Институт по физикохимия „Акад. Ростислав Каишев”

Годишен научен отчет
за 2022 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

Получени са многослойни защитни системи от зол-гел покрития на основата на ZrO_2 и TiO_2 финишни слоеве върху подложки от нисковъглеродна стомана, покрита електрохимично с два вида цинкови сплави – Zn-Co(3 т.%) и Zn-Ni(10 т.%). Тези изследвания се наложиха поради факта, че получаваните върху обикновен цинк зол-гел покрития имаха не особено добър декоративен вид и частично се напукваха (най-вероятно поради относително голямата разлика в термичните коефициенти при термообработката).

Сплавите Zn-Ni бяха отложени от сулфатно-хлориден електролит със състав: $NiSO_4.7H_2O$, $NiCl_2.6H_2O$, $ZnCl_2$, β - аланин при следните електрохимични условия: pH ~ 4; плътност на тока D_k=2 A/dm^2, температура на електролита 40 ^oC. Процесът бе проведен в термостатирана електролизна клетка с обем 400 ml с циркулационно разбъркване. Като аноди бяха използвани неразтворими мрежи от Ti-Pt. Дебелината на отложените сплавни покрития беше около 10-12 μm.

Сплавните покрития Zn-Co(3 т.%) бяха получени от електролит със състав $ZnSO_4.7H_2O$, $CoSO_4.7H_2O$, NH_4Cl и H_3BO_3 при pH 3.0–4.0, употреба на разтворими цинкови аноди и добавки ZC-1 (омокрящ агент - 20 ml/l) и ZC-2 (блясъкообразувател - 2 ml/l). Тяхната дебелина също бе около 10-12 μm.

По този начин бяха създадени два вида двуслойни системи, чиито корозионни характеристики бяха изследвани в моделна тестова среда на 5% NaCl, предизвикваща предимно локална корозия. 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 съпротивлние (Rp) във времето. Оценена бе хидрофобността на покритията чрез измерване на контактния ъгъл. Двата вида системи демонстрираха повишени защитни свойства и висока корозионната устойчивост при условията на външна поляризация и „условия на отворена верига“ в сравнение с чистия цинк.

Установено бе, че системите (по-точно зол-гел покритието) притежават висока степен на аморфност (потвърдено с рентгеноструктурен анализ), плътни са и имат повишена хидрофобност. Друга причина за подобрените характеристики в моделната среда е появата вследствие на температурната обработка на интерметалното съединение $CoZn_{13}$, за което е известно, че проявява много добри антикорозионни и защитни показатели. Присъствието му, заедно с новопоявилите се корозионни

продукти с ниско произведение на разтворимост, в значителна степен подпомагат корозионната устойчивост на новоразработените системи.

Получените резултати са оформени в две статии, които са подадени съответно за списанията Coatings и Bulgarian Chemical Communications.

2. Публикации (подадени за печат)

1. Boshkova N., Bachvarov V., Peshova M., Stambolova I., Stoyanova D., Smrichkova S., Pham T.N., Nguyen T.T., Lam D.T., Boshkov N., „Corrosion properties of systems based on ZrO_2 sol-gel films on Zn-Ni and Zn-Co alloys", за списание *Bulgarian Chemical Communications*.

2. 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 TiO_2 sol-gel layer deposited on Zn-Ni or Zn-Co substrates", за списание *Coatings*.

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата.

Проект с ФНИ КП-06-Н37/16 "Нови екологосъобразни едно- и многослойни покрития за корозионна защита на конструкционни материали с широко приложение".

Проект по ЕБР IC-VT/01/2020-2022 „Многослойни защитни системи на стомана на базата на цинк и избрани цинкови сплави" с Институт по тропически технологии, Виетнамска Академия на науките и технологията.

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. 6th International Conference on Materials Science & Engineering, Dubai, 09 - 10 November 2022, „Improved corrosion resistance of oxide sol-gel films deposited on zinc-based substrates", N. Boshkov, N. Boshkova, I. Stambolova, D. Stoyanova – устен доклад.

5. Работен колектив за 2022 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).

6. План за работа през 2023 г.

Ще продължи дейността по получаване и корозионно охарактеризиране на нови варианти от едно- и многослойни системи на базата на зол-гел покрития на основата на TiO_2 и ZrO_2, включително и в комбинация с галванично отложени покрития от цинк или подбрани негови сплави с различна дебелина.

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. Елиминиране и измерване на флуорни йони в състава на моделни и промишлени електролити

1.1. Провеждане на първоначални тестове по елиминиране и измерване на флуорни йони от моделни електролити с помощта на електростатично активиран алуминиев блок с развита контактна повърхност (работен колектив: Г. Ходжаоглу; Ф. Ходжаоглу)

Изработена е лабораторна установка за елиминиране на флуоридни йони, която включва алуминиев блок с развита повърхност и стъклен съд за реактор. Алуминиевият блок е свързан към апарат за електрично поле, което може да зареди металния блок с положителен или отрицателен заряд, съответно за привличане или отблъскване на флуорните йони, с цел провеждане на адсорбция и последваща десорбция. През отчетния период са проведени първоначални тестове с моделен разтвор относно пада на напрежението на заредената повърхност при потапяне във водна среда и за влиянието на електростатичното поле върху потенциала на флуор йон селективния електрод. Получените до момента резултати са обещаващи за предложения метод и изследванията ще продължат през 2023 г.

1.2. Допълващо изследване на поведението на флуор-селективен електрод и pH-електрод в присъствие на тартаратен-Tris буфер и флуорни йони при титруване с алуминиев сулфат (работен колектив: Г. Ходжаоглу; Ф. Ходжаоглу)

През отчетния период е изследвано поведението на потенциала на флуор йон селективен електрод в присъствие на тартаратен-Tris буфер. Натриевият тартарат, заедно с натриевия цитрат и органичната киселина CDTA, са най-често използваните химични агенти под формата на TISAB (Total Ionic Strength Adjustment Buffer) за измерване на флуоридни йони в присъствие на алуминиеви йони с помощта на флуор йон селективен електрод. В предишни наши изследвания беше показано, че CDTA не е способна да задържа потенциала на йон селективния електрод и понижава pH на сулфатните електролити при наличие на свободни алуминиеви йони с относително висока концентрация. В това отношение цитратният буфер има много по-добри показатели при pH = 5,40 – 5,70. Тартаратният буфер също така показа много добро запазване на потенциала на работния електрод при титруване с алуминиеви йони. При тази субстанция обаче, отново проблем се оказа pH на средата, която надвишава pH оптимума за използвания апарат (pH 4,00 – 8,00). От получените до момента резултати и за трите субстанции може да се направи извода, че по отношение на комплексирането на алуминиевите йони и поддържащото pH на разтвора, най-добри показатели притежава буферът на основа натриев цитрат. Същият ще бъде използван в по-нататъшни изследвания за аналитично измерване на флуоридни йони в присъствие на алуминиеви йони с висока концентрация.

2. Галваностатично отлагане и охарактеризиране на медни покрития

2.1. Електроекстракция на мед в присъствие на цинк и свободна сярна киселина с едновременно проследяване на параметрите на електролизата (плътност на тока, големина на тока, напрежение на клетката анод/катод, потенциал катод/сравнителен електрод) и последващо определяне на добив по ток, дебелина и морфология на покритията (работен колектив: Г. Ходжаоглу)

През отчетния период са получени систематични данни за електроотлагането на медни покрития от чисти медно-сулфатни електролити в присъствие на свободна сярна киселина. Чрез постъпково увеличаване на големината на тока, съответно на плътността на тока са получени данни за напрежението на клетката и потенциала на катода. Приложени са плътности на тока от 0,5 A/dm^2 до 5,0 A/dm^2 и големина на тока от 20 mA до 200 mA при фиксирана работна площ на катода от 4 cm^2. За сравнителен електрод е използван мед-медно сулфатен електрод с контактна зона от графит. Отчетено е, че присъствието на сярна киселина значително подобрява морфологията и добива по ток на получените медни покрития. Резултатите са сравнени с предишни изследвания, където отлаганията в отсъствие на сярна киселина водят единствено до образуването на покрития с много влошена морфология, висока ронливост и много нисък добив по ток. Получените до момента моделни резултати са много ценни за изясняване на ролята на различните компоненти на полиметалните електролити при селективната електроекстракция на целеви метали от различни индустриални и отпадни електролити.

