sintered diopside glass-ceramics” (пленарен доклад)
3. Karamanova E., Kostov V., Karamanov A.,
“About the sintering of historical “yellow bricks” of Sofia” (постер)
4. Jordanov N., Tatchev D., Karamanova E., Karamanov A., “Effect of the forming pressure on the structure of sintered diopside glass-ceramics” (постер)

България “Vitro Geo Waste III”, 09-10 ноември 2023, София

Karamanov A., “Are the yellow paving bricks of Sofia an enigma?” (устен доклад)

Колоквиум „Акад. Ростислав Каишев“

Караманов А., „Теория и приложение на синтер-кристализация“

“NDT Days 2023”

Jordanov N., Karamanov A., “Sinter-crystallization kinetics and foaming of glass in air and argon”, 12-16 юни 2023, Созопол, България

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. д-р Александър Караманов

д-р Кати Аврамова

химик Емилия Караманова

гл. ас. д-р Николай Йорданов

/доц. д-р Георги Адеев, проф. д-р Драгомир Тачев, гл. ас. д-р Стела Атанасова-Владиминова/

Ръководител на задача: проф. д-р А. Караманов

Задача: 2.3.2. Синтез и охарактеризиране на нови керамични, стъклокерамични и пеноматериали от неорганични индустриални отпадъци

1. Описание на постигнатите резултати

- Основната част от работата по тази задача е свързана с проект BG05M2OP001-1.002-0019. През 2023 година беше закупена и модернизирана апаратура за над 1 200 000 лв., включваща модулна керамична пилотна пещ (изградена върху предоставената на ИФХ площадка на 8-ми километър).

- Бяха осъществени 2 специализации в Италия и успешно беше организирана и проведена конференцията **“Vitro Geo Waste III”** в България. Бяха заявени 2 полезни модела, които са на етап оценка.

- Продължи работата по охарактеризирането на различни неорганични отпадни продукти с различни методи (XRF, LZ, DTA, XRD). Беше осъществен и синтез с нови геополимерни и керамични материали. Интересен резултат беше получен при изследване на геополимер от глина от Марица Изток, добит с висок процент алкален активатор. При изследване на термичното му поведение при температури над 900°C беше наблюдавано „изпенване“ и образуване на затворена порьозност над 50 % (измерена с томографски и пикнометрични методи). Ако този ефект бъде потвърден и контролиран, вероятно ще започнат планирани изследвания на получаването на нов тип лековесни материали.

- Водят се интензивни преговори, свързани с евентуален втори етап на ЦК „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“.

- Започна работа по проект КП-06-ПН67/36, която бе свързана с охарактеризиране на глини от „Мини Марица Изток“, мергелни глини и Mg-съдържащи отпадни и природни суровини. Бяха проведени експерименти с оригинални „жълти“ павета, които показваха наличието на кристализационен процес и образуване на кристализационна порьозност при охлаждането на изделията след задръжката за спичане. Това обясни някои от особеностите на структурата на този уникален за гр. София материал. Резултатите бяха докладвани на международни конференции. В процес на подготовка са научни статии по темата.

- Заедно с колеги от ИМК-БАН беше подготвен още един проект по ФНИ със заглавие „Нови геополимерни и керамични енергоефективни материали и композити“ на стойност 350 000 лв. Проектът получи финансиране.

- Изграждането на пилотната керамична пещ и контактите с различни керамични предприятия в страната предостави възможност да бъде подготвен и подаден нов мащабен проект на тема „Използване на неорганични техногенни отпадъци за получаване на нови строителни материали с подобрени свойства“ на стойност от 470 000 лв. Проектът е по програма BG-RRP-2.011 – „Финансиране на научноизследователски проекти в областта на зелените и цифровите технологии“, Оперативна програма „Национален план за възстановяване и устойчивост“. Основна част от исканите средства са за изграждане на наклоняща се пилотна стъklarска пещ върху площадката на 8-ми километър. При успех на това проектно предложение, на

територията на БАН ще бъде изградена уникална за Балканския полуостров пилотна база, позволяваща изследвания на ниво TRL 7 (евенатуално TRL 8) за оползотворяване на индустриални отпадъци в нови многотонажни производства. Това е и предпоставка за дългосрочно развитие на тематиката и установяване на сериозно международно сътрудничество.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Karamanov A., Glass Ceramic with Improved Structure and Properties Made with Wastes from FeNi Production. Applied Sciences (Switzerland), MDPI, 2023, ISSN:E-ISSN:2076-3417, 1-16. SJR (Scopus):0.492

Jordanov, N. ,B., Kukeva, R., Stoyanova, R., Karamanov, A.. Sinter-crystallization kinetics and foaming of glass from metallurgical slag in air and inert atmosphere. Thermochimica Acta, 723, 179487, Elsevier, 2023, ISSN:0040-6031, DOI:10.1016/j.tca.2023.179487, SJR (Scopus):0.613

Karamanov, A., Karamanova, E., Avdeev, G., Piroeva, I.. Structure and phase composition of ceramics based on pre-treated municipal incinerator bottom ash. Open Ceramics, 16, Elsevier, 2023, ISSN:2666-5395, SJR (Scopus):0.54

3. Изпълнявани проекти

BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“.

КП-06-ПН67/36: „Използване на български мергелови суровини с добавки от други „жълти“ павега“, ФНИ.

„Нови геополимерни и керамични енергоефективни материали и композити“, ФНИ

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

“8th Balkan Conference on Glass Science and Technology”, 25-27 септември 2023, Равда, България

Djobov I., Karamanova E., Avdeev G., Karamanov A., “Characterization of clays from “mines Maritsa Iztok” as raw materials for ceramic industry” (постер)

“Vitro Geo Waste III”, 09-10 ноември 2023, София, България

природни и индустриални източници за синтез на висококачествени керамики тип

1. Karamanov, A, Karamanova E., Avdeev G, Piroeva I., Schabbach L., Andreola F., Taurino R., Barbieri L., “Sintering, phase formation and structure of ceramics based on pre-treated municipal incinerator bottom ash” (пленарен доклад)

2. Nikolov A., Karamanov A., “Thermal properties of geopolymer based on fayalite waste from copper production and metakaolin” (устен доклад)
3. Djobov I., Karamanova E., Avdeev G., Karamanov A., “Characterization of clays from “mines Maritsa Iztok” as raw materials for ceramic industry” (устен доклад)
4. Jordanov N., Karamanov A., “Synthesis and structure of glass-ceramic foam materials from metallurgical waste slag” (постер)

“Synergy between science and business: present and perspectives”, 20 ноември 2023, ИОССР–BAS, София, България.

Karamanov A., “Granite-like sintered glass-ceramics and composites by hazardous inorganic industrial wastes” (устен доклад)

„Чисти технологии за устойчива околна среда и кръгова икономика“, Софийски университет „Св. Климент Охридски“, 5-6 юли 2023, София

Караманов А., „Неорганични промишлени отпадъци - алтернативни суровини за съвременната строителна индустрия“

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. д-р Александър Караманов

химик Емилия Караманова

гл. ас. д-р Николай Йорданов

д-р Илиян Джобов

/доц. д-р Рашко Рашков, доц. д-р Александър Николов, доц. д-р Георги Адеев, проф. д-р Драгомир Тачев, други участници по проекти BG05M2OP001-1.002-0019 и КП-06-ПН67/36/

Ръководител на задача: проф. д-р А. Караманов

Задача 2.4: ТЕРМИЧНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ И ПРИЛОЖЕНИЕТО ИМ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И ОХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ФАЗОВИ И СТРУКТУРНИ ПРЕХОДИ И ВРЕМЕЗАВИСИМИ ПРОЦЕСИ КАТО КРИСТАЛИЗАЦИЯ И РЕЛАКСАЦИЯ В ТВЪРДИ, ТЕЧНИ И НАНОРАЗМЕРНИ МАТЕРИАЛИ

1. Описание на постигнатите резултати

- Проведено е изследване със стандартна ДСК на специфичните топлини на серия ниско топими бор-съдържащи стъкла с различен състав. Изчислени са стойностите за ΔC_p за грам и за мол в прехода на застъкляване, като за това са използвани ефективните молекулни тегла на оксидните компоненти. Същото измерване е проведено и с ТМДСК при различна честота на модулация, при която, за да се определи стойността на ΔC_p , е необходимо апроксимиране до нулева честота на

модуляция. При измерванията с ТМДСК възпроизводимостта е по-добра, защото с модуляцията се избягва дрейфа на базовата линия, който е основен източник на неточност при стандартната ДСК. Построени са зависимостите на ΔC_p от изменението на състава на съставляващите оксидни компоненти на стъклата. Разликите в специфичните топлини на стъклото и преохладената му стопилка в прехода на застъкляване се дължат на разликата в тяхната структура, която е особено чувствителна към изменения във формиращата мрежа на стъклото. Резултатите показват рязко изменение на ΔC_p с увеличение на концентрацията на натриевия и борния оксид - ΔC_p нараства, а точно обратната зависимост се наблюдава при силициевия, оловния и алуминиевия оксид. Резултатите много добре се напасват както с линейна зависимост, корелационен коефициент 0.95, така и с експоненциална зависимост (exponential decay), корелационен коефициент 0.985. Стойността на ΔC_p за изходния състав на стъклата по литературни данни е 0.72 J/g K, която практически съвпада с получената от нас - 0.73 J/g K. Построени са и различни зависимости на ΔC_p от отношенията на молната концентрация на оксидите според очакваната им роля (модификатор/мрежообразувател). Текущо резултатите се анализират и интерпретират.

- Проведени са експерименти, свързани с разработването на нови варианти на процедурата за извличане на рений от произвеждания в „Асарел-Медет“ цементационен меден концентрат. Целта е да бъде избегнато предварителното нагриване на концентрата и да се съкрати времето му на престой във водния разтвор. За да бъде постигнато пълното окисление на рения до разтворимата му перренатна форма, през проби с накиснат във вода концентрат беше барбутиран въздух за различни периоди от време. Установено е, че след едночасово провеждане на тази процедура се извлича около 80% от съдържащия се в концентрата рений. Изследванията в тази насока ще продължат, за да бъде оптимизирано времето на барбутация на въздуха, както и да се направи проверка на ефективността на чист кислород като окислителен реагент. Опитите ни с водороден пероксид в ролята на окислител се оказаха неуспешни, тъй като са налични загуби на рений.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

3. Изпълнявани проекти

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

Tsvetan Vassilev and Christina Tzvetkova, “Dynamic Glass Transition of Multicomponent Sodium Lead Borate Glasses Investigated by Temperature Modulated Differential Scanning Calorimetry”, SizeMat 4, Fourth Workshop on Size-Dependent Effect in Materials for Environmental Protection and Energy Application, 10-14 May 2023, Pomorie, Bulgaria.

5. Работен колектив за 2023 г.

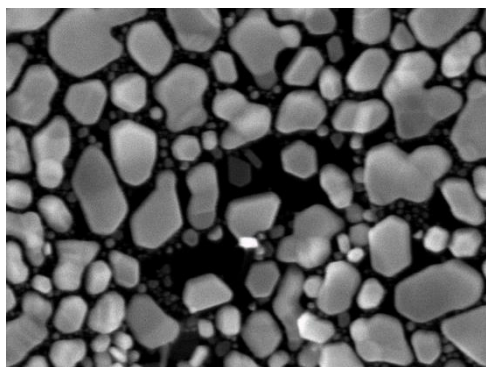
гл. ас. д-р Цветан Василев и колеги от ИОНХ-БАН

Ръководител на задача: гл. ас. д-р Цветан Василев

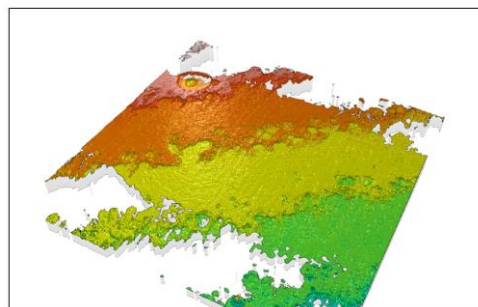
Лаборатория „Електронна микроскопия и микроанализ“

1. Сервизна дейност и състояние на апаратурата

През 2023 година в лабораторията беше извършена важна модернизация на наличната апаратура, като същевременно беше придобита и нова. Към електронен микроскоп JEOL JSM 6390 беше инсталиран нов енергийно-дисперсивен спектрометър, който работи без течен азот (с финансовата помощ и подкрепа на проект BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“ (Clean&Circle) за изграждане и развитие на Център за компетентност, финансиран по ОП „НОИР“). Във връзка с участие в проект BG05M2OP001-1.001-0008, „Национален център по мехатроника и чисти технологии“, чрез съвместна обществена поръчка с други партньори беше инсталиран последно поколение сканиращ електронен микроскоп с полева емисия на електрони JEOL IT800SHL (в блок 29 на НК1, БАН). По същия проект е получена и инсталирана конфокална лазерно-сканираща система Zeiss LSM900 за изследване на кондензирана материя. С наличието на тази система в ИФХ вече има напълно изградена оптично-микроскопска лаборатория, в която се покриват разделителни способности по вертикала от 20 микрона, през 4 микрона, до 10 нанометра – оптичните микроскопи са получени благодарение на финансовата помощ и подкрепа на проектите ИНФРАМАТ и „Национален център по мехатроника и чисти технологии“. Към момента всички налични електронни микроскопи (JSM 6390 и IT800SHL), както и всички оптични (Stemi 305, Axioscope 5 и LSM 900) работят нормално.