Задачата ще бъде продължена през следващата година с поетапно добавяне към системата на цинкови йони с различна концентрация.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Няма.

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата

Научен консултант на дипломна работа за степен бакалавър на тема: "Електролизно получаване на железен прах", изцяло изработена в ИФХ-БАН от Севгин Фейзула, задочен студент в ХТМУ-София, Специалност "Материали и мениджмънт" и успешно защитена с отличие на 27.09.2022г в ХТМУ-София. (Работен колектив: С. Фейзула, Г. Ходжаоглу, Д. Григорова)

През отчетния период е изследвано електролизното получаване на железни покрития с цел получаване на метални прахове за различни технологични нужди и нови продукти. Предложен е по-безопасен, некорозионен и по-екологичен метод на електролизно получаване на желязо чрез използване на сулфатни електролити вместо хлоридни. Използван е алуминиев катод за по-лесно отделяне на електроотложеното желязо. Използвани са чисти електролити, без добавяне на органични добавки и други агенти, подобряващи електролизата. Приложени са относително ниски, средни и високи плътности на тока. Определени са добива по ток и морфологията на покритията. Проведен е рентгенографски прахов анализ на цялата серия от приложени плътности на тока. Резултатите показват, че напълно чисти железни прахове могат да се получат при прилагане на ниски и средни плътности на тока до 7,0 A/dm^2. При водене на електролизата над тази стойност, например при 10 A/dm^2, освен желязна фаза, XRD-анализът отчита и магнетитна фаза (Fe_3O_4).

Към приложения метод има изразен интерес за обучаване на студенти в ХТМУ-София и за надграждане на резултатите при изготвяне на бъдещи дипломни работи по проблема.

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.

XIX Научна постерна сесия за млади учени, докторанти и студенти ХТМУ-София, 17 юни 2022 г., *Галваностатично отлагане на железни прахове от чисти*

сулфатни електролити, С. Фейзула, Г. Ходжаоглу, Д. Григорова, сборник резюмета : V-6, стр. 75

5. Работен колектив за 2022 г.

д-р Г. Ходжаоглу
гл. ас. д-р Ф. Ходжаоглу

6. План за работа през 2023 г.

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

Ръководител на задача: д-р Г. Ходжаоглу

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

1. Описание на постигнатите резултати

Национална научна програма „Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита (ЕПЛЮС)”

- *РП 1.3. Получаване на водород чрез електролиза на вода.*

Задача **1.3.1**.“Водороден генератор с анионпроводяща мембрана“

Целта е да бъдат охарактеризирани каталитични покрития от NiFeCoP за електролиза на вода при скалиране на геометричните размери на електродите над 50 cm^2.

За да бъде определена дебелината на каталитичния слой, както и разпределението му в дълбочина на електродния носител (метална пяна), бяха приготвени шлифове на напречни разрези от различни места от електрода. Покритието от NiFeCoP бе електроотложено върху медна пяна, за да се елиминира влиянието на субстрата. Използвана бе оптична и сканираща електронна микроскопия за анализирането на шлифовете. Установено бе, че дебелината на каталитичния слой варира между 2 и 4 микрона. EDX анализът показа равномерно разпределение на компонентите на покритието, както и очаквания състав на сплавта. Разработена бе методика за измерване на реалната площ на електроди с геометрична площ над 50 cm^2. Изчислена бе реалната електрохимично активна площ от 575 cm^2 на никеловата пяна с отложен слой от NiFeCoP, отговаряща на 66 cm^2 геометрична. За да се намали себестойността на електродния носител (никеловата пяна), каталитичнят слой от NiFeCoP беше електроотложен върху легирана желязна мрежа. EDX анализът показа,

че съставът на полученото покритие е близък до този на слоевете, отложени върху никелова и медна пяна. Сравнена бе каталитичната активност спрямо реакцията на отделяне на водород на покритие от NiFeCoP върху различните носители чрез метода на поляризационни криви в 1M KOH. Плътността на тока бе нормализирана спрямо изчислената реална електрохимична площ. Резултатите от Тафеловите зависимости показаха деполяризиращ ефект около 7-12 mV на потенциалите на отделяне на водород върху електроди от стоманена мрежа в сравнение с тези от никелова пяна. Този ефект обуславя възможността за замяна на скъпоструващата никелова пяна със стоманената мрежа като носител на каталитичния материал на електроди във водороден генератор.

Колектив: доц. д-р Рашко Рашков – ръководител на подзадача – 1.3.1. за ИФХ; гл. ас. д-р Васил Бъчваров; ас. Марина Христова Арнаудова – докторант.

- По темата на дисертацията: "Получаване и охарактеризиране на електрохимични покрития на никелова основа Ni-M, където M=W, Mo, TiOx" на Марина Арнаудова – докторант на самостоятелна подготовка

Проведени са изследвания за оценка на корозионната устойчивост на получените сплави и композити чрез последователно снемане на поляризационни криви по метода на поляризационното съпротивление (Rp) и Електрохимична импедансна спектроскопия при престой от 336 ч. в две моделни среди (0.5M H_2SO_4 и 6M KOH). В 0.5M H_2SO_4 най-висока стойност за Rp демонстрират покритията от NiMoW. Те обаче се разтварят почти напълно (от 10-11 μm до 0.1-0.2 μm). Данните от XRF и EDS анализите показват, че остатъчният слой, през който прозира подложката, е богат на волфрам и молибден, които образуват неразтворими оксиди в тази среда. Вероятно това е причината за високите стойности за поляризационното съпротивление. Сплавта NiW и композитите NiW+TiO_x се разтварят в по-малка степен, основно за сметка на никела. Повърхността е обогатена на W и TiO_x, които са неразтворими и това е предпоставка за по-добра устойчивост. Първоначалният анализ на резултатите от EIS показва поведение на идеален кондензатор за композита NiW+TiO_x, което кореспондира с поляризационно съпротивление, клонящо към безкрайност. Този факт до голяма степен се изяснява и от XPS анализа на композита, където се регистрира само W и отсъства напълно TiO_x, като в същото време XRF и EDS анализът отчитат наличието му и то до 30 тегл.% в покритието. Чистото никелово покритие и сплавта NiMo са най-неустойчиви в тази среда.

В 6M KOH с най-висока стойност за поляризационното съпротивление се характеризира сплавта NiMoW (около 4000 ohm), а с най-ниска - чистото никелово покритие (около 300 ohm). Данните от EIS могат да се обяснят с протичането на процеси като адсорбция/десорбция, образуване на оксиди/хидроксиди, водещи до формирането на защитно покритие, което се доказва и от XPS. Слоят от NiW и композитите NiW+TiO_x имат близки стойности - около 1800-2000 ohm и 2800 ohm за NiMo. Получените резултати показват, че покритията много бързо се пасивират в тази среда, като образуват хидроокиси на електродната повърхност и блокират по-нататъшното разтваряне. Това се доказва от една страна от EDS анализа, който показва високо процентно съдържание на кислород в слоя и от друга от XPS и XRF изследванията. Получените резултати свидетелстват, че процентното съдържание на компонентите на покритието, както и неговата дебелина на практика остават непроменени дори след 336 часа престой в калиевата основа.

Данните за Rp, измерено и по двата метода, са в добра корелация, но са необходими задълбочени анализи на резултатите от EIS, съчетавайки едновременно тези получени от SEM, EDS, XPS и XRF, за да се вникне във физикохимичната природа на процесите.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1. Vasil Bachvarov, Marina Arnaudova, Elefteria Lefterova, Rashko Rashkov, Study of oxygen evolution reaction on iron group-based electrodeposited multicomponent catalysts in alkaline media. Part I: Influence of the composition, J. Chem. Technol. Metall., 57, 5, (2022) 910-918 Q3

2. Vasil Bachvarov, Marina Arnaudova, Elefteria Lefterova, Rashko Rashkov, Study of oxygen evolution reaction on iron group-based electrodeposited multicomponent catalysts in alkaline media. Part II: Surface investigations and corrosion durability, J. Chem. Technol. Metall., 57, 6, (2022) 1202-1211 Q3

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата

- Национална научна програма „Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита (ЕПЛЮС)" - D01-214/2018 - приключен.
- 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"
- ИНФРАМАТ– част от Националната пътна карта за научна инфраструктура

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. Софийски електрохимични дни - СЕД'2022, 11-14 май 2022г., гр. София (постерен доклад): "Investigation of the corrosion behavior of Ni-based alloy and composite coatings with W, Mo and non-stoichiometric TiOx", **M. Arnaudova**, Rashko Rashkov,'

2. Трети интердисциплинарен докторантски форум, 6-7 юни 2022г., парк-хотел „Кюстендил", гр. Кюстендил (постерен доклад): **М. Арнаудова**, Р. Рашков, „Електро-каталитично и корозионно охарактеризиране на сплави и композити на Ni с W, Mo, TiOx" – отличен с диплома за отлично участие с постер.

3. Научната конференция на ИНФРАМАТ-2022 (постерен доклад): **Marina Arnaudova**, Rashko Rashkov, "Electrocatalytic behavior of nickel-based alloys electro-deposited on carbon fibers", September 12-14, 2022, Plovdiv.

Цитати – 82

5. План за работа през 2023 г.

- По темата на дисертацията на ас. М.Арнаудова ще продължат изследванията върху корозионната устойчивост на сплавни и композитни покрития на никелова основа Ni-M, където M=W, Mo, TiO_x върху подложка от медна пластина, чрез метода на Електрохимична импедансна спектроскопия в две моделни среди. Ще бъдат

анализирани еквивалентните схеми, описващи физикохимичните процеси на повърхността на слоевете, съчетавайки данните от SEM, EDS, XPS и XRF.

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

Продължени са изследванията на влиянието на високоефективни, еколого-съобразни цериево-оксидни, защитни конверсионни покрития (COCC) (отговарящи на съвременните европейски стандарти) върху корозионното поведение на алуминий и сплавите му (Al). Оригинален, нов момент при това, бе изучаването на включването на допълнително уплътняване на COCC (формирани в електролити, съдържащи Ce^{3+} и Cu^{2+} - системата Al/COCC$_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$ в разтвори, съдържащи (комбинирани, в подходящо съотношение) фосфатни (NaH_2PO_4) и нитратни ($Ca(NO_3)_2$) йони. Въз основа на това допълнително имерсионно третиране бяха отлагани смесени фосфатни и калциево-нитратни слоеве (Ph&NO_3Ls), обуславящи формирането на системата Al/COCC$_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls. Сред водещите мотиви при разработката на тези състави и режими на допълнителната вторична обработка бяха поставени и понижаване на енергийните разходи и оптимизиране на времената на имерсионна обработка.

Проведени са детайлни изследвания на структурата, състава и защитната способност (SEM, EDS, XPS, PDPC, EIS, etc.) на формираните по този начин защитни покрития, респ. изучавани системи. В светлината на натрупания до сега експериментален опит и резултати, специално внимание е обърнато на влиянието на предварителната обработка на Al подложка (Al-1050), както и на провеждането на паралелни изследвания върху неанодирани и анодирани Al подложки.

В първия цикъл от изследвания (създаване и оптимизиране на състави и режими за формиране на конверсионни защитно-декоративни филми върху Al (SEM, EDS и XPS охарактеризиране) бе установено, че:

- ✓ Интергралната концентрация на Ce върху повърхността на системата Al/COCC е 3.2 % (тегл.% – EDS). Анализите в точка (EDS – 300 000x) върху активните центрове от фазата Al_3Fe на алуминиевата матрица, върху които преимуществено стартира отлагането на COCC, регистрират концентрации на Ce - 16.7 % и на Fe - 5.1%.

- ✓ Аналогичните анализи, след 5 мин. третиране на системата Al/COCC в разтвор на NaH_2PO_4+$Ca(NO_3)_2$, регистрират концентрация на: Ce върху повърхността на системата Al/COCC$_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls - 5.2%; Cu - 0.9% (която е покрила тотално фазата Al_3Fe на алуминиевата матрица); Ca – 0.6% и P – 0.8%. Съответно, анализите в точка върху активните центрове установяват: Ce - 26.3%; Cu – 0.7% (която е покрила частично фазата Al_3Fe на алуминиевата матрица, доказателство за което е регистрирането на Fe (~ 0.8%)); Ca – 1.5% и P – 2.9%.

✓ След трикратна имерсионна обработка (3 х 5мин., с последващо сушене на образците при стайна температура) на системата Al/COCC в разтвор на NaH_2PO_4+$Ca(NO_3)_2$, регистрираната концентрация на характеристичните елементи върху повърхността на системата Al/COCC$_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls е съответно: Ce - 2.6%; Cu - 0.5% (която е покрила тотално фазата Al_3Fe на алуминиевата матрица – не е регистрирано Fe); Ca – 1,0% и P – 6.5%. Съответно, анализите в точка върху активните центрове регистрират: Ce - 1.7%; Ca – 0.5% и P – 4.8%, докато в пукнатините на конверсионния слой се регистрира единствено наличието на P (2.1%). Впечатляващи при това са резултатите от анализите в точка (по отношение промяната на концентрациите на Al и O в полза на Al – от 64.0% : 25.6% до 90.6% : 7.7%) в последния случай, което говори и за понижаване на концентрацията (бариерният ефект, респективно) на формирания Al_2O_3 компонент на отложения върху Al подложка COCC.

✓ След трикратна имерсионна обработка (3 х 5мин.) на системата Al/COCC в разтвор на NaH_2PO_4+$Ca(NO_3)_2$ и експониране на така формираните конверсионни слоеве в продължение на 72 ч в атмосферата/парите над темпериранатa (55°C) корозионна среда, регистрираната интегрална концентрация на характеристичните елементи върху повърхността на системата Al/COCC$_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls е съответно: Ce - 2.3%; Cu ~ 0 %; Ca – 1.1% и P – 5.0%. Съответно, анализите в точка върху активните центрове (светлите зони – богати на мед) регистрират: Ce - 18.1%; Cu - 1.0 % ; Ca – 2.2% и P – 9.5%, докато в пукнатините на конверсионния слой се регистрира единствено наличието на P (1.6%). И в този случай анализът в точка (по отношение промяната на концентрациите на Al и O в полза на Al – от 69.1% : 22.8% до 90.1% : 8.4%) говори и за понижаване на концентрацията на Al_2O_3 компонент на отложения върху Al подложка COCC.

✓ Близки до отбелязаните по-горе са и резултатите за аналогичните обработки на анодирани Al подложки. Интегралната концентрация на Ce върху повърхността на системата Al_{anod}/COCC практически съвпада с тази, установена върху неанодирана Al подложка (~ 3%). Допълнителната обработка на системата Al_{anod}/COCC в разтвор на NaH_2PO_4+$Ca(NO_3)_2$ повишава несъществено (до ~ 3.1%) стойностите на концентрацията за Ca (формиращият се $Ca(NO_3)_2$, респективно), докато концентрацията на P (формиращите се алуминиеви и калциеви фосфатни съединения, респективно) достигат до няколкократно по-високи стойности (~ 22%).