Изображение от микроскоп IT800SHL
(увеличение 120 000 пъти)



Изображение от микроскоп LSM900

В лабораторията се обслужват повечето от научните задачи на ИФХ - текущи и такива по проекти с ФНИ и ОП НОИР (около 350 часа за годината), както и работа с външни клиенти (около 90 часа за годината). През 2023 основни клиенти на лабораторията извън системата на БАН са били: Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“, Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Химикотехнологичен и металургичен университет, София. Услуги от лабораторията са използвани и от фирмите:

„Интегрейд“, „Уолтопия“, „Мед Индъстри“, „Техкерамик“, „Софарма“, „Алред“, „Бул Био“ и др. От институтите на БАН са извършвани изследвания за: Институт по обща и неорганична химия, Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници, Институт по органична химия с център по фитохимия, Институт по електрохимия и енергийни системи, Институт по електроника, Институт по минералогия и кристалография.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1. Anichina, K., Georgiev, N., Lumov, N., Vuchev, D., Popova-Daskalova, G., Momekov, G., Cherneva, E., Mihaylova, R., Mavrova, A., Atanasova-Vladimirova, S., Piroeva, I., Yancheva, D. Fused Triazinobenzimidazoles Bearing Heterocyclic Moiety: Synthesis, Structure Investigations, and In Silico and In Vitro Biological Activity. *Molecules*, MDPI, 2023
2. Stamboliyska, B., Tapanov, S., Kovacheva, D., Atanasova-Vladimirova, S., Rangelov, B., Yancheva, D., Velcheva, E., Stoyanov, S., Guncheva, M., Fischer, D., Lederer, A.. Characterization of art materials and degradation processes in the exterior wall paintings of the main church of Rila Monastery, Bulgaria. *Vibrational Spectroscopy* 128, 2023, Elsevier, ISSN: 0924-2031
3. Piperov, N., Petrov, P., Atanassova-Vladimirova, S. Thermometric and chemical studies of fluid inclusions in sphalerite from Rhodope lead-zinc deposits: Shumachevski Dol – Gyudyurska (Madan District) and Kenan Dere (Laki District), Bulgaria. *GEOLOGICA BALKANICA*, 52, 1, 2023, 49-63, ISSN: 2535-1060
4. Alexandrova, A., Abadjieva, E., Tiankov, T., Piroeva, I., Atanasova-Vladimirova, S., Langari, A., Todinova, S., “Modeling and Analysis of Image Data of Blood Clots Formed at Different Fibrinogen Concentration in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus”. *Proceedings of VII International Scientific Conference “Mathematical Modeling”*, 06–09 December 2023, Borovets, Bulgaria, 2023, 72-75.

3. Изпълнявани проекти

1. ИНФРАМАТ (Разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложение, както и за консервация, достъп и е-съхранение на артефакти (археологически и фолклорни)), координатор: проф. дхн Весела Цакова, участници: проф. д-р Богдан Рангелов, гл. ас. д-р Стела Атанасова-Владимирова.
2. „Биополимер-съдържащи функционални платформи за *in vitro* насочен пренос и комбинирано освобождаване на терапевтични компоненти при лечение на коронавирусна инфекция“, координатор: доц. д-р Виктория Накова, участници: гл. ас. д-р Стела Атанасова-Владимирова, техник Искра Пироева.
3. „Национален център по мехатроника и чисти технологии“, (BG05M2OP001-1.001-0008), Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове, координатор: проф. д-р Богдан Рангелов, участници: проф. д-р Богдан Рангелов, гл. ас. д-р Стела Атанасова-Владимирова.

4. „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“, (BG05M2OP001-1), координатор: проф. д-р Александър Караманов, участници: техник Искра Пироева.

В края на 2023 година е подадено съвместно проектно предложение с лабораторията за рентгенови дифракционни методи и компютърна томография към водещ партньор ИОХЦФ (координатор от ИОХЦФ: доц. д-р Бойко Цинцарски) по програмата на БАН - Конкурс за финансиране на научноизследователски проекти в областта на зелените и цифровите технологии – НПВУ, на тема „Технология за конверсия на битови отпадъци до нови полезни материали за различни области“.

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

1. 3rd World Congress of ESCHM-ISB-ISCH 2023“, Регенсбург, Германия, 28.09.2023 - 30.09.2023, Alexandrova-Watanabe, A., Kyulavska, M., Piroeva, I., Atanasova-Vladimirova, S., Antonova, N., Velcheva, I., Todinova, S., Tiankov, T.. The Effect of Fibrinogen Concentration on the Erythrocytes in Blood Clots from Patients with Type 2 Diabetes Mellitus (устен доклад)

2. VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE “MATHEMATICAL MODELING, Боровец, България, 06.12.2023 - 09.12.2023, Alexandrova, A., Abadjieva, E., Tiankov, T., Piroeva, I., Atanasova-Vladimirova, S., Langari, A., Todinova, S.. Modeling and Analysis of Image Data of Blood Clots Formed at Different Fibrinogen Concentration in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus (постер)

3. ГЕОНАУКИ 2023“, 14.12.2023 - 15.12.2023, София, България, Енчева, С. Господинов, Н., Янакиева, Д., Петров, П., Атанасова-Владимирова, С. Пикрофармаколит и арсенолит от рудопроявление Марешница, Източни Родопи – нови минерали за България (устен доклад)

4. ГЕОНАУКИ 2023“, 14.12.2023 - 15.12.2023, София, България, Нешева, Л. Янакиева, Д., Петров, П. Атанасова-Владимирова, С. Петрова, Н. Василева, Р. Сергеева, И., Черкезова-Желева, З. Панева, Д., Планерит с ахейлит и фаустит от находище Чала, Спахиевски руден район (постер)

5. ЕЛЕКТРОХИМИЧНИ СИСТЕМИ ЗА ЧИСТА И УСТОЙЧИВА ЕНЕРГИЯ, Троян, България, 29.05.2023 - 01.06.2023, Миланова, М., Станкулов, Т., Харизанова, Р., Цветков, П., Аврамова, И., Пироева, И., Шопска, М., Йорданова, Р.. Изследване на ефекта от добавянето на V_2O_3 върху структурата и електрохимичното поведение на електроден материал $NaVMoO_6$ (устен доклад)

6. 20-th International conference on Advanced Nanomaterials - ANM 2023, Авейро, Португалия, 26.07.2023 - 28.07.2023, Gancheva, M., Iordanova, R., Stankulov, T., Piroeva, I.. Direct Mechanochemical Method to Fabricate Nanostructured Electrode Material on the base $CoMoO_4$ (постер)

7. 1st Aristotle Conference on chemistry, Advances and Challenges in Chemistry, 12.11.2023 - 15.11.2023, Milanova, M., Stankulov, T., Tzvetkov, P., Avramova, I., Piroeva, I., Shopska, M., Aleksandrov, L., Iordanova, R.. Synthesis, characterization and electrochemical performance of brannerite-type NaVMoO_6 (постер)

5. Работен колектив за 2023 г.

проф. д-р Богдан Рангелов
гл. ас. д-р Стела Атанасова-Владиминова
техник Искра Пироева

Ръководител на лаборатория: проф. д-р Богдан Рангелов

Лаборатория за рентгенови дифракционни методи и компютърна томография

1. Състояние на апаратурата

Към момента са налични отлично работещи дифрактометри, които са с обновени рентгенови тръби. От собствени средства беше закупена рентгенова тръба за дифрактометър Philips PW 1050, нови кювети с нисък фон и флуоресцентен екран. С финансиране от Центъра по компетентност "Clean & Circle" бяха закупени две рентгенови тръби за система Empyrean, нагревател за високотемпературна камера и беше обновена базата данни за фазов анализ. В момента ИФХ разполага с програмата Match!, работеща с най-новата версия на кристалографската свободна база данни COD ("Crystallography Open Database").

Към момента е наличен работещ томограф, който е с обновена рентгенова тръба и детектор, финансирани от Центъра по компетентност "Clean & Circle" и проект за подкрепа на научна инфраструктура ИНФРАМАТ.

През 2023 година беше закупена и апаратурата GDOS (Glow discharge optical spectroscopy, „Оптична спектроскопия с тлеещ разряд“). Апаратът позволява получаване на данни за елементен състав на обемни материали, метални и сплавни покрития. Може да работи в режим на послойно определяне на състава. Налични са следните възможности на апаратурата:

- Определяне на елементен състав на метали и сплави;
- Определяне на състав и дебелини на едно- и многослойни покрития и тънки филми в микроелектрониката като фотоволтаици, LED устройства, твърди дискове, UV-защитни и енергийно ефективни покрития, положени върху плоски стъкла, и др.;
- Послойно изучаване на корозионни продукти и причините за корозия;
- Количествено определяне на леки елементи в метали като фосфор в производството на твърди дискове, литиево-йонни батерии, сяра в метали и др.;

- Подходящ метод за определяне на чистота на благородни метали като злато, платина, сребро и др.;

- Може да бъде определян елементен състав и дебелини на покрития върху непроводящи подложки като стъкла за сгради и автомобили.

Лабораторията изпълнява собствени проекти с бизнеса и участва в следните свързани с Института проекти:

1. Център по компетентност “Clean & Circle”.

2. ИНФАРАМАТ.

3. Изследователски проект с фирма „Изследователски и сертификационен център за строителни материали“ за разработване на нови неорганични хидроизолационни материали.

4. Два проекта към ФНИ.

Заедно с проф. Богдан Рангелов и колегите от Лаборатория по електронна микроскопия и микроанализ участвахме в обучението на магистри от специалност ИАОКХЦ към УНИБИТ. Проведохме лекции и упражнения по „Физикохимични изследвания на културни и художествени ценности“. Благодарение на подкрепата на проект ИНФАРАМАТ, през 2023 година бяха защитени 5 дипломни работи. Във връзка с това трябва да отбележим и ценната помощ на колегите д-р Стела Атанасова-Владиминова, д-р Фейзим Ходжаоглу и инж. Веселина Чакъррова.

2. Сервизна дейност на лабораторията

Беше направен фазов анализ на 750 броя проби, томографски анализ на 120 проби и 10 проби бяха анализирани с GDOS. През 2023 година бяха направени анализи за ТЕРАЗИД ЕООД, ТЕХКЕРАМИК-М АД, Алкомет АД, ХРОНОВСКИ БГ ЕООД, 3G Balkani Ltd, „Костал България аутомотив“, Аурубис България, Monbat Corporate, Honeystone Limited, „Сенсата Технолоджис България“ ЕООД, ТРУД АД. Привлечените средства от фазов анализ са 8756.66 лв., а от томография - 10025.00 лв.

3. Публикации (без тези, отчетени вече по научните задачи на секцията)

1. A. Dikovska, G. Atanasova, R. Nikov, G. Avdeev, Z. Cherkezova-Zheleva, D. Paneva, N. Nedyalkov, Formation of Oriented Nanowires from Mixed Metal Oxides, Materials (Basel). 16 (2023). <https://doi.org/10.3390/ma16196446>.

2. A. Dikovska, G. Atanasova, T. Dilova, A. Baeva, G. Avdeev, P. Atanasov, N. Nedyalkov, Picosecond Pulsed Laser Deposition of Metals and Metal Oxides, Materials (Basel). 16 (2023). <https://doi.org/10.3390/ma16196364>.

3. M. Gancheva, R. Iordanova, I. Koseva, G. Avdeev, G. Burdina, P. Ivanov, Synthesis and Luminescent Properties of Barium Molybdate Nanoparticles, Materials (Basel). 16 (2023). <https://doi.org/10.3390/ma16217025>.

4. D.A. Dimov, N. Stankova, D. Karaivanova, D. Karashanova, B. Georgieva, I. Avramova, M. Petrov, E. Valcheva, G. Avdeev, K. Ivanov, T. Milenov, Modification of microcrystalline

graphites by pulsed laser ablation in a flow mode suspension, in: *J. Phys. Conf. Ser.*, 2023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2487/1/012010>.

5. A.O. Dikovska, R.G. Nikov, G. V Avdeev, G.B. Atanasova, T. Dilova, D.B. Karashanova, N.N. Nedyalkov, ZnO/Zn₂TiO₄ composite nanostructures produced by laser ablation in air, *Phys. E Low-Dimensional Syst. Nanostructures*. 150 (2023).

<https://doi.org/10.1016/j.physe.2023.115707>.

6. T. Milenov, D. Dimov, I. Kostadinov, G. Avdeev, S. Russev, K. Genkov, D. Trifonov, A. Zypakov, K. Ivanov, S. Kolev, E. Valcheva, Modification of Carbon Black by Laser Irradiation, in: *J. Phys. Conf. Ser.*, 2023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2487/1/012006>.

7. T. Tabakova, P. Petrova, Y. Karakirova, G. Avdeev, E. Kolentsova, L. Ilieva, Tuning the Cu/Ce Ratio for Improved Benzene Oxidation over Gold-Promoted Alumina-Supported CuO-CeO₂, *Symmetry (Basel)*. 15 (2023). <https://doi.org/10.3390/sym15020263>.

8. A. Dikovska, G. Avdeev, G. Atanasova, T. Dilova, R. Nikov, N. Nedyalkov, ZnO-NiO composite nanostructures produced by atmospheric PLD, in: *J. Phys. Conf. Ser.*, 2023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2487/1/012002>.

9. E. Filipov, L. Angelova, M. Ahlhelm, G. Avdeev, I. Buchvarov, A. Daskalova, A parametric study of ultra-short laser surface patterning of freeze foamed TCP-Zr: Effects of laser parameters on surface morphology, in: *J. Phys. Conf. Ser.*, 2023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2487/1/012005>.

10. T.I. Milenov, D.A. Dimov, I.A. Avramova, S.K. Kolev, D. V Trifonov, G. V Avdeev, D.B. Karashanova, B.C. Georgieva, K. V Ivanov, E.P. Valcheva, Modification of micro-crystalline graphite and carbon black by acetone, toluene, and phenol, *J. Chem. Phys.* 158 (2023). <https://doi.org/10.1063/5.0133736>.

11. R. Harizanova, I. Mihailova, Z. Cherkezova-Zheleva, D. Paneva, M. Georgieva, D. Tzankov, G. Avdeev, C. Rüssel, Glass–crystalline materials with high iron oxide concentration: Phase composition, redox ratio and magnetic properties, *Bol. La Soc. Esp. Ceram. y Vidr.* (2023). <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2023.04.001>.

12. N. Kaloyanov, A. Zahariev, V. Parvanova, G. Avdeev, C. Girginov, Synthesis of new complex [Bi₆O₆(OH)₂](ClC₆H₄SO₃)₄ and investigation of its thermal decomposition, *Indian J. Chem.* 62 (2023) 431–436. <https://doi.org/10.56042/ijc.v62i5.1434>.

13. R. Harizanova, M. Pernikov, I. Mihailova, D. Tatchev, G. Avdeev, I. Avramova, C. Rüssel, PHASE COMPOSITION AND MICROSTRUCTURE CHARACTERIZATION OF STRONTIUM-MODIFIED BARIUM TITANATE GLASS-CERAMICS, *J. Chem. Technol. Metall.* 58 (2023) 8–13. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85144917461&partnerID=40&md5=6ccfa5a059c2d545117d8ec1205cbbf7>.

14. Tsvetkov, M.; Encheva, E.; Petrova, S.; Spassova, I.; Milanova, M. Mechanochemically Synthesized Solid Solutions La_{1-x}Ce_xFeO_{3+x/2} for Activation of Peroxydisulfate in Catalytical Reaction for Tetracycline Degradation. *Crystals* 2023, 13, 769. <https://doi.org/10.3390/cryst13050769>

15. Rabadjieva D, Gergulova R, Ruseva K, Bonchev A, Shestakova P, Simeonov M, Vasileva

R, Tatchev D, Titorenkova R, Vassileva E. Polycarboxy/Sulfo Betaine-Calcium Phosphate Hybrid Materials with a Remineralization Potential. Materials (Basel). 2023 Oct 11;16(20):6640. doi: 10.3390/ma16206640. PMID: 37895622; PMCID: PMC10608424.

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

5. Работен колектив за 2023

доц. д-р Георги Авдеев
проф. д-р Драгомир Тачев
д-р Иван Захариев
маг. химик Елжана Енчева

Ръководител на лаборатория: доц. д-р Георги Авдеев

ПО ТЕМАТИКА 3: Дизайн, охарактеризиране и оптимизация на комплексни течни среди и наноструктурирани материали за приложения в медицината, фармацията, хранителната и нефтената промишлености

Задача 3.1. ТЪНКИ ТЕЧНИ ФИЛМИ: МОДЕЛ ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА ПОВЪРХНОСТНИ СИЛИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В КОМПЛЕКСНИ ТЕЧНИ СРЕДИ И ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Описание на постигнатите резултати

Проведено е микроинтерферометрично изследване на тънки течни филми от разтвори на различни типове дендримери, проявяващи антибактериални свойства. Изследвани са два типа дендримери (DAB и DAB-Vr) и техни разтвори в органичен разтворител – диметил сулфоксид (DMSO) и смес от органичен разтворител и вода в съотношение 1:3 (DMSO:H₂O =1:3). Резултатите показват, че както молекулната структура на дендримерите, така и типа на фазовата граница (DMSO/въздух и DMSO:H₂O/въздух) оказват съществено влияние върху свойствата (кинетика на изтичане, хомогенност, време на живот, стабилност, напр.) на получените пенни филми. Получена е информация съществена за бъдещите им приложения като антибактериални агенти в екологията, фармацията и медицината.

1. *Изследване на оптичните, механичните и електричните свойства на емулсионни филми и биомембрани с помощта на интегрираната апаратура за*

изследване на тънки течни филми по микроинтерферометричния метод с възможност за прилагане на електрично поле. Конструирана е нова, универсална измерителна клетка със сменяеми порести пластинки за едновременно изследване на оптичните и електрични параметри на тънки течни филми (разработена от доц. Хр. Христов и инж. Г. Иванов). Новата клетка позволява да се изследват всички типове течни филми, включително, пенни, емулсионни (от типа вода/масло/вода и масло/вода/масло) и биомембрани. За емулсионни филми от тип вода/масло/вода е възможно и прилагането на електрично поле. Функционирането на универсалната клетка беше тествано със системи с добре познати свойства, а именно: пенни филми от водни разтвори на натриев додецил сулфат (10^{-3}M и $3 \times 10^{-3}\text{M}$) в присъствие на 0.1M NaCl; емулсионни маслени филми от Isopar M стабилизирани с 2%wt SPAN 80 във воден разтвор на 1%wt NaCl; водни емулсионни филми стабилизирани с 10^{-3}M и $1.63 \times 10^{-5}\text{M}$ Tween 80 в среда на Isopar M. Получените резултати за дебелините, стабилността и морфологията на филмите са в пълно съгласие с предишни измервания използващи класическите клетки на Шелудко-Ексерова, с капиляра или пореста пластинка. Проведените изследвания потвърждават приложимостта на новата универсална клетка към изброените по-горе моделни системи. В ход е изследване на електричните свойства на филми от типа вода/масло/вода стабилизирани със SPAN 80. Предстои оформянето на статия със схемата на универсалната клетка и избрани резултати илюстриращи нейните предимства и възможности.

2. *Хидро-динамични особености при изтичането на пенни водни филми от моделния сърфактант АОТ.* Изследвани са хидро-динамичните особености при изтичането на пенни водни филми от моделния сърфактант АОТ. Концентрационните режими при които са проведени експериментите съответстват на мицеларната фаза (СМС) и ламеларната течено-кристалната фаза (LLC) при различни температури. Работата е продължение на пионерните изследвания на Shawn Taylor с нафтенати (сърфактанти в суровия петрол), който посредством нашата апаратура за тънки течни филми за първи път получи картината на изтичане на стратифицирани пенни филми от типа “stained glass”. Това беше предложено като един от възможните механизми за стабилизиране на нефтените дисперсни системи при високи сърфактантни концентрации. Характерното при получените от нас резултати е наличието на много по-разнообразен набор от особености на кинетичното поведение и съответно стабилност на мицеларните и течено-кристални филми. Надолу са изброени някои от по-важните особености при дадените концентрационни режими:

Изотропна мицеларна фаза (1 wt.%, 22.3C). Наблюдава се стъпково изтъняване и кореспондиращо стъпково удебеляване. Получава се стабилен обикновен черен филм с малко дебело сиво петно, което вибрира и се премества в площта на филма. Това ни послужи като естествен своеобразен маркер, индикиращ количествено повърхностната мобилност на мицеларният филм.

Изотропна мицеларна фаза в равновесие с LLC фаза (2 wt.%, 22.3C). При малките филми се наблюдава отново регулярното стъпковото изтичане, като в повечето случаи втората черна стъпка се получава форсирано чрез намаляване площта на филма. Регистрирани са множество случаи на неравновесно съществуване на сив дебел филм

с двете черни стъпки и последващо експулсиране на най-тънката втора черна стъпка – явление досега не наблюдавано. Големите филми, за разлика от малките, изтичат нерегулярно чрез дебел димпъл. Само и единствено тогава се получава мрежова “brain” структура в непосредствената околност около димпъла. Тази мрежа се състои от множество дебели канали, които служат като транспортна инфраструктура за оттичането на удебеленията от филма. В много случаи визуализацията ни позволява да се получи количествена оценка за посоките и скоростите на латералните течения в каналите. Тези транспортни коридори биват бели и цветни, в зависимост от тяхната дебелина, и с цялостното изтъняване на филма стават все по-тесни и все по-тънки (бяло-сиви). В процеса на еволюцията на филма каналите разделят площта му на различни участъци, в които протичат последващите стъпковидни изтънявания. Каналите са кинетично неустойчиви, те могат да коалесцират един с друг и да променят кривината си (включително да стават паралелни един на друг), което дава индикации за разпределянето на повърхностните налягания както в сивите филми, така и в обикновените черни филми (CBF). Отново се наблюдава странната картина на изхвърляне от филма на по-тънките мрежови участъци от по-дебелите такива.

Течно-кристална LLC фаза (2, 4.3, 5 wt.%, 22.3C). Филмите, образувани от течно-кристалната фаза, се характеризират със значително усложнена мрежова “brain” структура, т.е. повишаване броят на каналите и сегрегирането на филма на значителен брой отделни части. Кинетиката на изтичане на отделните сегменти на филма придобива, на пръв поглед, все по-изразен независим характер, което позволява едновременното съществуване във филма на много части с различни стъпки на стратифициране. Така структурираният течен филм заприличва текстурно буквално на човешки мозък. От гледна точка на действащите латерални налягания във филма е необяснимо явлението, при което участък от филма, отделен посредством вдлъбнат-навън канал, бива експулиран в обемния мениск от съседния сегмент. Особен интерес представлява феноменът на образуване на сегменти от филма с остри ръбове, т.е. съседните разделящи канали губят плавната си кривина и приемат остри ъгли, което е крайно термодинамично неизгодно. Това квази-равновесно състояние може да продължава минути. Доколкото ни е известно, единствено в изследванията на Смуков и сътрудници (Queen Mary University) е забелязано образуването на ръбови структури в течни системи, зафиксирани при криогенни експерименти. (доц. д-р Христо Христов, инж. Г. Иванов, гл. ас. д-р Христина Петкова и доц. д-р Пламен Чуков)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

3. Участие в проекти

1. „Изследване на антибактериалната активност и молекулните механизми на действие на нови дендримери”, КП-06-Н-51/15; 19.11.2021
2. „НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО МЕХАТРОНИКА И ЧИСТИ ТЕХНОЛОГИИ“ (2018-2023), BG05M2OP001-1.001-0008, Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез

Европейските структурни и инвестиционни фондове. процедура BG05M2OP001-1.001 „Изграждане и развитие на центрове за компетентност“.

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

5. Работен колектив за 2023

доц. д-р Христо Христов

инж. Г. Иванов

гл. ас. д-р Христина Петкова

доц. д-р Пламен Чуков

д-р Н. Панчев

Задача 3.2. ФУНКЦИОНАЛИЗИРАНИ ПОВЪРХНОСТИ, ДЕКОРИРАНИ МИКРО- И НАНОСТРУКТУРИРАНИ МАТЕРИАЛИ; ПРИЛОЖЕНИЯ ВЪВ ФАРМАЦЕВТИЧНАТА, ХИМИЧЕСКАТА И НЕФТЕНАТА ПРОМИШЛЕННОСТИ

1. Описание на постигнатите резултати

1. *Измерване на статичен и динамичен контактен ъгъл на триантени олиоглицини с различна дължина на олиоглициновите вериги: $T_3\text{-Gly}_5\text{xTFA}$ и $T_3\text{-Gly}_7\text{xHCl}$. Експериментите са проведени с апарата за профилен анализ на капка (мехурче) (PAT1, Sinterface Technologies, Germany), като сме използвали фабрично създадения към него допълнителен модул за контактни ъгли (special device: Contact angle set-up). Температурата е поддържана 20°C чрез климатик в лабораторията, разтворите са темперирани при тази температура минимум 1ч преди начало на измерването. Капилярата, с която са проведени експериментите е с външен диаметър от 0.5 мм, а работните обеми на капките, с които сме работили са от 0.5мм^3 до 7мм^3 ($1\text{мм}^3 = 1\mu\text{l}$). За калибровка на апарата е използван контактния ъгъл вода/тефлонова подложка, който според таблични данни е 104° както и контактния ъгъл вода/полистиренова подложка, който е 83° , съгласно предходни данни, получени от нас. За провеждане на измерването на динамичните контактни ъгли, сме съставили и тествали набор от програми с помощта на софтуера на апарата. Общото между тях е, че въведената функция за периодично увеличение и намаление на обема на капчицата, има форма на последователни триъгълници. Дозиращата система на апарата следва въведената функция, като увеличава и намалява обема на капката до зададените максимален и минимален обем. Апаратът е снабден със CCD камера, която снима изображението по време на експеримента и чрез математическа обработка със софтуера на апарата се получават динамичните ъгли, получени при нарастване на обема на капката, т. нар. advancing contact angle и при свиване на обема на капката, т. нар. receding contact angle. Самият експеримент представлява последователно увеличаване и свиване на размера на капчицата от обем 0.5мм^3 до обем 2мм^3 , 3мм^3 , 4мм^3 , 5мм^3 , 6мм^3 и 7мм^3 , като за всеки*

обем се правят по 5 повторения в рамките на единичен експеримент. Различните обеми на капката е необходимо да се изследват, защото дават допълнителни данни, как влияе размера на капката върху контактните ъгли, кой е максималният и минималният обем, до който можем да стабилизираме капката преди да се разтече по повърхността на дадената подложка. Тези характеристики са специфични за всяка система разтвор/подложка и зависят както от вида на подложката, така и свойствата на разтвореното вещество и неговото количество. Друга характеристика, до която имаме достъп чрез измерването на контактните ъгли е повърхностното напрежение на твърдата повърхност γ_s (Гама s). Използвайки измерените от нас динамични контактни ъгли и равновесно повърхностно напрежение на разтворите на T_3Gly_n , с помощта на софтуера на апарата сме изчислили γ_s (Гама s) за нашата система. Използвали сме следните подложки: (1) Полистирен (Polystyrene, стандартен образец, произведен от Gebeau, HIPS, Belgium); (2) Поливинил хлорид (Polyvinyl chloride (PVC), Vekaplan KT, Germany); (3) Gold slide – gold coated slide for sample analysis, EMF – evaporated metal films, с дебелина на златното покритие от 1,000Å, (4) Стъклена подложка от покривно стъкло, за микроскопски анализ; (5) Тефлонова подложка, образец от висококачествен бял тефлон. Експериментите са проведени с използването на капки от нативни разтвори на триантенни олигоглицини с различна дължина на олигоглициновата верига и различни моларни концентрации: T_3-Gly_5xTFA и T_3-Gly_7x3HCl . Успоредно с експериментите с разтвора на олигоглицините са направени и измервания с чиста бидестилирана, дейонизирана вода, за да се валидират ъглите и покривните свойства на олигоглицините спрямо познатите свойства на чистата вода. Установихме в хода на работа, че най-добри резултати за динамичните контактни ъгли се получават при използване на програмите за изменение на обема на капките с постоянна скорост. Получените резултати за разтворите съдържащи триантенния олигоглицин T_3-Gly_5xTFA с концентрация на разтвора $1 \times 10^{-3} mol/L$, спрямо същите за системата вода/подложки, показват тенденция към нарастване на advancing contact angle за целия набор от използвани подложки и допълнително, намаляване на receding contact angle. Аналогичен е и резултатът за другия триантенен олигоглицин T_3-Gly_7x3HCl . Можем да направим извода, че покривните свойства на триантенните олигоглицини върху полярни подложки са по-големи от тези на чистата вода, а спрямо хидрофобни подложки се наблюдава обратния процес – на по-силно “отдръпване”, отколкото при водата. Това допускаме, че се дължи на структурирането на олигоглициновите агрегати на фазовата граница разтвор/въздух и разтвор/подложка (проф. д-р Елена Милева, гл. ас. д-р Димитринка Арабаджиева, гл. ас. д-р Иван Минков, студент Никола Арабаджиев).

2. Класически подход за изследване и охарактеризиране на повърхностите е чрез тяхното повърхностно напрежение (налягане). В двукомпонентна система субстрат/разтворител, от повърхностното налягане може да се определи адсорбцията на субстрата. Ако се добави и трети компонент обаче, изотермата вече не предлага достатъчно информация за да се определи адсорбцията на нито един от двата субстрата. Ясно е, че всеки компонент допринася за общата повърхностна енергия, но ефектът на двата субстрата върху повърхностното налягане не може да се раздели без допълнителна информация. За случая на неразтворими повърхностно активни вещества

(ПАВ), такава допълнителна информация може да се извлече от т. нар. разтичащо налягане на ПАВ-а, което се измерва като се поставят кристали от изследваното ПАВ на фазовата граница и се измери равновесната стойност на повърхностното налягане. Подходът е предложен още в 1939 от Панкратов и Фрумкин, но остава неизползван, вероятно поради изчислителната му трудност. Чак през последните 6-7 години е доразработен и разширен от групата на Славчов. През настоящата година започнахме работа по прилагането на този подход към две различни експериментални системи. Поради значителния си обем, това изследване не е завършено и работата ще продължи и през следващите месеци.