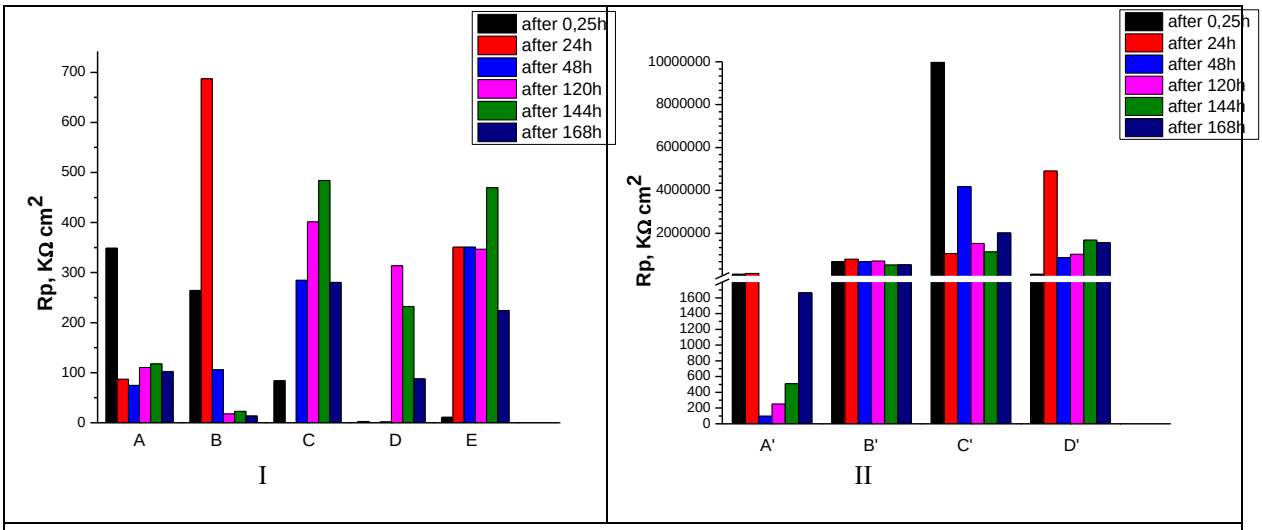
Във Втория цикъл от изследвания (Получаване на резултати за електрохимичното поведение на изучаваните системи в моделна корозионна среда, които да бъдат съпоставени с представените по-горе данни. Те бяха свързани с определяне на корозионния ток (i_{corr}), корозионния потенциал (E_{corr}), потенциала на питингообразуване (E_{pit}), поляризационното съпротивление (Rp), скоростта на корозия (VC) на изучаваните системи, които са основни критерии за тяхната корозионна устойчивост) бе установено, че:

✓ Имерсионната обработка на Al-1050 в разтвор, съдържащ Ce^{3+} и Cu^{2+} (т.е. формирането на системата Al/COCC), съгласно измененията в хода на катодните и анодните поляризационни криви, обуславя постигането на инхибиращ ефект по отношение на скоростта на катодната и анодната реакции на корозионния процес. Това води до понижаване на i_{corr} и отместване в положителна посока на E_{corr} и E_{pit}. Този

ефект се повишава значително след включването на допълнителна обработка на системата Al/COCC в разтвор на NaH_2PO_4+$Ca(NO_3)_2$. Тя, наред с позитивното изменение на i_{corr}, E_{corr}, E_{corr} и Rp, води до силно разширяване (~ 1000 mV) на пасивна област, корозионният ток в която е понижен на порядък. Повишаването на времето на експонация на образците (в предложения фосфатно-нитратен разтвор (3x5 мин.), както и включването на последващо експониране (72 ч.) над разтвора за корозионни изпитания, води до още по-висок защитен ефект, който е свързан с формирането на допълнителни фосфатни и нитратни комплекси (в т.ч. и корозионни продукти от типа α-$Al(OH)_3$) върху първоначално формираните върху алуминиевата подложка COCC (изградени от Al_2O_3, Ce_2O_3 и CeO_2).

✓ Още по-силно са изразени отбелязаните по-горе ефекти при прилагането на последователна конверсионна обработка на анодиран Al-1050 (Al_{Anod}), след формирането на системата Al_{Anod}/$COCC_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls. В този случай постигнатите изключително високи стойности за Rp (~ 1.10^5 – 1.10^6 KΩ.cm^2) практически не се променят до края на времето (168 ч) на корозионните изпитания.

(Получените резултати са систематизирани и предстои обсъждането и допълването им, с цел публикуване на част от тях през следващата година.)



Фиг. N. Хистограми, илюстриращи изменението на Rp на получаваните и изследвани системи:

I/ A - Al подложка; B - Al/$COCC_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$; C - Al/$COCC_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls - 5 min; D -Al/$COCC_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls – 3x5 min; E - Al/$COCC_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls – 3x5 min + 72 hrs over corrosion solution at 55°C.	II/ A` - $Al_{Anod}$ подложка; B` - Al_{Anod}/$COCC_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$; C` - $Al_{Anod}$/$COCC_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&$NO_3$Ls - 5 min; D` - Al_{Anod}/$COCC_{(Ce^{3+}+Cu^{2+})}$/Ph&NO_3Ls – 3x5 min.

2. Публикации за 2022 г (пълно библиографско описание).

1. Andreeva, R., **Stoychev, D.**. "Phosphate sealing improvement of the corrosion resistance of thin cerium oxides coatings electroless deposited on aluminium". *Journal of Physics*: Conference Series, 2240 (1), 012001, IOP Publishing, 2022, ISSN 17426588, DOI:10.1088/1742-6596/2240/1/012001, SJR (Scopus):0.21

2. **Andreeva, R.**, **Tsanev, A.**, **Stoychev, D.**. "Effect of pre- and post-treatment operations of aluminum alloy Al-1050 protected by ceria conversion coatings". *Materials Today*: Proceedings, 61, 1280-1286, Elsevier, 2022, ISSN:2214-7853, DOI:10.1016/j.matpr.2022.03.716,. SJR (Scopus): 0.355.

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата.

Участие в изпълнението на проект BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика" по Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж". приоритетна ос 1 „Научни изследвания и технологично развитие", процедура BG05M2OP001-1.002 „Изграждане и развитие на центрове за компетентност" (гл. ас. д-р 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.

Няма.

5. Работен колектив за 2022 г.

Гл. ас. д-р Р. Андреева, дхн Д. Стойчев.

6. План за работа през 2023 г.

- Ще продължи изследването и оптимизирането на влиянието на състава и режима на имерсионна и/или електрохимична обработка на Al върху корозионното поведение на изучаваните през 2022 г системи;
- Ще бъде задълбочено изучаването на влиянието на режима на допълнително уплътняване в разтвори, съдържащи фосфатни и нитратни йони (NaH_2PO_4 и $Ca(NO_3)_2$), върху структурата, състава и защитната способност на формираните при първичната имерсионна обработка COCC;
- Ще бъдат проведени изследвания на структурата и състава на получаваните системи (SEM, EDS, XPS, XRF, etc.).
- Ще бъдат проведени изследвания на корозионните характеристики на получаваните системи чрез прилагането на безразрушителни електрохимични методи (при потенциала на отворената верига (E_{OCP}) и потенциала на питингообразуване (E_{pit})).

Бележка: Списъкът на забелязаните цитати за 2022 г ще бъде отразен в системата SONIX в съответствие с указаните (02.12.2022 г., респ. 06.01.2023 г) срокове. (До 01.12.2022 г са забелязани 134 цитати на публикации на колектива).