Разтичащо налягане на моделна система от DPPC върху водни разтвори на NaCl различна концентрация. Адсорбцията на йони върху клетъчни мембрани: Фосфолипидните монослоеве се използват като моделни системи за биологични мембрани. Разпределението на малки неорганични йони около фосфолипидни монослоеве може да предложи безценна информация за нашия организъм. Има редица изследвания в тази посока, които се фокусират върху ефекта на йоните върху монослоеве. От ефекта на електролита върху изотермата на ПАВ-а, се съди за взаимодействията между йоните и монослоя. Новоразвитата техника предлага възможност за преразглеждане на наличните в областта резултати, и пресмятане числена стойност на адсорбцията на електролит, която е била недостъпната досега. Успешно измерихме разтичащото налягане на DPPC върху водни разтвори на NaCl с различна концентрация. С помощта на получените данни в комбинация с изотермите на DPPC в присъствието на NaCl, изчислихме адсорбцията на NaCl. След провеждането на редица дискусии оформихме текст, който публикувахме в реномирано списание *J. Phys. Chem. Lett.*, 14 (2023) 4652 <https://doi.org/10.1021/acs.jpcelett.3c00795>

Адсорбция на флуоридни ПАВ върху фазова граница. Взаимодействия между йони и повърхностен дипол: Повърхностните взаимодействия, които определят поведението на малки неорганични йони на повърхността са до голяма степен неопределени и тема на дебат. Голяма част от затрудненията при изследването на тези системи са причинени от наличието на няколко различни взаимодействия от сроден порядък, които се предполага, че играят роля в тяхното поведение. В повечето случаи експериментатора няма достатъчно контрол за да може да раздели влиянието на различните взаимодействия. През настоящата година продължихме изследването, чрез перфлуороалкилиран додеканол. Флуорирането на ПАВ освен, че променя тяхната хидрофобност, обръща молекулния диполен момент. През периода 2022/2023 година измерихме разтичащо налягане на перфлуоро алкилиран додеканол в присъствието на различни по вид и концентрация соли (NaCl, KCl, NaBr). Получените експериментални резултати бяха подложени на обработка и задълбочен анализ. Катионите се отблъскват от флуоридният ПАВ, което е в съгласие с идеята за взаимодействие йон/повърхностен дипол. Дискусиите по получените резултати продължават и към момента, като оформихме и текст, който предстои да бъде публикуван. Също така предвиждаме да бъдат проведени допълнителни серии измервания, с цел разширяване обхвата на изследването.

Течен въглероден диоксид. Климатични проблеми и проекторешения: Климатичните промени, свързани с отделянето на парникови газове в атмосферата, са все по-належащ проблем. Както е добре известно, един от основните парникови газове е въглеродният диоксид. Докладът от 2021 г. на Международната агенция по енергетика (IEA, 2021, Net Zero by 2050, A Roadmap for the Global Energy Sector) предвижда възможни стратегии за намаляване на отделения CO₂ с 40% от 2020 г. до 2030 г. и достигане на нулеви въглеродни емисии до 2050 г. Една от основните стратегии, предложени в доклада, е улавяне и съхранение на отделения въглероден диоксид при някои производствени процеси, като например в топлоелектроцентрали, заводи за производство на цимент и др. Технологията за улавянето на отделения CO₂ включва неговото втечняване и транспортирането му до подземни хранилища. При различните производствени процеси обаче заедно с въглеродния диоксид се отделят и други примесни газове. По тази причина е изследвана системата течен въглероден диоксид с разтворени компоненти в него. Основната цел е да се изведе уравнение на състоянието на тази система. Във връзка с теоретичния извод на уравнение на състоянието на въглероден диоксид са изведени формули за пресмятане на средния квадруполен момент на молекула в декартови координати, като са известни компонентите на квадруполния момент в сферични координати. Разработването на тази тематика е едва в начален етап и предвиждаме да бъдат направени допълнителни теоретични и експериментални изследвания. (Иван Минков, Димитринка Арабаджиева, Боян Пейчев(гост-докторант), Иглика Максимова, Елена Милева) Изследванията са в сътрудничество с колегите д-р Радомир Славчов и д-р Стоян Смуков от Queen Mary University of London, School of Engineering and Materials Science, London)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

B. Peychev, D. Arabadzhieva, I. Minkov, E. Mileva, S. Smoukov, R. I. Slavchov, Measuring the Adsorption of Electrolytes on Lipid Monolayers, J. Phys. Chem. Lett., 14 (2023) 4652. Q1, IF=5.7; <https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.3c00795>

3. Участие в проекти

Договор № КП-06-Н39/5 “Дизайн и охарактеризиране на меки наноструктурирани материали, получени от антени олигоглицини“ от 09.12.2019 г., (ръководител проф. дхн Елена Милева)

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

Измерване на адсорбцията на електролити върху липидни монослое,

Д. Арабаджиева, Б. Пейчев, И. Минков, И. Максимова, Е. Милева, С. Смуков, Р. Славчов, Колоквиум "Акад. Р. Каишев" на ИФХ-БАН, 28.11. 2023г.

5.Работен колектив за 2023

проф. дхн Елена Милева
гл. ас. д-р Димитринка Арабаджиева
гл. ас. д-р Иван Минков
студент Никола Арабаджиев
д-р Иглика Максимова

Задача 3.3. СТРУКТУРА И СТАБИЛНОСТ НА ПЕНИ И ЕМУЛСИИ С ИНДУСТРИАЛНИ ПРИЛОЖЕНИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПЕНОСТАБИЛИЗАТОРНИ И ЕМУЛГАТОРНИ СИСТЕМИ

1. Описание на постигнатите резултати

1. *Изследване на адсорбционното поведение на силикон-гликол кополимерите Silmer A108 и Silmer A004, които имат приложение при събирането на разливи от петролни продукти.* Случаите на петролни разливи в естествени водни басейни със значителни (често катастрофални) екологични последици са добре познато явление през последните десетилетия. Различни методи са предложени за справянето с петролните разливи и ограничаване на екологичните последици. Една възможност е използването на подходящи повърхностно активни вещества (ПАВ), наричани колектори (herders), които се разпръскват около разлива и значително редуцират площта. Това води до формиране на относително по-дебел слой разлят нефт, който в последствие се изгребва или запалва преди да достигне бреговата ивица. В предишния отчетен период, ние проведохме систематични изследвания на адсорбционните свойства на силикон гликол кополимерите Silsurf A108 и Silsurf A008, които се използват в практиката като колектори на маслени разливи. През настоящата година тези изследвания бяха допълнени с моделни експерименти на маслени разливи в лабораторни условия в CanmetENERGY, Канада. Бяха направени и допълнителни измервания на междуфазовото напрежение за различни комбинации на реални образци на петролни продукти (транспортирани в тръбопроводите на Северна Америка) и дестилирана или морска вода с добавени Silsurf A108 и Silsurf A008. В своята съвкупност, получените резултати позволяват дефинирането на оптимални физикохимични параметри на ПАВ, които да се използват за оценка и подбор нови, екологично приемливи колекторни ПАВ. (гл. ас. д-р Димитринка Арабаджиева, гл. ас. д-р Иван Минков, доц. д-р Пламен Чуков, проф дхн Елена Милева)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

3. Участие в проекти

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

1. Stoyanov, S. R.; Hristova, E.; Tchoukov, P. Effect of Cyclic Hydrocarbons on the Agglomeration-Coalescence Transition in Water-in-Diluted Bitumen Emulsions, 12th

International Colloids Conference, Palma de Mallorca, Spain, June 11–14, 2023, (poster presentation)

2. P. Tchoukov, Interfacial and Colloid Aspects of Crude Oil recovery, Workshop “Relevance of surface phenomena, colloids and interfacial science for developing scientific and technological projects”, organized by World-Academics Knowledge Startup at Technical University of Dresden, Germany, 2023-12-13, online, (invited talk)

5.Работен колектив за 2023

гл. ас. д-р Димитринка Арабаджиева

гл. ас. д-р Иван Минков

доц. д-р Пламен Чуков

проф.дхн Елена Милева

(Изследванията са в сътрудничество колеги от University of Guelph и Natural Resources Canada)

Задача 3.4. НЕРАВНОВЕСНИ СВОЙСТВА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ДИСПЕРСНИ СИСТЕМИ; ПРЕНОС НА БИОЛОГИЧНО-АКТИВНИ ВЕЩЕСТВА; ПРИЛОЖЕНИЯ В КОЗМЕТИЧНАТА, ХРАНИТЕЛНАТА И НЕФТЕНАТА ПРОМИШЛЕННОСТИ, КАКТО И В МЕДИЦИНАТА

1. Описание на постигнатите резултати

1. *Експериментално изследване на взаимодействието между хидрофобния медикамент индометацин и обемни тектомерни агрегати, образувани от двуантенния олигоглицин $T_2C_8Gly_4$ (с четири олигоглицинови остатъка във всяка антена и въглеродороден мост с осем въглеродни атома) като моделна система за натоварване и пренос на лекарства. През отчетения период е извършен следващият етап на работата по тази тема, а именно систематизиране и анализ на получените резултати от тънките течни филми и UV-Vis - експериментите. Доразвити са хипотези, обясняващи механизма на взаимодействие на медикамента с тектомери, образувани от олигоглицина. Върху тематиката е оформен ръкопис, който е изпратен към научното списание *Colloids and Interfaces*, Oct. 2023. (гл. ас. д-р Анна Гюрова, гл. ас. д-р Димитринка Арабаджиева, гл. ас. д-р Иван Минков, доц. д-р Любомир Николов, проф. дхн Елена Милева)*

2.Публикации (пълно библиографско описание)

3. Участие в проекти

4.Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

5.Работен колектив за 2023

гл. ас. д-р Анна Гюрова

гл. ас. д-р Димитринка Арабаджиева
гл. ас. д-р Иван Минков
оц. д-р Любомир Николов
проф. дхн Елена Милева

Задача 3.5. СВОЙСТВА И СТРУКТУРА НА КОМПЛЕКСНИ ТЕЧНИ СЪСТАВИ, СЪДЪРЖАЩИ СИНТЕТИЧНИ И БИОСЪРФАКТАНИ, ПЕПТИДИ, ПРОТЕИНИ И ПОЛИМЕРИ, БАКТЕРИИ И ВИРУСИ; ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА МЕДИЦИНСКИ И ЕКОЛОГИЧНИ ЦЕЛИ

1. Описание на постигнатите резултати

1. Изследвани са химичния състав и физикохимичните свойства на пяната, продуцирана от *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae), т.нар. ливадна пенница. Определени са тоталните концентрации на белтъци и полизахариди и са охарактеризирани свойствата на адсорбционните слоеве на фазовата граница разтвор/въздух и на пенните филми. Резултатите показват формиране на сложни по състав структури, базирани на електростатични взаимодействия между белтъци и полизахариди. Налице е структурна реорганизация, както в обема така и на повърхността, което оказва влияние върху свойствата на абсорбционните слоеве и пенните филми и определя стабилността на пяната. (статията се подготвя за печат). (гл. ас. д-р Х. Петкова)

2. Във водни разтвори на четириантенни олигоглицини (T_4) е регистрирана специфична самоорганизация, която се основава на изграждане на неканонична структура Полиглицин II на базата на мрежа от вътре- и междумолекулни водородни връзки. В резултат се образуват положително заредени, хидрофилни (в случая на T_4) наноструктури, наречени тектоми. Свойствата на тектомерите зависят от параметрите на водната среда като рН, йонна сила, температура и др., и могат да се регулират чрез контролираната им промяна. В минали изследвания сме доказали потенциала на тези наноструктури за улавяне на силно токсичните бактериални липополизахариди (LPS) от *E. coli*. Смесените комплекси, формирани при улавянето на ендотоксини, могат да бъдат амфифилни T_4 /LPS (отиват на повърхността) или хидрофилни T_4 /LPS/ T_4 сандвичеви структури (остават в обема). Настоящата работа се фокусира върху ефекта на температурата върху улавянето на LPS от T_4 и възможностите за пречистване на водната среда от първите, както и опциите за възстановяването на допълнителните количества тектоми, които не участват в смесените системи. Конкретно е изследвано влиянието на промяната на температурата при нагряване (до 60° и до 85°C) и охлаждане (до 20°C) върху: (1) повърхностните свойства на смесени системи на границата разтвор/въздух, (2) само-организацията на чисти тектоми и на смесени системи в обема, като е търсено дали процесите са обратими. Използвани са методите Тензиометрия за профилен анализ (ПАТ) и Динамично светоразсейване (DLS).

Установено е намаление на повърхностното напрежение при нагряване и, обратно, повишението му при охлаждане, както и увеличение на дилатационната еластичност след охлаждане. Споменатото намаление на повърхностното напрежение при нагряване е толкова по-голямо, колкото по-дълъг е периодът на нагряване и

колкото по-висока е температурата. Регистрирана е необратимост на ефекта на температурата върху повърхностните свойства на смесените разтвори, като крайното повърхностно напрежение (след нагряване и охлаждане) е малко по-ниско от началното (преди нагряване), което е индикация за необратими структурни промени на междуфазовата граница. Изследването на обемната самоорганизация на чист T_4 и на смесени разтвори при нагряване и охлаждане показват обратимост на промяната в размерите на обемните агрегати. Следователно, ефектът на температурата върху обемната самоорганизация няма принос към необратимостта при повърхностните свойства на смесите T_4/LPS . Споменатата необратимост при повърхностните свойства би могла да се дължи на разграждането на сандвичевите обемни смесени структури $T_4/LPS/T_4$ до амфифилни комплекси T_4/LPS при нагряване, адсорбцията на последните на повърхността и, следователно, по-голямата запълненост на междуфазовата граница след охлаждане, отговаряща на по-ниска стойност на повърхностното напрежение. Това означава, че след цикъл нагряване-охлаждане се постига по-пълно улавяне на ендотоксините на повърхността и се появява възможност за отделянето им от остатъчните, несвързани тектоми в обема, които биха могли да се преизползват за пречистване на водни разтвори. (гл. ас.д-р А. Гюрова, гл. ас. д-р Д. Арабаджиева, гл. ас. д-р И. Минков, проф. дхн Е. Милева)

3. Триантенните олигоглицини представляват неизследван систематично до момента клас антенни олигоглицини, съдържащи три къси хидрофилни олигоглицинови вериги (антени), свързани заедно посредством къси хидрофобни части. Подобно на всички антенни олигоглицини, във воден разтвор те спонтанно образуват неканонична структура Полиглицин II, основана на мрежа от вътре- и междумолекулни водородни връзки, а в допълнение могат и да участват в хидрофобни взаимодействия. Изследван е ефектът на броя на глициновите остатъци, включени в структурата на триантенни олигоглицини, върху следните физикохимични свойства на водните им разтвори: (1) Адсорбцията на междуфазовата граница разтвор/въздух, оценена чрез динамичните и равновесни повърхостни напрежения, както и повърхостната дилатационна еластичност и вискозитет; (2) Параметрите на изтичане на микроскопични тънки пенни филми; (3) Охарактеризирани са размерите на обемните агрегати. За изследването са избрани два различни триантенни олигоглицина съответно с 5 и 7 глицинови остатъци $CH_3C(-CH_2-NH-Gly_7)_3 \cdot 3HCl$, съкратено T_3Gly_7 , и $CH_3C(-CH_2-NH-Gly_5)_3 \cdot 3TFA$, съкратено T_3Gly_5 .

Резултатите показват, че въпреки наличието на еднакви хидрофобни части, различната дължина на хидрофилните антени води до промяна на свойствата и запълването на повърхността, поради изместване на хидрофилно-хидрофобния баланс. Най-общо повърхостното напрежение на T_3Gly_5 е по-ниско от това на T_3Gly_7 , а дилатационната еластичност е по-висока, което съответства на по-голяма повърхостна активност при по-малка дължина на антените. От друга страна, равновесното повърхостно напрежение на T_3Gly_5 намалява класически с увеличаване на концентрацията на олигоглицина, докато това на T_3Gly_7 проявява тенденция да расте с увеличаване на концентрацията. Следователно, при по-дълги глицинови вериги (антени) заетостта на повърхността намалява при повишаване концентрацията, което може да се обясни с образуване на по-големи обемни агрегати или по-голям брой малки

агрегати, т.е. доминираща обемна самоорганизация. Резултатите от пенните филми и DLS изследването подкрепят горните изводи. (гл. ас.д-р А. Гюрова, гл. ас. д-р Д. Арабаджиева, гл. ас. д-р И. Минков, проф. дхн Е. Милева)

Теоретично изследване на двуантенния олигоглицин $T_2C_8Gly_4$ (с четири олигоглицинови остатъка във всяка антена и въгледороден мост с осем въглеродни атома), чрез охарактеризиране на структурата на единични молекули с молекулно-механичен и квантово-химичен анализ. Описание на процеса на обемна самоорганизация на $T_2C_8Gly_4$ чрез метода на молекулна динамика. През отчетения период извършената работа е свързана с теоретично изследване на двуантенни олигоглицини и по-специално на двуантенния олигоглицин с четири олигоглицинови остатъка във всяка антена и наситен въгледороден мост с осем въглеродни атома между двете антени - $T_2C_8Gly_4$. Това са клас биосъвместими болаамфифилни вещества, получени чрез насочен молекулен дизайн. Структурно олигоглицините са изградени от централна въгледородна част, към двата края на която са присъединени две еднакво дълги олигоглицинови вериги (антени). Благодарение на амфифилния си характер и на възможността за образуване на неканоничния структурен мотив полиглицин II, във водна среда тези пептидни полимери имат възможност да се самоорганизируют и да образуват различни по размери и форма агрегати, наречени тектоми. Предишни експериментални изследвания доказват, че процесът на самоорганизация може да бъде регулиран и насочван чрез промяна в параметрите на средата като рН, температура, йонна сила, концентрация. Поради тези специфични свойства, двуантенните олигоглицини, в частност тектомерите, формирани от тях, придобиват все по-голямо значение в различни сфери на приложение като преносители на лекарства, наносензори, стабилизатори на емулсии, както и средства, допринасящи за подобряване на разтворимостта на силно хидрофобни вещества във водна среда. Въпреки специфичните им свойства и широкото поле на приложимост, за антенните олигоглицини са налични оскъдни теоретични изследвания. По-детайлното им изследване би дало възможност да се надгради съществуващата информация и да се постигне по-пълно разбиране на техните свойства. Изследването е фокусирано върху определен вид двуантенен олигоглицин - $T_2C_8Gly_4$. Причината за избора на този олигоглицин е свързана с наличието на експериментални резултати, които могат да послужат за сравнение и валидиране. Работата е смислово разделена на две части. Първата част е съсредоточена върху охарактеризиране структурата на единични молекули на $T_2C_8Gly_4$ чрез молекулно-механичен и квантово-химичен анализ. Проведен е молекулно-механичен конформационен анализ, благодарение на който са установени енергетично стабилни конформери на $T_2C_8Gly_4$. Чрез квантово-химични изчисления е оценено влиянието на имплицитен разтворител върху стабилните конформери в напълно заредена и в неутрална форма. За валидиране на използваните методи са предсказани инфрачервени (IR) спектри, които са сравнени с експериментални спектри, получени от предходни изследвания. Резултатите показват наличие на структурни вариации единствено за заредената форма под влиянието на имплицитен разтворител. Получено е добро съотнасяне на ивиците в предсказаните и в експерименталните IR спектри. В допълнение е установено силно дипол-диполно взаимодействие между отделните олигоглицинови антени (-375.17 kJ/mol), обясняващо

възможността да се сближават в пространството и да се ориентират успоредно една на друга. Втората част на извършената работа е насочена към описание на процеса на обемна самоорганизация на $T_2C_8Gly_4$ чрез метода на молекулната динамика. За целта първо са проведени атомистични молекулно-динамични симулации на единична молекула в експлицитна водна среда. Извършен е анализ за определяне на важни структурни параметри като дължина и обем на хидрофобната част на болаамфифила и площ на хидрофилните глави. Благодарение на тези параметри е предсказана предполагаемата форма на тектомерите от $T_2C_8Gly_4$ (дискове и везикули) и е изчислено тяхното агрегационно число. Извършен е пълен анализ на H -връзки в системата. Проведен е клъстерен анализ, благодарение на който са разграничени 12 различни конформации на $T_2C_8Gly_4$. Всички получени резултати са използвани за построяване на модел от 20 молекули от $T_2C_8Gly_4$ във водна среда, включващ всички установени конформации, разпределени по тегла. Започнат е пълен анализ на структурите на образуваните тектомерни агрегати. (проф. дхн Елена Милева, гл. ас. д-р Димитринка Арабаджиева, гл. ас. д-р Иван Минков, студент Едуарда Енчева) (С участието на проф. д-р Анела Иванова, проф. д-р Веселин Петров, проф. д-р Аля Таджер, гл. ас. д-р Христо Рашеев, докторант Стоян Илиев от Химически факултет на Софийски Университет.)

По темата е започнато оформяне на дипломна работа за присъждане на ОКС „Магистър“ на тема: „Молекулно-динамично изследване на обемна самоорганизация на двуантенен олигоглицин във водна среда“ с научни ръководители - проф. д-р Анела Иванова и проф. дхн Елена Милева, и научен консултант - Стоян Илиев.

4. *Влияние на температурата върху повърхностните свойства на смесени системи от четириантенни олигоглицини (T_4) и бактериални липополизахариди. Във водни разтвори на четириантенни олигоглицини (T_4) е регистрирана специфична самоорганизация, която се основава на изграждане на неканонична структура Полиглицин II на базата на мрежа от вътре- и междумолекулни водородни връзки. В резултат се образуват положително заредени, хидрофилни (в случая на T_4) наноструктури, наречени тектомери. Свойствата на тектомерите зависят от параметрите на водната среда като pH , йонна сила, температура и др., и могат да се регулират чрез контролираната им промяна. В минали изследвания сме доказали потенциала на тези наноструктури за улавяне на силно токсичните бактериални липополизахариди (LPS) от *E. coli*. Смесените комплекси, формирани при улавянето на ендотоксини, могат да бъдат амфибилни T_4/LPS (отиват на повърхността) или хидрофилни $T_4/LPS/T_4$ сандвичеви структури (остават в обема). Настоящата работа се фокусира върху ефекта на температурата върху улавянето на LPS от T_4 и възможностите за пречистване на водната среда от първите, както и опциите за възстановяването на допълнителните количества тектомери, които не участват в смесените системи. Конкретно в настоящата работа е изследвано влиянието на промяната на температурата при нагряване (до 60° и до $85^\circ C$) и охлаждане (до $20^\circ C$) върху: (1) повърхностните свойства на смесени системи на границата разтвор/въздух, (2) само-организацията на чисти тектомери и на смесени системи в обема, като е търсено дали процесите са обратими. Използвани са методите Тензиометрия за профилен анализ (PAT) и Динамично светоразсейване (DLS). Установено е намаление*

на повърхностното напрежение при нагряване и, обратно, повишението му при охлаждане, както и увеличение на дилатационната еластичност след охлаждане. Споменатото намаление на повърхностното напрежение при нагряване е толкова по-голямо, колкото по-дълъг е периодът на нагряване и колкото по-висока е температурата. Регистрирана е необратимост на ефекта на температурата върху повърхностните свойства на смесените разтвори, като крайното повърхностно напрежение (след нагряване и охлаждане) е малко по-ниско от началното (преди нагряване), което е индикация за необратими структурни промени на междуфазовата граница. Изследването на обемната самоорганизация на чист T_4 и на смесени разтвори при нагряване и охлаждане показват обратимост на промяната в размерите на обемните агрегати. Следователно, ефектът на температурата върху обемната самоорганизация няма принос към необратимостта при повърхностните свойства на смесите T_4/LPS . Споменатата необратимост при повърхностните свойства би могла да се дължи на разграждането на сандвичевите обемни смесени структури $T_4/LPS/T_4$ до амфифилни комплекси T_4/LPS при нагряване, адсорбцията на последните на повърхността ѝ, следователно, по-голямата запълненост на междуфазовата граница след охлаждане, отговаряща на по-ниска стойност на повърхностното напрежение. Това означава, че след цикъл нагряване-охлаждане се постига по-пълно улавяне на ендотоксините на повърхността и се появява възможност за отделянето им от остатъчните, несвързани тектоми в обема, които биха могли да се преизползват за пречистване на водни разтвори. Тази работа търпи развитие от предходния отчетен период, като резултатите са систематизирани, обсъдени и изпратени в научното списание *Colloids and Interfaces*, Oct. 2023. (гл. ас. д-р Анна Гюрова, гл. ас. д-р Димитринка Арабаджиева, гл. ас. д-р Иван Минков, доц. д-р Любомир Николов, проф. дхн Елена Милева)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Gyurova, A.Y., Arabadzhieva, D., Minkov, I., Nikolov, L., Mileva, E., Impact of Temperature Variations on the Entrapment of Bacterial Endotoxins in Aqueous Solutions of Four-Antennary Oligoglycines, *Colloids and Interfaces*, 7 (2023) 62, ISSN: 2504-5377, <https://doi.org/10.3390/colloids7040062>, IF 2.9, Q2.

3. Участие в проекти

Договор № КП-06-Н39/5 “Дизайн и характеризиране на меки наноструктурирани материали, базирани на антенни олигоглицини“ от 09.12.2019 г., с ръководител проф. дхн Елена Милева.

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

9th Bubble and Drop Conference (11-16. 06. 2023г), Люблин, Полша с устен доклад на тема „The Insights of Spittlebugs’ Biofoam Stabilization“ (К. Berberov, Н. Petkova, V. Ganeva, I. Gjonov, N. Antonova, E. Mileva).

9th Bubble and Drop Conference (11-16. 06. 2023г), Люблин, Полша с пленарен доклад на тема Self-assembly of Antennary Oligopeptides in Aqueous Environment: Fine-tuning and Applications. Mileva, E., Arabadzhieva, D., Gyurova, A.Y., Minkov, I., Nikolov, L.

9th Bubble and Drop Conference (11-16. 06. 2023г), Люблин, Полша с постерен доклад на тема Aqueous solutions of four-antennary oligoglycines and bacterial endotoxin: impact of temperature changes, L. Nikolov, A. Gyurova, D. Arabadzhieva, I. Minkov, E. Mileva.

5.Работен колектив за 2023

гл. ас. д-р Х. Петкова
проф. дхн. Е. Милева
студент К. Берберов
студент Едурада Енчева
гл. ас. д-р А. Гюрова
доц. д-р Л. Николов
проф. дхн. Е. Милева
гл. ас. д-р Д. Арабаджиева
гл. ас. д-р И. Минков

Задача 3.6. ЕЛЕКТРОКИНЕТИЧНА СПЕКТРОСКОПИЯ НА КОЛОИД-ПОЛИМЕРНИ СИСТЕМИ

1. Описание на постигнатите резултати

Наночастици от меден оксид са вградени в матрицата на стандартно цинково покритие върху стомана с цел комбиниране на биоцидният ефект на медния оксид и способността на цинковото покритие да защитава стоманата от корозия в агресивна хлор-съдържаща среда. Преди вграждане в покритието, частиците от меден оксид са капсулирани в комплекси („хидрогелове“), получени от два противоположно заредени биополимера - хитозан и натриев алгинат (в присъствие на свързващ агент натриев триполифосфат), за да се предотврати спонтанно освобождаване на медни йони при разтваряне на наночастиците в корозионна среда. Изпълнени са две процедури за получаване на хибридни цинкови покрития върху проби от ниско въглеродна стомана: 1) съвместно електроотлагане на капсулираните частици от меден оксид и цинк върху стоманен електрод (катод) от сулфатен електролит с рН 4.5-5.0; 2) електрофоретично отлагане от неутрален воден разтвор на капсулирани медни наночастици като отделен слой между два слоя от цинк, получени чрез електроотлагане от сулфатен електролит. И в двата случая са получени хомогенни хибридни цинкови покрития, които имат близки защитни характеристики срещу корозия в две моделни корозионни среди – 3.5% воден разтвор на натриев хлорид и изкуствена морска вода. Хибридните покрития показват 2 – 4 пъти по-високо корозионно съпротивление в сравнение с чисто цинково покритие за срок от 30 дни, като защитните характеристики на двете покрития са по-добри в изкуствена морска вода, вероятно поради по-ниското съдържание на хлор в нея.