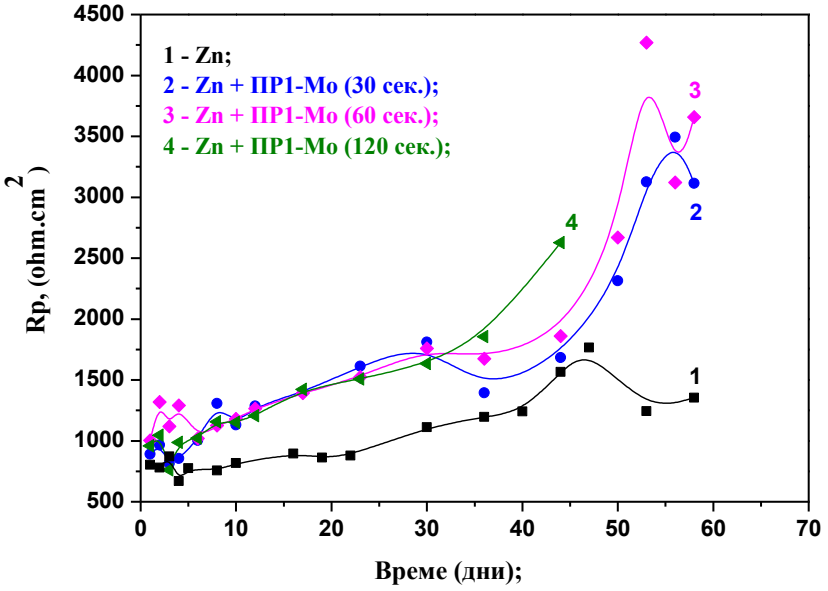
Ръководител на задача: дхн Д. Стойчев

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 бяха свързани с корозионното охарактеризиране на конверсионни филми, получени при пасивиране на блестящи цинкови покрития. Използвани бяха екологосъобразни пасивиращи разтвори на база молибден (ПР-1) и тривалентен хром (ПР-2) и времена на пасивиране от 20 до 120 сек.

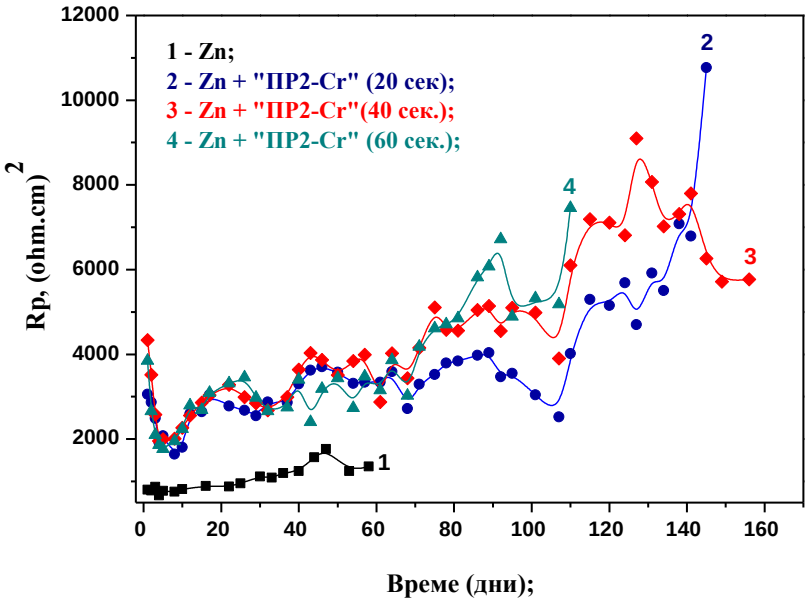
Влиянието на времето за пасивиране върху корозионната устойчивост и защитната способност на системите цинк / конверсионен филм беше определено с помощта на метода на поляризационното съпротивление (Rp). Измерванията на изследваните образци бяха проведени в моделна реда на 5% NaCl до момента на появата на т.н. „червена ръжда". Системите бяха изследвани и с рентгеноструктурен (XRD) и EDS анализи.



Фиг. 1 Поляризационно съпротивление на непасивиран Zn и пасивирани цинкови покрития в състав, съдържащ Mo: 1 – Zn; 2 – 30 сек.; 3 – 60 сек.; 4 - 120 сек.

На Фиг. 1 са представени резултатите за измереното Rp на пасивираните цинкови покрития в състав, съдържащ молибден. От данните на фигурата се вижда, че чистото цинково покритие (без наличие на конверсионен филм - крива 1), демонстрира най-ниски стойности на поляризационно съпротивление, респективно най-ниска защитна способност за периода на измерване. Най-високо Rp в края на измерванията показват образците, пасивирани за времена съответно 30 и 60 сек (криви 2 и 3). Цинковите покрития, пасивирани за време 120 сек. (крива 4) демонстрират високо поляризационно съпротивление, но при тях се появяват петна от "червена ръжда" след около 44 дена престой. Това вероятно се дължи на по-високото съдържание на молибден (9 т.%) в пасивните филми и образуването на по-голям брой микрогалванични корозионни двойки Zn-Mo, които ускоряват процеса на разтваряне.

Резултатите, получени за измереното поляризационно съпротивление на цинковите покрития, пасивирани в състав, съдържащ тривалентен хром (т.н. “хромитиране” за време 20, 40 и 60 сек. (Фиг. 2) показаха, че същите демонстрират значително по-висока корозионна устойчивост и защитна способност в сравнение с покритието от чист цинк и образците пасивирани в състава, съдържащ Mo (Фиг. 1).



Фиг. 2. Поляризационно съпротивление на непасивиран Zn и пасивирани цинкови покрития в състав, съдържащ хром: 1 – Zn; 2 – 20 сек.; 3 – 40 сек.; 4 – 60 сек.

Хромитираните цинкови слоеве издържат в моделната корозионна среда над 100 дни, а стойностите на Rp са над два пъти по-високи в сравнение с тези на системите Zn/молибденов конверсионен филм. Най-рано - на 110-ия ден – „червена ръжда“ се появява при пасивиран цинков образец за време на пасивация 60 сек. (Фиг. 2, крива 4). Това може да се дължи на силното изтъняване на системата цинк / конверсионен филм в резултат на по-продължителна обработка в силно киселия пасивиращ разтвор. Оптималното време за обработка на цинка в пасивиращия разтвор на база тривалентен хром е 40 сек. Тук червена ръжда се появява на 156-ия ден, а стойността на поляризационното съпротивление е 5800 ohm.cm^2 (Фиг. 2, крива 3). Резултатите от XRD анализа показват, че при тези системи количеството на образувалата се фаза от трудно разтворим цинков хидроксихлорид е най-голямо. Интезитетът на най-характерната линия на новопоявилия се корозионен продукт - цинковия хидроксид хлорид (ЦХХ) - $Zn_5(OH)_8Cl_2.H_2O$ – е много силно изразен.

Тъй като в последните години защитата от корозия се насочва към зелената химия, особено след ограничаване на употребата на хромните съединения, беше направен опит за използване на огранични екологосъобразни материали – танин и желатин. За целта бе използван опита на колеги от СУ (доц. д-р Л. Лютов) и от ИОХ-БАН (гл. ас. д-р Н. Табакова).

Растителни екстракти, съдържащи танин, са използвани като антикорозионни агенти много преди таниновата киселина да е изолирана и охарактеризирана от химиците. Действието на различни танини като преобразуватели на ръжда и като корозионен инхибитор е добре изучено и се дължи на способността на таниновата киселина, която е високомолекулен полифенол, да образува комплекси с йоните на желязото и други метали, включително цинк. Желатинови филми се използват напоследък за замяна на традиционните пластмасови опаковки с биоразградими материали на негова основа. Най-често втърдяването на желатина става с формалдехид, при което се образуват метиленови и оксиметиленови мостове. Този процес прави желатина по-твърд и значително подобрява физико-механичните му качества, понижава разтворимостта и повишава температурната устойчивост. Имайки предвид гореизложеното е направен опит да се съчетаят качествата на желатиновите покрития в ролята на корозионен инхибитор при едновременната употреба на формалин и танинова киселина.

Със съдействието на колеги от ХТМУ, София, беше изследвана възможността за формиране на защитна система от електроотложен цинков слой и цериево покритие върху нисковъглеродна стомана. С помощта на потенциодинамични и електрохимични импедансни изследвания бе доказана подобрената корозионна устойчивост на системата в моделна среда, съдържаща хлорни йони като корозионни активатори. Изследвани бяха още състава и топографията на повърхността, а също така и цветовите характеристики. Като основен резултат бе доказан синергичният ефект между цериевото покритие и цинковият подслой и бе установено влиянието на финалната термична обработка (за което бе създаден концептуален модел).

2. Публикации (пълно библиографско описание).