Получените покрития имат потенциал за предпазване от биологично замърсяване на стоманени конструкции в морска среда, поради наличието в тях на много компоненти с биоциден ефект (медни и цинкови йони, хитозан). Работата е публикувана. (Н. Божкова, К. Камбурова, Ц. Радева, С. Симеонова, Н. Грозев, Н. Божков)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1. Boshkova N., Kamburova K., Radeva Ts., Simeonova S., Grozev N., Boshkov N.. Hybrid Zinc Coatings with Chitosan/Alginate Encapsulated CuO-Nanoparticles for Anticorrosion and Antifouling Protection of Mild Steel. *Coatings*, 13, 5, MDPI, 2023, 895. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings13050895>, SJR (Scopus):0.513, JCR-IF (Web of Science):3.236 – Q2
2. V. Milkova, F.M. Goycoolea, Polysaccharide-Stabilized Capsules for Delivery of Indomethacin, *ChemistrySelect*, 2023, 8, e202204420. <https://doi.org/10.1002/slct.202204420>. SJR (Scopus):0.38, JCR-IF (Web of Science):2.1 Q2
3. V. Milkova, Comparative Electrokinetic Study of Alginate-Coated Colloidal Particles, *Gels*, MPDI, 2023,9, 493. <https://doi.org/10.3390/gels9060493>. SJR (Scopus):0.55, JCR-IF (Web of Science):4.6. Q2
4. V. Milkova, Polysaccharide/Carbon Quantum Dots Composite Film on Model Colloidal Particles—An Electro-Optical Study, *Polymers*, MPDI, 2023, 15, 3766. <https://doi.org/10.3390/polym15183766>. SJR (Scopus):0.72, JCR-IF (Web of Science): 5.0 Q1

3. Участие в проекти

„Разработване на нови композитни материали и покрития на тяхна база за дългосрочни приложения срещу корозия/биокорозия”, договор с ФНИ България –Китай (КП-06-Китай/4) (2020-2023), ръководител Н. Божков (участници Ц. Радева, К. Камбурова)

„Биополимер-съдържащи функционални платформи за in vitro насочен пренос и комбинирано освобождаване на терапевтични компоненти при лечение на коронавирусна инфекция“ договор с ФНИ (КП-06-ДК1/3) (2021-2023), ръководител В. Милкова (участници К. Камбурова, А. Гюрова, И. Димитров, С. Атанасова-Владиминова, И. Пироева)

„Дизайн на “сини” функционални структури с потенциално приложение в терапията срещу Болестта на Алцхаймер“ договор с ФНИ (КП-06-КОСТ/8) (2021-2023), ръководител В. Милкова (участници К. Камбурова, И. Димитров, Ф. Ходжаоглу)

CA18238 “European transdisciplinary networking platform for marine biotechnology” (Ocean4Biotech) (2020-2023), участници В. Милкова, К. Камбурова, И. Димитров, Ф. Ходжаоглу.

Договор Д01-306/20.12.2021 МОН на тема: ИНФРАМАТ (Разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложение, както и за консервация, достъп и е-съхранение на артефакти (археологически и фолклорни)) (2021-2023), ръководител В. Цакова (участници К. Камбурова и др.)

Проект BG 05M2OP001-1.001-0008- Национален център по мехатроника и чисти технологии, Координатор на проекта: Институтът по обща и неорганична химия - БАН. (2018-2023) (П. Чуков, К. Камбурова, Х. Петкова, В. Милкова)

COST Акция CA21159 “Understanding interaction light – biological surfaces: possibility for new electronic materials and devices” (PhoBioS) (2022-2026). Участници В. Милкова

4.Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер

Boshkova N., Kamburova K., Radeva Ts., Boshkov N., “Comparative Corrosion Characterization of Hybrid Zinc Coatings with Polymer Modified CuO Nanoparticles in Artificial Sea Water”, International Conference on Science, Engineering & Technology (ICSET-23), 19 - 20.04.2023, Paris, France, доклад

Boshkov N., Boshkova N., Kamburova K., Radeva Ts., “Obtaining and corrosion characterization of hybrid zinc coatings with biopolymeric CuO-based capsules”, International Conference on Science, Engineering & Technology (ICSET-23), 19 - 20.04.2023, Paris, France, доклад

В. Милкова, Електро-оптично изследване на многослоен филм формиран от полизахариди, Колоквиум „Акад. Р. Каишев“, 24.10.2023.

5.Работен колектив за 2023

доц. д-р К. Камбурова
гл. ас. д-р А. Гюрова
доц. д-р И. Димитров
проф. д-р Н. Божков
доц. д-р Н. Божкова
доц. д-р В. Милкова
проф. дхн Ц. Радева

Задача 3.7. ДИЗАЙН НА (НАНО)КАПСУЛИ ЧРЕЗ ПОСЛОЙНА АДСОРБЦИЯ НА ПОЛИМЕРИ ВЪРХУ КОЛОИДНИ ЧАСТИЦИ И ЕМУЛСИОННИ КАПКИ

1. Описание на постигнатите резултати

1. Наночастици от цинков оксид са капсулирани в чувствителни към рН на средата хитозан/алгинат/триполифосфатни комплекси с цел изолиране на частиците от обкръжаващата ги среда и контролирано освобождаване на съдържащи се в тях елементи при промяна на рН и йонната сила на средата. Определени са размерите и електрокинетичният заряд на получените „хидрогелни“ капсули и стабилността на техните суспензии. Капсулираните наночастици от цинков оксид са вградени в матрицата на цинково покритие чрез съвместно електроотлагане с цинк върху стомана. В ход са измервания на корозионното съпротивление и морфологичните характеристики на полученото хибридно покритие. Работата е в ход. (К. Камбурова, Ц. Радева, Н. Божкова, Н. Божков)

2. *Получаване на липозоми натоварени с хомотаурин.* Целта на изследването е получаване на композитни липозоми изградени само от компоненти изолирани от морски организми (хомотаурин, хитозан и к-карагенан). Направено е сравнително изследване на стабилността на получените празни и натоварени с НТ липозоми стабилизиращи с монослой от карагенан или бислой от карагенан/хитозан в буфер с рН 7.4. Изследвана е контролираната агрегация на амилоиден пептид (амилоид бета) в приствие на чист НТ и липозоми натоварени с НТ. Изследването е в ход. (К. Камбурова, И. Димитров, Ф. Ходжаоглу, В. Милкова)

3. Посредством разработената в ИФХ-БАН проточна микро камера са получени експериментални данни за изменения на реологични променливи (хематокрит, скорост на деформация, деформация на еритроцити, агрегация на червени кръвни клетки), и съответно информация за броя и поведението на левкоцитите, които адхезират към модел на съдова стена в условията на поток. Установена е връзката между левкоцитната адхезия и реологичните параметри на кръвта при пациенти със заболявания като диабет тип 2. (д-р Х. Христов, инж. Георги Иванов, Научен колектив от ИМех-БАН: проф. д-р Н. Антонова, гл.ас. д-р И. Иванов и ас. Василка Паскова)

4. Конструирана е, и изработена микро флуидна камера за изследване влиянието на адхезирани епителни клетки на едната повърхност на камерата върху деформация на еритроцити и левкоцити при различни скорости на потока. Проведените предварителни измервания показаха, че с тази камера може успешно да се изследва влиянието на монослойна или многослойна адхезия на епителни клетки върху реологичните параметри на кръвни проби във връзка с различни заболявания. Изследванията ще продължат и през 2024 г. (д-р Х. Христов, инж. Георги Иванов, проф. д-р Н. Антонова (ИМБМ-БАН) и проф. д-р Р. Цонева (ИБФ-БАН).

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1. Antonova N., Khristov, Kh., Alexandrova, A., Muravyov, A., Velcheva, I., Development of experimental microfluidic device and methodology for assessing microrheological properties of blood, *Clinical Hemorheology and Microcirculation* 83 (2023) 231–245, DOI 10.3233/CH-221631, IF 2.41, Q2 1.
2. Milkova, V., Kamburova, K., Martinov, P., Vilhelmova-Ilieva, N., Rashev, V., Chitosan-Based Nanocarriers for Delivery of Remdesivir. *Scientia Pharmaceutica*, 91 (3), art. no.

37, MDPI, 2023, DOI:10.3390/scipharm91030037, SJR (Scopus):0.57, JCR-IF (Web of Science):2.5 – Q2

3. Milkova, V., Vilhelmova-Ilieva, N., Gyurova, A., Kamburova, K., Dimitrov, I., Tsvetsnova, E., Georgieva, A, Mileva, M., Remdesivir-Loaded Nanoliposomes Stabilized by Chitosan/Hyaluronic Acid Film with a Potential Application in the Treatment of Coronavirus Infection. *Neurology International*, 15, 4, MDPI, 2023, DOI: <https://doi.org/10.3390/neurolint15040083>, 1320-1338. SJR (Scopus):0.45, JCR-IF (Web of Science):3 – Q3

3. Участие в проекти

„Разработване на нови композитни материали и покрития на тяхна база за дългосрочни приложения срещу корозия/биокорозия”, договор с ФНИ България – Китай (КП-06-Китай/4) (2020-2023), ръководител Н. Божков (участници Ц. Радева, К. Камбурова)

„Биополимер-съдържащи функционални платформи за *in vitro* насочен пренос и комбинирано освобождаване на терапевтични компоненти при лечение на коронавирусна инфекция“ договор с ФНИ (КП-06-ДК1/3) (2021-2023), ръководител В. Милкова (участници К. Камбурова, А. Гюрова, И. Димитров, С. Атанасова-Владиминова, И. Пироева)

„Дизайн на “сини” функционални структури с потенциално приложение в терапията срещу Болестта на Алцхаймер“ договор с ФНИ (КП-06-КОСТ/8) (2021-2023), ръководител В. Милкова (участници К. Камбурова, И. Димитров, Ф. Ходжаоглу)

CA18238 “European transdisciplinary networking platform for marine biotechnology” (Ocean4Biotech) (2020-2023), участници В. Милкова, К. Камбурова, И. Димитров, Ф. Ходжаоглу.

Договор Д01-306/20.12.2021 МОН на тема: ИНФРАМАТ (Разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложения, както и за консервация, достъп и е-съхранение на артефакти (археологически и фолклорни)) (2021-2023), ръководител В. Цакова (участници К. Камбурова и др.)

Проект BG 05M2OP001-1.001-0008- Национален център по мехатроника и чисти технологии, Координатор на проекта: Институтът по обща и неорганична химия - БАН. (2018-2023) (П. Чуков, К. Камбурова, Х. Петкова, В. Милкова)

CA21164 “Towards an improvement in diagnostics and treatment strategies for TB control” (ADVANCE-TB) (2022-2026). Участници В. Милкова

Рамково споразумение между Лаборатория Биодинамика и Биореология, направление „Биомеханика” към Института по механика към БАН и Секция „Повърхности и колоиди” Института по физикохимия към БАН, Изх. № 387/12.07.2016 г.- Институт по физикохимия към БАН и Изх. № 493/15.07.2016 г. – Институт по механика към БАН , за 2023 г.

4. Участие в конференции – наименование на конференцията, време и място на провеждане, заглавие на доклада, автори (подчертан презентиращ автор), вид на доклад – устен или постер.

Milkova, V., Kamburova, K., Gyurova, A., Dimitrov, I., Vilhelmova-Pieva, N., Vladimirova, S., Piroeva, I., Design of biopolymer-based (nano)formulations for potential treatment of coronavirus infection, International Conference on Nanomaterials and Nanotechnology, 27.03.2023 - 28.03.2023, Paris, France.

Vilhelmova-Pieva, N., Milkova, V., Kamburova, K., Gyurova, A., Dimitrov, I., Martinov, P., Petrova, Z., Mileva, M., Polysaccharide-based capsules for potential treatment of coronavirus infection in vitro, 24th Lisbon International Conference on Advances in Chemical, Biological and Environmental Engineering, 05.07.2023 - 07.07.2023.

5. Работен колектив за 2023

доц. д-р В. Милкова
гл. ас. д-р А. Гюрова
доц. д-р К. Камбурова
студент П. Мартинов
доц. д-р И. Димитров
гл. ас. д-р Ф. Ходжаоглу

Научно сътрудничество на звеното

Сътрудници от ИФХ са изпълнявали ангажименти по 1 двустранна спогодба (ЕБР) и 3 проекта по програмата COST

- Модифицирани наноматериали за електро- и фотоелектрокаталитични приложения – синтез и характеризиране (ЕБР) – Аристотелов университет, Солун, Гърция (доц. д-р Ж. Георгиева)
- Towards an improvement in diagnostics and treatment strategies for TB control (доц. В. Милкова) – съизпълнител (ЕС, COST Action)
- Understanding interaction light - biological surfaces: possibility for new electronic materials and devices (доц. В. Милкова) – съизпълнител (ЕС, COST Action)
- CA18238 “European transdisciplinary networking platform for marine biotechnology” (доц. В. Милкова) – съизпълнител (ЕС, COST Action)

През 2023 г. учени от ИФХ са участвали в 10 проекта, финансирани от ФНИ

- Нови геополимерни и керамични енергоефективни материали и композити (гл. ас. Н. Йорданов) – съизпълнител (ФНИ)
- Контролирани на атомен мащаб интерфейси от AlGaIn за UV-C LED (Atomic-level control of AlGaIn hetero-interfaces for deep-UV LED) (гл.ас. Х. Попова) –

съизпълнител (ФНИ)

- Печатни въглеродни електроди, модифицирани с метални частици и метал-оксидни островоподобни покрития за електрохимични сензорни устройства (гл.ас. А. Накова) – водеща орг-я (ФНИ)
- Използване на български мергелови суровини с добавки от други природни и индустриални източници за синтез на висококачествени керамики тип „жълти“ павеа” (проф. А. Караманов) – водеща орг-я (ФНИ)
- Наноразмерни магнитни частици, получени от оксидни стъкла, за приложения в биомедицината. (проф. Д. Тачев) – съизпълнител (ФНИ)
- Дизайн на “сини” функционални структури с потенциално приложение в терапията срещу Болестта на Алцхаймер“ договор с ФНИ (КП-06-КОСТ/8) (В. Милкова) – водеща орг-я (ФНИ)
- Дизайн и охарактеризиране на меки наноструктурирани материали, получени от антенни олиголицини (проф. Е. Милева) - водеща организация (ФНИ) (приключил)
- Нови екологосъобразни едно- и многослойни покрития за корозионна защита на конструкционни материали с широко приложение (доц. Н. Божкова) – водеща организация (ФНИ) (приключил)
- Разработване на нови композитни материали и покрития на тяхна база за дългосрочни приложения срещу корозия / биокорозия (проф. Н. Божков) – водеща орг-я (ФНИ) (приключил)
- Биополимер-съдържащи функционални платформи за in vitro насочен пренос и комбинирано освобождаване на терапевтични компоненти при лечение на коронавирусна инфекция (доц. В. Милкова) – водеща организация (ФНИ) (приключил)

През 2023 г. ИФХ работи в рамките на спогодби на институтско ниво:

- Рамково споразумение между Лаборатория Биодинамика и Биореология, направление „Биомеханика” към Института по механика към БАН и Секция „Повърхности и колоиди” Института по физикохимия към БАН (проф. Е. Милева) – съизпълнител

Проекти, свързани с общонационални и оперативни дейности

- Институт по физикохимия „Акад. Ростислав Каишев“ е научен и технически координатор на национална научна инфраструктура ИНФРАМАТ (Разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложения, както и за консервация, достъп и е-съхранение на артефакти (археологически и фолклорни)), част от Националната пътна карта за научна инфраструктура (ПМС № 354 от 29.06.2017 г.). ИФХ взаимодейства с още десет академични института (ИОНХ, ИП, ИК, ИОХЦФ, ИОМТ, ИЕЕС, НАИМ, ИЕФЕМ, ИБЦТ, ЦЛПФ), четири висши училища (СУ, ХТМУ, НБУ и

НХА) и Национален исторически музей. ИНФРАМАТ е подкрепен финансово от Министерство на образованието и науката с Договори Д01-155/28.08.2018, Д01-284/17.12.2019, Д01-310/04.11.2020, Д01-306/20.12.2021 и Д01-172/28.07.2022, Д01-322/30.11.2023.

По ОП "Наука и образование за Интелигентен растеж", ИФХ участва като съизпълнител в два проекта:

- „Национален център по мехатроника и чисти технологии“. Проектът е съвместен с други институти на БАН и университети. Обединява водещи научни групи от институти на БАН (общо 12) и висши училища (СУ „Св. Климент Охридски“, ТУ-София, ТУ-Варна, ТУ-Габрово и ХТМУ – София). Координатор на проекта е Институт по обща и неорганична химия - БАН. С цел по-тесни връзки с бизнеса, като асоциирани партньори въз основа на публично обявен конкурс са привлечени Клъстерът по мехатроника, фирма Борима ЕАД и сдружение за НИРД. За осигуряване на по-високо научно ниво на центъра отново чрез обява като асоциирани партньори са привлечени структури от световно известни университети (Тел Авив, Берлин и Делфт) и Института по роботика и интелигентни системи към Федералния технически университет, Цюрих.
- „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“. Водещ партньор по проекта е СУ "Св. Климент Охридски", а партньори по проекта са: Университет по архитектура, строителство и геодезия; Лесотехнически университет; Университет "Професор д-р Асен Златаров" - Бургас; Институт по физикохимия; Институт по органична химия с център по фитохимия-София; Институт по микробиология; Фондация "Клийнтех България". Асоциирани партньори по проекта са: Столична община, „Софийска вода“ АД, Интерпласт БГ- ЕООД, Енергийна Агенция Пловдив, Университет – Модена- Италия.

Участие на ИФХ-БАН в подготовката на специалисти

ИФХ има акредитация по две програми за обучение в образователна и научна степен доктор – по Физикохимия и Електрохимия (в професионално направление 4.2. Химически науки), с валидност до 2027 година. През 2023 г. 1 докторант е отчислен с право на защита, 2 успешно са защитили докторантурите си. Продължава да бъде изключително сериозен проблемът на Института във връзка с липсата на кандидати за редовно обявени докторантури и оставащите незапълнени докторантски места.

През 2023 г. продължи традиционното сътрудничество с учебни заведения и подпомагане на тяхната дейност за обучаване на студенти и дипломанти.

Лекции и упражнения на различни теми са водени от сътрудници на ИФХ в СУ, ХТМУ, ТУ – София. Проф. В. Цакова и доц. В. Милкова ръководят работата на 4, назначени в ИФХ студенти от СУ, МУ – София, ХТМУ-София и ТУ – София.

А. Накова е спечелила проект с финансиране на фундаментални научни изследвания на млади учени и постдокторанти – 2023 (ФНИ).

В подкрепа на подготовката на млади специалисти е успешната дейност на специализираните секционни семинари на ИФХ по “Фазообразуване и кристален растеж”, “Повърхности и колоиди” и „Електрокристализация, галванични покрития и корозионни процеси”, на които се докладваха и обсъждаха научните разработки на докторанти и учени от ИФХ. От 09.11.2022 г. има решение на НС Колоквиум „Акад. Ростислав Каишев“ на ИФХ да поеме всички прерогативи от текущите секционни колоквиуми, които изискват санкции на колоквиум.

Резултати от научната дейност за 2023 г.

■ Публикации в издания, индексирани в WoS, Scopus

2023

56

61

1

■ Общ брой публикации

■ Глави от книги

Научни публикации в списания, индексирани от WoS или Scopus, които попадат в категория Q1, които оглавяват ранглистата – 1

Научни публикации в списания, индексирани от WoS или Scopus, които попадат в категория Q1, но не оглавяват ранглистата – 15

Научни публикации в списания, индексирани от WoS или Scopus, в категория Q2 – 29

Научни публикации в списания, индексирани от WoS или Scopus, в категория Q3 – 5

Научни публикации в списания, индексирани от WoS или Scopus, в категория Q4 – 2

Научни публикации в издания със SJR в Scopus, неотнесени към квартал - 4

Научни публикации в издания, неиндексирани в WoS, Scopus или други профилирани бази от данни, тематични сборници, вкл. сборници от международни и национални научни форуми – 2

Цитати, публикувани през 2023 г. – 1692

Изнесени доклади на семинари и научни форуми

Брой събития: 33	Брой доклади от звеното: 64	Брой автори от звеното: 40
------------------	-----------------------------	----------------------------

№	Период на провеждане	Място на провеждане	Име на форума	Автори и наименование на доклада
1	05.01.2023 - 12.12.2023	София, България	Колоквиум "акад. Р. Каишев" на Институт по физикохимия -БАН	<p>1. Гюнвер Ходжаоглу. Елиминиране на флуридни йони с алуминиев сулфат от цинково-сулфатни индустриални електролити (Доклад) - [11.07.2023]</p> <p>2. Димитринка Арабаджиева, Пейчев Б., Минков И., Максимова И., Милева Е., Смуков С., Славчов Р. И.. Измерване на адсорбцията на електролити върху липидни монослое (Лекция) - [28.11.2023]</p> <p>3. Виктория Милкова. Електро-оптично изследване на многослоен филм формиран от полизахариди и въглеродни точки върху моделни колоидни частици (Доклад) - [24.08.2024]</p>

				4. Александър Караманов. Синтеровани стъкло-керамики, кристализационно предизвикано свиване и кристализационно предизвикана порьозност (Доклад)
2	27.03.2023 - 28.03.2023	Париж, Франция	International Conference on Nanomaterials and Nanotechnology	5. Viktoria Milkova, Kamelia Kamburova, Anna Gyurova, Ivaylo Dimitrov, Neli Vilhelmova-Ilieva, Stela Vladimirova, Iskra Piroeva. Design of biopolymer-based (nano)formulations for potential treatment of coronavirus infection (Пленарен/ключов)
3	11.04.2023 - 13.04.2023	Jabalpur, India	International Symposium on Additive manufacturing of metallic alloys and composites: Academic and Industrial perspective	6. Gyunver Hodjaoglu. Участие без доклад (Доклад)
4	19.04.2023 - 20.04.2023	Paris, France	International Conference on Science, Engineering & Technology	7. Boshkov N., Boshkova N., Kamburova, K, Radeva Ts. "Obtaining and corrosion characterization of hybrid zinc coatings with biopolymeric CuO-based capsules", (Доклад) 8. Boshkova N, Kamburova, K., Radeva Ts., Boshkov N. "Comparative Corrosion Characterization of Hybrid Zinc Coatings with Polymer Modified CuO Nanoparticles in Artificial Sea Water" (Доклад)
5	25.04.2023 - 25.04.2023	София, България	1st SEMINAR on Investigations and Modeling of Nanocomposites Structures	9. Hristina Popova, Magdalena Zaluska-Kotur, Vesselin Tonchev. Time scaling and distribution of bunch size during step bunching on vicinal surfaces: numerical simulations of a cellular automata model (Постер) 10. Hristina Popova. Self-organized pattern formation on vicinal surfaces in diffusion-limited and kinetics-limited growth regimes: the effect of step-step exclusion (Постер)
6	10.05.2023 - 14.05.2023	Pomorie, Bulgaria	Fourth Workshop on Size-Dependent Effect in Materials for Environmental Protection and Energy Application	11. Christina Tzvetkova. Dynamic Glass Transition of Multicomponent Sodium Lead Borate Glasses Investigated by Temperature Modulated Differential Scanning Calorimetry", (Постер)
7	10.05.2023 - 14.05.2023	Pomorie, Bulgaria	Fourth Workshop on Size-Dependent Effect in Materials for Environmental Protection and Energy Application (SizeMat 4)	12. Stambolova I, Stoyanova D, Shipochka M, Boshkova N, Simeonova S, Grozev N, Avdeev G, Boshkov N, Dimitrov O. "Corrosion resistive ZrO ₂ barrier films on selected Zn-based alloys" (Постер)
8	16.05.2023 - 19.05.2023	Sandanski, Bulgaria	4th Interdisciplinary PhD Forum with International Participation	13. V. Chakarova, M. Petrova, S. Petrova, M. Monev. Corrosion tests of chemical Ni-P coatings in sulphate or chloride media (Постер) 14. Marina Arnaudova, Rashko Rashkov. Nickel-based coatings on carbon fibers. Morphology, structure, catalytic activity. (Постер)
9	22.05.2023 - 23.05.2023	SOFIA, BULGARIA	INTERNATIONAL JUBILEE CONFERENCE 70 YEARS UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND METALLURGY	15. Gyunver Hodjaoglu, Feyzim Hodzhaoglu, Daniela Grigorova. Parameters of the galvanostatic iron deposition in powder form (Доклад) - [23.05.2023] 16. Feyzim Hodzhaoglu, Katerina Lazarova. Sample preparation of different materials and optical control of the surface roughness (Доклад) - [22.05.2023]
10	29.05.2023 - 01.06.2023	Троян, България	ЕЛЕКТРОХИМИЧНИ СИСТЕМИ ЗА ЧИСТА И УСТОЙЧИВА	17. Анелия Накова, Весела Цакова. Електрохимично окисление на глицерол върху слоеве

			ЕНЕРГИЯ	от поли (3,4 етилендиоксидиофен) модифицирани с паладиеви наночастици (Доклад) - [01.06.2023] 18. Миланова, М., Станкулов, Т., Харизанова, Р., Цветков, П., Аврамова, И., Пироева, И., Шопска, М., Йорданова, Р.. Изследване на ефекта от добавянето на В2О3 върху структурата и електрохимичното поведение на електроден материал NaVMoO6 (Доклад) - [30.05.2023]
11	11.06.2023 - 14.06.2023	Palma, Mallorca, Spain	12th International Colloids Conference	19. Stoyanov, S. R., Hristova, E.; Tchoukov, P.. Effect of Cyclic Hydrocarbons on the Agglomeration-Coalescence Transition in Water-in-Diluted Bitumen Emulsions (Постер)
12	11.06.2023 - 16.06.2023	Lublin, POLAND	9th Bubble and Drop Conference June 11-16, 2023	20. Elena Mileva, Dimitrinka Arabadzhieva, Anna Y. Giurova, Ivan Minkov, Ljubomir Nikolov. Self-assembly of Antennary Oligopeptides in Aqueous Environment: Fine-tuning and Applications (Пленарен/ключов) 21. K. Berberov, H. Petkova, V. Ganeva, I. Gjonov, N. Antonova, E. Mileva. The Insights of Spittlebugs' Biofoam Stabilization (Доклад) 22. Ljubomir Nikolov. Aqueous solutions of four-antennary oligoglycines and bacterial endotoxin: impact of temperature changes (Постер) 23. Ljubomir Nikolov. Hydrodynamic boundary layer at solid wall as a tool for fine solids separation (Постер) 24. L. Nikolov, A. Gyurova, D. Arabadzhieva, I. Minkov, E. Mileva. Aqueous solutions of four-antennary oligoglycines and bacterial endotoxin: impact of temperature changes (Постер)
13	12.06.2023 - 16.06.2023	Созопол, България	Non-Destructive Testing	25. Nicolai Jordanov. Sinter-crystallization kinetics and foaming of glass in air and argon (Доклад) - [13.06.2023]
14	23.06.2023 - 23.06.2023	София, България	XX Постерна сесия за млади учени, докторанти и студенти	26. Венета Георгиева, Даниела Григорова, Гюнвер Ходжаоглу. ИЗСЛЕДВАНЕ МОРФОЛОГИЯТА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ПОЛУЧЕНИ ЖЕЛЕЗНИ ПРАХОВЕ С ВИСОКА ЧИСТОТА (Постер) - [23.06.2023]
15	28.06.2023 - 01.07.2023	Varna, Bulgaria	VIII. International Scientific Conference, Summer Session "Industry 4.0"	27. Stambolova I, Stoyanova D, Boshkova N, Simeonova S, Grozev N, Avdeev G, Shipochka M, Dimitrov O, Boshkov N. "Sol gel TiO2 coatings on Zn-Ni or Zn-Co substrates - anticorrosion properties" (Постер)
16	05.07.2023 - 07.07.2023	Лисабон, Португалия	24th LISBON International Conference on "Advances in Chemical, Biological and Environmental Engineering"	28. Vilhelmova-Ilieva. N., Milkova V., Kamburova K., Gyurova, A., Dimitrov, I, Martinov, P., Petrova, Z., Mileva M.. Polysaccharide-based capsules for potential treatment of coronavirus infection in vitro (Постер)
17	26.07.2023 - 28.07.2023	Авейро, Португалия	20-th International conference on Advanced NanoMaterials- ANM 2023	29. Gancheva, M., Iordanova, R., Stankulov, T., Piroeva, I.. Direct Mechanochemical Method to Fabricate Nanostructured Electrode Material on the base CoMoO4 (Постер) - [27.07.2023]