1. Boshkova N., Lutov L., Tabakova N., Boshkov N., “Innovative passivation film on galvanic zinc coatings based on tannin and gelatin”, *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies*, 16, 172-179, 2022.

2. Kozhukharov, S., Girginov, C., Boshkova, N., Tzanev, A., “Impact of the final thermal sealing of combined zinc/cerium oxide protective coating primers formed on low carbon steel”, *Journal of Electrochemical Science and Engineering*, 12, 4, 685-701, 2022.

3. Kozhukharov, S., Girginov, C., Tzanev, A., Boshkova, N., “Synergistic effect of Zn electrodeposition and cerium conversion coating on the corrosion performance of low carbon steel”, *Applied Surface Science*, 602, 154254, 2022.

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата.

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

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. “Sofia Electrochemical Days 2022”, 11-14 May, Sofia, "Obtaining of environmentally friendly conversion films on zinc coatings and corrosion behavior in a model medium of 5% NaCl", M. Peshova, V. Bachvarov - постерен доклад.

2. 24-th International Conference “Materials, Methods & Technologies”, Burgas, Bulgaria, 19.08.-22.08.2022, “Innovative passivation film on galvanic zinc coatings based on tannin and gelatin”, Boshkov N., Lutov L., Tabakova N., Boshkova N. - устен доклад.

3. 6-th International Conference on Materials Science and Engineering, 09-10.11.2022, Dubai, UAE, "Environmentally friendly surface films for corrosion protection of galvanized steel“, Boshkova N., Lutov L., Tabakova N., Boshkov N. - постерен доклад.

5. Работен колектив за 2022 г.

проф. д-р Н. Божков, гл. ас. д-р В. Бъчваров, гл. ас. д-р М. Пешова, доц. Л. Лютов (СУ), доц. д-р К. Гиргинов (ХТМУ), д-р С. Кожухаров (ХТМУ), гл. ас. д-р Н. Табакова (ИОХ, БАН).

6. План за работа през 2023 г.

Ще продължи дейността по получаване и корозионно охарактеризиране на екологосъобразни конверсионни филми с различен състав и при различни времена на обработка.

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

I. Провеждане на изследвания с цел получаване на кобалтови и сплавни кобалтови покрития от екологосъобразни електролити върху различни полимерни подложки.

Целта на настоящите изследвания беше да се оптимизират нови разтвори (състави и режими на работа) за получаване на тънки кобалтови химични слоеве от еколого-съобразни електролити върху ляти под налягане и 3D принтирани образци от ABS с плътност на запълване на вътрешните слоеве 100% и резолюция 0.8 mm, получени по FDM технология.

От проведените изследвания се установи, че количеството на отложения кобалт не се променя значително в зависимост от времето на отлагане. Агломератите, които изграждат покритието по ръбовете на образците са с размери 10 – 20 μm, като в някои случаи се появяват и микропукнатини. Покритието, което е в центъра на подложката е с равномерна зърнеста структура, но по-тънко. Тази разлика се дължи вероятно на сорб-

цията на по-голямо количество катализатор по ръбовете на образците. Като доказателство за това са и резултатите от направения EDS анализ на две различни места на ABS и 3D ABS образци. Получените покрития са тънки, но достатъчни за опроводяването на ABS и 3D ABS повърхността за последващо електрохимично отлагане.

II. Химично метализиране на различни видове стъкла.

Проведени бяха изследвания относно химичното метализиране на два вида стъкла - обикновено **($Na_2O.CaO.6SiO_2$)**, на което едната страна е матирана и борсиликатно **($B_2O_3.SiO_2$)**. Изследвани бяха две различни предварителни обработки и различни по състав електролити за отлагане на медни и никелови покрития. Установено беше,че върху матираната част на обикновеното стъкло покритието е с добра адхезия, което е достатъчно за по-нататъшно електрохимично удебеляване на металните слоеве.

III. Получаване на сплавни Cu–Ni–P покрития от слабоалкален електролит върху диелектрични подложки.

Проведените изследвания бяха насочени към получаване на химични Cu-Ni-P сплавни покрития върху непроводящи полимерни образци от ABS с цел приложение в електрониката. Изследвано беше влиянието на концентрацията на никелов сулфат върху възможността за отлагане на трикомпонентно Cu-Ni-P сплавно покритие върху ABS образци. Особено важно за получаване на тези покрития беше прецизно балансиран състав на електролита, който да осигурява неговата стабилност и добро качество на покритието. За охарактеризиране на получените сплавни покрития бяха използвани различни методи: SEM, EDS, XRF, XRD, AFM.

Резултатите от изследването показват, че равномерността на дебелината, адхезията и повърхностното ограпавяване на отложените химични сплавни покрития зависи от концентрацията на никеловите йони в електролита. Тези параметри пряко влияят върху стойността на листовото съпротивление и съответно върху проводимостта на металните слоеве.

Проведени са серия от електрохимични поляризационни тестове за определяне на скоростта на химично отлагане на сплавни слоеве Cu-Ni-P при различни условия. Варирани са температурата, pH, съдържанието на редуктор и никелови йони. Резултатите показват, че най-силно влияние върху скоростта на реакцията на отлагане има температурата и концентацията на никеловите йони (до 3 g/L). Варирането на pH (8.5 - 10.0), както и съдържанието на редуктора, не оказват съществено влияние.

Предложен беше адекватен математичен модел, описващ зависимостта на скоростта на отлагане като функция от изменението на концентрацията на медния и никеловия сулфат и на натриевия хипофосфит. Установено беше, че никеловия сулфат в изследваните граници от концентрации играе определяща роля върху скоростта на отлагане на сплавта Cu-Ni-P.

IV. Продължаване на изследванията върху опроводяване на диелектрици чрез химично отлагане на никелов слой от екологосъобразен електролит.

Продължени бяха изследванията относно химичното отлагане на метален (никелов) слой от екологосъобразен алкален електролит. С помощта на XPS анализ получените слоеве бяха охарактеризирани като $NiOOH/Ni(OH)_2$. Резултатите са обобщени и изпратени за публикуване в списание.

2. Публикации (пълно библиографско описание).

<u>*Публикации излезли от печат в списания с IF*</u>

N. Mirchev, D. Lazarova, M. Georgieva, M. Petrova, D. Tachev & G. Avdeev, "*Preparation of Cu/ZrW_2O_8 structures by chemical deposition from formaldehyde-free*

solution", Transactions of the IMF, 100 (1), (2022), pp. 18-24, DOI: 10.1080/00202967.2021.2005356, Q2, IF = 1.679.

B. Tzaneva, Ek. Dobreva, N. Koteva, M. Georgieva, M. Petrova, *"Effect of etching conditions on electroless Ni-P plating of 3D printed PLA"*, Transactions of the IMF, 100 (3), (2022), pp. 166-172 ISSN: 0020-2967, Q2, IF = 1.679.

M. Georgieva, *Study of a System for Creating a Statistical Model of the Electroless Plating of Cu-Ni-P Alloys,* Transactions of the IMF, ISSN: 0020-2967, 100 (6), (2022), pp. 318-323, Q2, IF = 1.679.

V. Chakarova, M. Monev, "*Electrocatalytic Properties of Electroless Ni-P Coatings towards Hydrogen Evolution Reaction in Alkaline Solution. Ni-P Coatings Deposited on Steel Substrate at Different Concentrations of Sodium Hypophosphite*", Electrocatalysis, https://doi.org/10.1007/s12678-022-00791-x (2022), Q2, IF = 2.933.

M. Georgieva, *"Investigation of the Influence of Ni^{2+} Concentration for the Obtaining of Electroless Cu-Ni-P Alloy Coatings on the Dielectric Surface"*, J. Chem. Technol. Metall., ISSN:1314-7471, 57 (4), (2022), pp. 834-839, Q3, IF = 0.83.

Публикации излезли от печат в списания в SCOPUS

M. Georgieva, "*Electroless deposition of Cu-Ni-P Alloy Coatings on a Dielectric Surface for Application in Electronics"*, Proc. 13-th National conference with international participation ELECTRONICA, 978-1-6654-8100-7/22/$31.00 ©2022 IEEE, DOI: 10.1109/ELECTRONICA55578.2022.9874400, pp. 9874400 (4 pages) (2022)

M. Georgieva, V. Milusheva, *"Electroless and Electrochemical Copper Deposition to Form a Conductive Layer on Anodized Aluminum Substrate"*, Proc. XXXI International Scientific Conference Electronics - ET2022, 978-1-6654-9878-4/22/$31.00 ©2022 IEEE, ISBN: 978-166544518-4, **DOI:** 10.1109/ET55967.2022.9920293, pp. 9920293 (4 pages) (2022)

M. Georgieva, *"Electrochemical Study on Electroless Cu-Ni-P Alloy"*, Proc. XXXI International Scientific Conference Electronics - ET2022, 978-1-6654-9878-4/22/$31.00 ©2022 IEEE, ISBN: 978-166544518-4, **DOI:** 10.1109/ET55967.2022.9920334, pp. 9920334 (4 pages) (2022)

Публикации в пълен текст в материали от международни научни мероприятия у нас

Chakarova, M. Petrova, *"Obtaining abrasives on the base of composite Ni-P coatings for surface treatment of rock materials"*, International journal for science, technics and innovations for the industry "Machines, technologies, materials", XVI (3), (2022), pp. 105-107 ISSN: PRINT 1313-0226 (ISSN WEB 1314-507X)

Подадена публикация за печат

V. Chakarova, M. Petrova, E. Dobreva, D. Lazarova, M. Monev, "*Surface modification of ABS polymer by deposition of thin nickel film from a solution without reducing agent"*, Transactions of the IMF

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата.

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

Проект № КП 06-Н29/1 *"Функционални нанокомпозитни слоеве, базирани на аноден алуминиев оксид и неговото метализиране",* финансиран от Фонд научни изследвания, България, ръководител на проекта: доц.д-р Б.Цанева.

Проект № ДН 19/1 „*Метализиране на диелектрични материали от иновативни екологосъобразни електролити*“, финансиран от Фонд научни изследвания, България, ръководител на проекта: доц. д-р М. Петрова.

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, за 18 месеца, от 01.11.2022г.

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.

V. Chakarova, M. Petrova, “*Obtaining abrasives on the base of composit Ni-P coatings for surface treatment of rock materials*”, XIX International congress “Machines, technologies, materials”, Mart 09-12, 2022, Borovets, Bulgaria – постерен доклад

M. Petrova, M. Georgieva, D. Lazarova, “*Electroless metallization of 3D- printed details from PET and PETG*”, XIX International congress “Machines, technologies, materials”, Mart 09-12, 2022, Borovets, Bulgaria – постерен доклад

M. Georgieva, M. Petrova, D. Lazarova, “Optimization of multicomponent systems for electroless deposition of Cu-Ni-P alloy coatings”, Sofia Electrochemical Days 2022, May 11-14, 2022, Sofia, Bulgaria – постерен доклад

V. Milusheva, B. Tsaneva, M. Petrova *“Electrochemical investigation of electroless copper deposition from acetate solutions”,*Sofia Electrochemical Days 2022, May 11-14, 2022, Sofia, Bulgaria – постерен доклад

V. Chakarova, D. Lazarova, M. Petrova, E. Dobreva, “*Electroless deposition of nickel oxidized film*”, Sofia Electrochemical Days 2022, May 11-14, 2022, Sofia, Bulgaria – постерен доклад

M. Georgieva, *“Electroless deposition of Cu-Ni-P Alloy Coatings on a Dielectric Surface for Application in Electronic”*, 13th National Conference with International Participation ELECTRONICA-2022**,** May 19-20, 2022, Sofia, Bulgaria – електронен постер

В. Чакърова, М. Георгиева, М. Петрова, *“Съотлагане на микро частици в Ni-P матрица върху непроводяща подложка”,* Трети интердисциплинарен докторантски форум, 6-7 юни, 2022, Кюстендил, България – постерен доклад

M. Georgieva, D. Lazarova, M. Petrova, *“Obtaining of electroless Cu-Ni-P coating on a dielectric surface”*, 2nd Global Conference on Advanced Nanotechnology and Nanomaterials, June 22-23, 2022, Berlin, Germany – устен доклад

M. Georgieva, S. Kozhukharov, M. Petrova, D. Lazarova, *"Investigation of the chemical resistance of electroless deposited copper-nickel-phosphorus alloy on dielectrics"*, 24th International Conference “Materials, Methods & Technologies”, August 19-22, 2022, Burgas, Bulgaria – постерен доклад

V. Chakarova, M. Monev., „X-ray fluorescence (EDXRF) measuring instrument. Application in practice and science“, Scientific Conference of INFRAMAT „INFRAMAT-2022 United Research Infrastructure in Support of Industry Culture and Technology”, September, 12-14, 2022, Plovdiv, Bulgaria – постерен доклад

M. Georgieva, V. Milusheva, “*Electroless and Electrochemical Copper Deposition to Form a Conductive Layer on Anodized Aluminum Substrate*”, XXXI International Scientific Conference Electronics - ET2022, September 13-15, 2022, Sozopol, Bulgaria – електронен постер

M. Georgieva, “*Electrochemical Study on Electroless Cu-Ni-P Alloy*”, XXXI International Scientific Conference Electronics - ET2022, September 13-15, 2022, Sozopol, Bulgaria – електронен постер

Цитати 2022 - 27 бр.

5. Работен колектив за 2022 г.

доц. д-р М. Петрова, доц. д-р М. Монев, ас. С. Петрова, химик д-р М. Георгиева, химик В. Чакърова, химик Д. Лазарова

6. План за работа през 2023 г.

- Изследване влиянието на операцията набъбване от предварителната обработка при използване на екологосъобразни байцващи разтвори.
- Провеждане на изследвания с цел получаване на сплавни метални покрития върху слоеве от AAO при различни предварителни обработки и върху различни диелектрици.
- Изследване степента на проникване на медните слоеве в дълбочина на 3D принтирани образци от различен материал и различна технология на получаване.
- Корозионни изпитания на сплавните Cu-Ni-P покрития отложени върху диелектрици.
- 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.

Ръководител на задача: доц. 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

Тази точка бе реализирана с помощта на колеги от Групата по електрооптика към секция „Повърхности и колоиди” на ИФХ.

Бяха получени композитни покрития, съдържащи полимерно модифицирани с полиетиленимин (PEI) ядра от наночастици CuO (съответно и под формата на наноконтейнери, съдържащи инхибитор срешу корозия – сафранин). Полимерно модифицираните наночастици бяха вграждани електрохимично в цинковата метална матрица с цел получаване на композитно покритие.

Друг вариант бе създаването на многослойна хибридна система – слой обикновен цинк с дебелина 3-4 μm, последвано от отлагане на много тънък слой полимерно модифицирани ядра от CuO или наноконтейнери с инхибитор и финишен слой от цинк с дебелина около 8-10 μm. Целта бе да се създаде хибридна система с подобрени защитни показатели едновременно срещу локална и биокорозия, тъй като CuO се отличава с добре изразени антибактерицидни свойства (каквито, макар и в по-малка степен, притежава и ZnO, който е корозионен продукт при разтварянето на

цинка). Освен това, по литературни данни, полиетилениминът също е относително добър инхибитор срещу корозия, чието присъствие се очаква да окаже влияние върху скоростта на локалната корозия.