18	30.07.2023 - 04.08.2023	Неапол, Италия	International conference on crystal growth and epitaxy 2023	30. Bogdan Rangelov. Cocrystal formation and crystal polymorph selection by patchy particles (Доклад)
19	17.08.2023 - 20.08.2023	Burgas, Bulgaria	25th International Conference Materials, Methods & Technologies	31. Andreeva, R., Stoychev, D. Improvement of the corrosion protection of ceria-based conversion layers formed on Al 1050 by chemical post-treatment in phosphate-nitrate solution (Постер) 32. V. Chakarova, M. Petrova, Ek. Dobрева, D. Lazarova, S. Petrova, M. Monev. Electrocatalytic properties of nickel oxide films deposited on a non-metallic substrate (Постер) 33. Nakova A., Tsakova V.. Spontaneous silver deposition on carbon screen printed electrodes (Постер) - [18.08.2023] 34. Marina Arnaudova, Rashko Rashkov, Eleferia Lefterova. The corrosion behaviour of nickel-based alloys and composites in acidic and alkaline environments (Постер)
20	18.08.2023 - 25.08.2023	Хара, Нидерландия	World Chemical Congress "Connecting Chemical Worlds"	35. V. Tsakova, A. Nakova, R. Ivanov, Ch. Hyusein. Spontaneous Metal Deposition on Carbon Electrodes: Electroanalytical Applications (Доклад)
21	28.08.2023 - 01.09.2023	Lodz, Poland	36th European Conference on Surface Science	36. M. Chabowska, H. Popova, V. Tonchev, M. Zaluska-Kotur. Modeling and characterization of surface patterns formed on the surface of a growing crystal (Доклад)
22	03.09.2023 - 08.09.2023	Лион, Франция	ISE Annual meeting "Bridging Scientific Disciplines to Address the World's Challenges"	37. V. Tsakova, A. Nakova, R. Ivanov, Ch. Hyusein. Spontaneous Metal Particles Deposition on Carbon Supports - a New Approach to the Development of Electrocatalytic Materials (Постер)
23	10.09.2023 - 13.09.2023	Сандански, България	2nd SYMPOSIUM On Challenges in Chemical and Biochemical Technologies and Environmental Protection & 18th WORKSHOP on Transport Phenomena in Two-Phase Flow	38. Hristina Popova, Magdalena Zaluska-Kotur, Vesselin Tonchev. Step bunching on vicinal surfaces: numerical simulations of a cellular automata model (Постер)
24	18.09.2023 - 22.09.2023	Sozopol, Bulgaria	Twenty-third international summer school on vacuum, electron and ion technologies	39. Dilova, T., Dikovska, A., Baeva, A., Andreeva, R., Antanasova, G., Nedyalkov, N.. ZnO-based composites produced by picosecond laser ablation for photosensitive elements, Twenty-third international summer school on vacuum, electron and ion technologies (Постер) 40. Миглена Пешова, Васил Бъчваров. "Investigation of the inhibiting effect of environmentally friendly cerium-containing conversion films on the corrosion of zinc coatings" (Постер) 41. Girginov Ch, Kozhukharov S, Boshkova N. "Electrochemical assessment of the barrier ability of galvanic Zn coating primers electrodeposited on low carbon steel" (Постер)
25	25.09.2023 - 27.09.2023	Равда, България	8th Balkan Conference on Glass Science and Technology	42. Nicolai Jordanov. Particularities of the sinter-crystallization and foaming of glass from metallurgical slag (Доклад) - [26.09.2023] 43. Nicolai Jordanov. Influence of the pressure of compacted glass powders on the final structure of sintered glass-ceramics (Постер) - [26.09.2023] 44. Jordanov N., Karamanov A.. PARTICULARITIES OF THE SINTER-CRYSTALLIZATION AND FOAMING OF GLASS FROM

				<p>METALLURGICAL SLAG (Доклад)</p> <p>45. Karamanov A. RELATIONSHIP BETWEEN CRYSTALLIZATION INDUCED SHRINKAGE AND CRYSTALLIZATION INDUCED POROSITY IN SINTERED DIOPSIDE GLASS-CERAMICS (Пленарен/ключов)</p> <p>46. Karamanova E., Kostov V., Karamanov A. ABOUT THE SINTERING OF HISTORICAL "YELLOW BRICKS" OF SOFIA (Постер)</p> <p>47. Djobov I., Karamanova E., Avdeev G., Karamanov A. CRACKERIZATION OF CLAYS FROM "MINES MARITSA IZTOK" AS RAW MATERIALS FOR CERAMIC INDUSTRY (Постер)</p> <p>48. Jordanov N., Tatchev D., Karamanova E., Karamanov A. Effect of the forming pressure on the structure of of sintered diopside glass-ceramics (Постер)</p>
26	28.09.2023 - 30.09.2023	Регенсбург, Германия	"3rd World Congress of ESCHM- ISB-ISCH 2023"	<p>49. Alexandrova-Watanabe, A., Kyulavska, M., Piroeva, I., Atanasova-Vladimirova, S., Antonova, N., Velcheva, I., Todinova, S., Tiankov, T. The Effect of Fibrinogen Concentration on the Erythrocytes in Blood Clots from Patients with Type 2 Diabetes Mellitus (Доклад) - [29.09.2023]</p>
27	13.10.2023 - 14.10.2023	Пловдив, България	12-та Научна конференция по Химия с международно участие	<p>50. G. Hodjaoglu, D. Grigorova. ELECTROLYTIC DEPOSITION OF PURE IRON FOR HIGH QUALITY POWDER PRODUCTION (Постер) - [13.10.2023]</p> <p>51. S. Petrova, M. Georgieva, M. Petrova, D. Lazarova. Electroless nickel and copper deposition of 3D-printed PETG samples (Постер)</p>
28	16.10.2023 - 18.10.2023	Белчин баня, България	Национален център за мехатроника и чисти технологии - заключителна конференция	<p>52. В. Цакова, А. Накова, Р. Иванов. Отлагане на метални наночастици чрез редукция на въглеродни електроди – нова перспектива за разработване на електрокаталитични материали (Доклад)</p>
29	09.11.2023 - 09.11.2023	София, Bulgaria	Доклад пред Научно жури за Академична степен "Главен Асистент"	<p>53. Гюнвер Ходжаоглу. Електрохимично отлагане и охарактеризиране на метални покрития, чрез използване на екологосъобразни сулфатни електролити (Cu, Zn, Fe и др.) (Доклад) - [09.11.2023]</p>
30	09.11.2023 - 10.11.2023	София, България	Vitro Geo Waste III	<p>54. Nicolai Jordanov. Synthesis and structure of glass-ceramic foam materials from metallurgical waste slag (Постер) - [10.11.2023]</p> <p>55. Karamanov, A, Karamanova E., Avdeev G, Piroeva I., Schabbach L., Andreola F., Taurino R., Barbieri L. Sintering, phase formation and structure of ceramics based on pre-treated municipal incinerator bottom ash (Пленарен/ключов)</p> <p>56. Djobov I., Karamanova E., Avdeev G., Karamanov A. Characterization of clays from "Mines Maritsa Iztok" as raw materials for ceramic industry (Доклад)</p> <p>57. Karamanov A. Are the yellow paving bricks of Sofia an enigma? (Доклад)</p> <p>58. Nikolov A., Karamanov A. Thermal properties of geopolymer based on fayalite waste from copper production and metakaolin (Доклад)</p>

				<p>59. Djobov I., Karamanova E., Avdeev G., Karamanov A. Karamanova, Georgi Avdeev, Alexandar Karamanov Characterization of clays from "Mines Maritsa Iztok" as raw materials for ceramic industry (Доклад)</p> <p>60. Jordanov N., Karamanov A. Synthesis and structure of glass-ceramic foam materials from metallurgical waste slag (Постер)</p>
31	12.11.2023 - 15.11.2023	Солун, Гърция	1st ARISTOTLE CONFERENCE ON CHEMISTRY Advances and Challenges in Chemistry	<p>61. Milanova, M., Stankulov, T., Tzvetkov, P., Avramova, I., Piroeva, I., Shopska, M., Aleksandrov, L., Iordanova, R.. Synthesis, characterization and electrochemical performance of brannerite-type NaVMoO₆ (Постер) - [14.11.2023]</p>
32	06.12.2023 - 09.12.2023	Боровец, България	VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "MATHEMATICAL MODELING"	<p>62. Alexandrova, A., Abadjieva, E., Tiankov, T., Piroeva, I., Atanasova-Vladimirova, S., Langari, A., Todinova, S.. Modeling and Analysis of Image Data of Blood Clots Formed at Different Fibrinogen Concentration in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus (Постер) - [07.12.2023]</p>
33	14.12.2023 - 15.12.2023	София, България	„ГЕОНАУКИ 2023“	<p>63. Светлана Енчева, Николай Господинов, Денка Янакиева, Петко Петров, Степа Атанасова-Владимирова. Пикрофармаколит и арсенолит от рудопроявление Марешница, Източни Родопи – нови минерали за България (Доклад) - [14.12.2023]</p> <p>64. Лариса Нешева, Денка Янакиева, Петко Петров, Степа Атанасова-Владимирова, Надя Петрова, Росица Василева, Иванина Сергеева, Зара Черкезова-Желева, Даниела Панева. Планерит с ахейлит и фаустит от находище Чала, Спахиевски руден район (Постер) - [14.12.2023]</p>

МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ЗВЕНОТО

- Сътрудници от ИФХ са изпълнявали ангажименти по 1 двустранна спогодба (ЕБР) „Модифицирани наноматериали за електро- и фотоелектрокаталитични приложения – синтез и характеризиране“ с Лаборатория по физикохимия, Аристотелов университет, Солун, Гърция. Тази година е подаден нов проект за сътрудничество с Институт по катализ и химия на повърхностите, Полска академия на науките.
- Проект „Контролирани на атомен мащаб интерфейси от AlGa_N за UV-C LED (Atomic-level control of AlGa_N hetero-interfaces for deep-UV LED)“, Sofia University; Institute of Physics, Polish Academy of Sciences; Institute of High Pressure Physics, Polish Academy of Sciences; Kyushu University; Mie University.
- Рамково споразумение между групата по Тънки течни филми и School of Engineering and Materials Science в QMUL, London, UK.
- Проект „Разработване на нови композитни материали и покрития на тяхна база за дългосрочни приложения срещу корозия / биокорозия“, Ningbo Institute of Materials Technology and Engineering, Chinese Academy of Sciences.

В рамките на договори и спогодби на институтско ниво

ИФХ работи през 2023 г. с :

- ✓ Рамково споразумение между Лаборатория Биодинамика и Биореология, направление „Биомеханика” към Института по механика – БАН
- ✓ Рамково споразумение между групата по Тънки течни филми и School of Engineering and Materials Science в QMUL, London, UK

Приложение 1

Награда „Академик Ростислав Каишев“ за млад учен

четвъртък, 10 август 2023 | Категории: Избрани, Общи новини



Международна научна конференция по кристален растеж и епитаксия ICCGE20 с над 600 участника се състоя в Неапол от 30 юли до 4 август. Конференцията покрива всички аспекти на кристалния растеж, епитаксията, нови материали с приложения във фотоника, оптоелектроника, съхранение на енергия, биомедицина, чисти технологии и др.

По повод 115-та годишнина от рождението на академик Ростислав Каишев, Научният съвет на Института по физикохимия на БАН, съвместно с организационния комитет на ICCGE20 учреди наградата

за най-добър устен доклад, изнесен от млад учен на конференцията.

За носители на наградата, международно жури определи доктор Артур Туктамушев (University of Milano Bicocca) за доклада „Droplet nucleation on a vicinal surface: temperature-activated transitions of a density dependence“ и докторант Иша Баде (Chemical Engineering, Imperial College London) за доклада „Regrowth Behaviour in Pharmaceutical Crystals – A Case Study on Paracetamol“.

Приложение 2

**8th Balkan Conference on Glass Science and Technology,
25.09.2023 - 27.09.2023, Несебър, България**



EIGHT BALKAN CONFERENCE ON GLASS
SCIENCE & TECHNOLOGY



20th CONFERENCE ON GLASS AND CERAMICS



Edgar Dutra Zanotto,
CRACKING THE KAUZMANN PARADOX - A tribute to
Prof. Ivan Gutzow

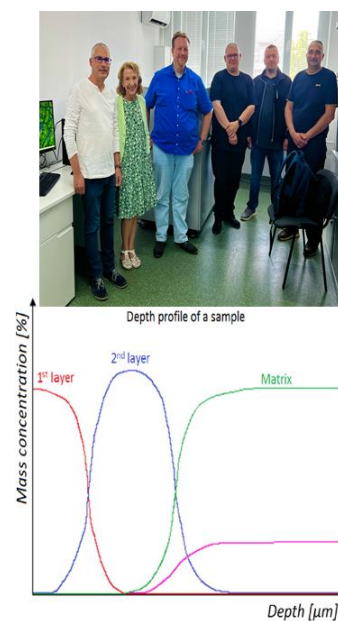
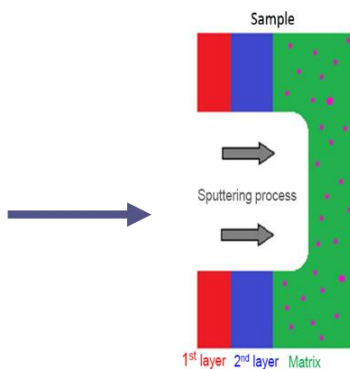
Приложение 3

Vitro Geo Waste III
09.11.2023 - 10.11.2023, София, България



Приложение 4

Новополучена апаратура през 2023 **Инфрамат**



Апарат за оптична емисионна спектроскопия с тлеещ разряд (GDOES). Апаратурата осигурява аналитично определяне в обем и в дълбочина на профил на следните 47 химически елемента: H, Li, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, Rh, Pd, Ag, In, Sn, Sb, Te, Ba, W, Ir, Pt, Au, Pb, Bi, Ce.

Определянето на концентрацията на химическите елементи е възможно от ppb до 100 %.

Към електронен микроскоп JEOL JSM 6390 беше инсталиран нов енергийно дисперсивен спектрометър, който работи без течен азот, нов софтуер.



Конфокална лазерно сканираща система Zeiss LSM900 за изследване на кондензирана материя. С тази система на практика в ИФХ вече има напълно изградена оптично микроскопска лаборатория, в която се покриват разделителни способности по вертикала от 20 микрона, през 4 микрона, до 10 нанометра – оптичните микроскопи са получени благодарение на финансовата помощ и подкрепа на проектите ИНФРАМАТ и Национален център по мехатроника и чисти технологии.



Топография – повърхност алуминий

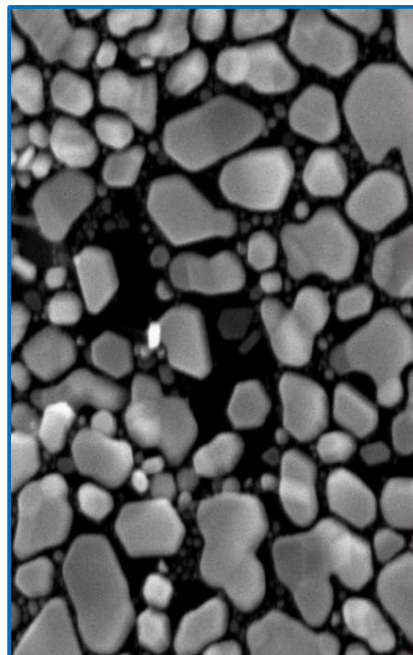


Zeiss Stemi 305

iss Axioscope 5

Zeiss LSM 900

Последно поколение сканиращ електронен микроскоп с полева емисия на електрони JEOL IT800SHL (в блок 29 на НК1, БАН).



BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда–води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“

Подготовка на 2-^{ри} етап. Нови контакти с индустрията (Мини Марица Изток). Закупена и модернизирана апаратура: модулна керамична пилотна пещ (изградена на предоставената на ИФХ площадка на 8-ми километра), 250 t хидравлична преса, ДТА/ТГ с ИЧ, нов ЕДС детектор, модернизиран оптичен дилатометър с високотемпературен микроскоп, високотемпературна пещ за XRD и др.