Намерени бяха оптималните условия за получаване на стабилна суспензия от CuO наночастици. Хибридното покритие, съответно система, бяха електроотложени от слабо кисел електролит и бе установено, че се подобрява антикорозионното поведение на нисковъглеродната стомана в две добре познати и прилагани корозионни среди - неутрален 5% разтвор на NaCl (причинява обикновено локализирана корозия) и изкуствена морска вода (за проверка на корозионния процес при условия, подходящи за поява и развитие на биокорозия) за продължителен времеви интервал при „потенциал на отворена верига“ и при външна анодна поляризация. Защитното действие на хибридната система е функция най-вероятно от появата на новообразувани корозионни продукти в резултат от взаимодействието на цинковата матрица със заобикалящата среда, а също така от наличието на инхибитори (сафранин, полиетиленимин) и наночастици CuO. Бариерните ефекти, реализирани от наличието на тези корозионни продукти и на полимерните материали/слоеве в тях (появата на „смесен“ слой върху повърхността) в значителна степен допринася за повишените защитни свойства на хибридното покритие/система в двете тестови корозионни среди в сравнение с обикновеното цинково такова.

Хибридното покритие/система притежава и по-добре изразен хидрофобен характер, което също подпомага повишената устойчивост спрямо корозия в двете моделни тестови среди. Получените резултати показват, че предложеното хибридно цинково покритие има потенциал за едновременно приложение срещу локална и биокорозия на нисковъглеродни стомани.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1. Boshkova N., Kamburova K., Radeva Ts., Simeonova S., Grozev N., Shipochka M., Boshkov N., “Comparative corrosion characterization of hybrid zinc coatings in Cl^--contaning medium and artificial sea water”, *Coatings,* 12, 12, 1798, 2022.

2. Kamburova K., Boshkova N., Boshkov N., Radeva Ts., “Hybrid Zinc Coating with CuO Nanocontainers Containing Corrosion Inhibitor for Combined Protection of Mild Steel from Corrosion and Biofouling”, *Coatings*, 12, 9, 1254, 2022.

3. Boshkova N., Boshkov N., Li H., “Corrosion characterization of Zn-Mn hybrid coatings with surface conversion layers", *Galvanotechnik*, 113, 1, 37-44, 2022 (излязла през 2019 г. като глава от книга и отпечатана в списанието през 2022 г. по негова инициатива).

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата

Проект с ФНИ 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. “Sofia Electrochemical Days 2022**”,** 11-14 May, Sofia, “Composite zinc coating containing CuO nanocontainers with corrosion inhibitor for combine protection of steel from chemical and bio-corrosion”, Kamburova, K., N. Boshkova, N. Boshkov, Ts. Radeva - постерен доклад.

2. INFRAMAT Research Infrastructure in support of Science, Technology and Culture, 12.09.-14.09.2022, “Application of Safranin loaded CuO nanocontainers for combined protection of low-carbon steel against corrosion and biofouling”, Kamburova, K., N. Boshkova, N. Boshkov, Ts. Radeva - устен доклад.

3. VII-th International Scientific Conference – Summer Session: Industry 4.0, Varna, Bulgaria, 22.06.-25.06.2022, "Hybrid multilayer system for enhanced corrosion protection“, Boshkov N., Boshkova N., Stambolova I., Stoyanova D. - постерен доклад.

4. VII-th International Scientific Conference – Summer Session: Industry 4.0, Varna, Bulgaria, 22.06.-25.06.2022, „Innovative protective system aiming to improve the localized and microbial corrosion resistance”, Boshkova N., Boshkov N., Stambolova I., Stoyanova D. - постерен доклад.

5. 1-st Central and Eastern European Conference on Physical Chemistry & Material Science, Split, Croatia, 26.07.-30.07.2022, “Protective ability against localized corrosion of steel by hybrid zinc-based coatings in 5% NaCl solution”, Boshkova N., Kamburova, K., Radeva Ts., Boshkov N. - постерен доклад.

6. 1-st Central and Eastern European Conference on Physical Chemistry & Material Science, Split, Croatia, 26.07.-30.07.2022, “Corrosion characterization of hybrid zinc coatings on steel with embedded CuO nanoparticles in artificial sea water”, Boshkov N., Kamburova, K., Radeva Ts., Boshkova N. - устен доклад.

5. Работен колектив за 2022 г.

проф. Н. Божков, доц. д-р. Н. Божкова, химик С. Смричкова и колеги от секция „Повърхности и колоиди“ към ИФХ, група по Електрооптика – проф. дхн Ц. Радева, доц. д-р К. Камбурова.

6. План за работа през 2023 г.

Ще продължи дейността по получаване на едно- и многослойни композитни покрития/системи и тяхното корозионно охарактеризиране в подбрани моделни среди.

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

Задача:1.6. МОДИФИЦИРАНИ НАНОМАТЕРИАЛИ ЗА ЕЛЕКТРО-КАТАЛИТИЧНИ И ФОТОЕЛЕКТРОКАТАЛИТИЧНИ ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Описание на постигнатите резултати

През 2022 г. са извършени електрохимични тестове на електроди, покрити с чист TiO_2, както и със смес от редуциран TiO_2 и графенов оксид (GO). Експериментите са проведени с циклична волтамперометрия (CV) и хроноамперометрия (CA) на тъмно и при облъчване с UV светлина в 0.1 M перхлорна киселина ($HClO_4$) в присъствие на 0.5 M метанол (MeOH). Установена е повишена фотоелектрокаталитична активност на сместа TiO_2/GO в сравнение с тази на чистия TiO_2. Извършен е анализ със SEM/EDS и Трансмисионна електронна микроскопия (TEM) както на прахообразен носител от TiO_2 и GO, така и на същата смес, върху която с метода на фоторедукция е отложена Pt. Анализът е показал наличие на 6.3 т.% Pt. Проведени са експерименти с CV и CA в 0.1 M $HClO_4$ в отсъствие и в присъствие на 0.5 M MeOH на тъмно. В перхлорната киселина Pt/TiO_2/GO показва повишена активност в областта на реакцията на отделяне на водород в сравнение с тази на TiO_2 и смес TiO_2/GO. Наблюдава се окисление на метанола, дължащо се на Pt. При потенциал 0.5 V, с CA, проведена на тъмно, не се индикира разлика в каталитичната активност на трите вида материали. При облъчване с UV се наблюдава повишаване на тока на окисление на MeOH при Pt/TiO_2/GO в сравнение с този на чист TiO_2 и смес TiO_2/GO. За оценяване на електроактивната площ на катализаторите Pt/TiO_2/GO бяха проведени експерименти с CV в 0.1M $HClO_4$ за окисление на CO.

С оглед получаване на каталитични материали, съдържащи по-висок процент IrO_2 беше започната нова серия експерименти за фотохимично отлагане на IrO_2 върху редуциран и нередуциран TiO_2. Проведеният EDS анализ показа по-ниско съдържание на Ir, отложен върху редуцирания титанов носител. Проведени са и експерименти за оценяване влиянието на MeOH върху процеса на отлагане, както и върху каталитичната активност на катализаторите по отношение на реакцията на отделяне на кислород (OER).

С помощта на CV и линейна волтамперометрия (LSV) е оценено електрохимичното поведение и каталитичната активност на IrO_2, отложен върху редуциран TiO_2 по отношение на OER. С LSV е оценена и сравнена каталитичната активност на IrO_2, отложен върху редуциран TiO_2, върху TiO_2 (Degussa P-25), както и на чист комерсиален IrO_2 (без TiO_2) по отношение на OER. Изготвеният катализатор IrO_2/TiO_2 (Degussa P-25) показва повишена масова (за mg Ir) активност по отношение на OER в сравнение с комерсиалния IrO_2. Редуцираният TiO_2 изглежда не е по-добър носител от Degussa, дължащо се най-вероятно на по-лошото диспергиране на фотоотложения IrO_2 върху него. Проведени са и изследвания с електрохимична импедансна спектроскопия (EIS). EIS резултатите показват, че собствената каталитична активност на катализатора IrO_2/TiO_2 по отношение на OER е по-висока в сравнение с тази на комерсиалния IrO_2.

Използвайки CV и LSV е оценено и сравнено електрохимичното поведение и каталитичната активност по отношение на OER на три различни каталитични материала IrO_2/TiO_2 с различно съдържание на Ir, отложен върху нередуциран TiO_2 (Degussa P-25). Образците са изготвени в присъствие и отсъствие на MeOH. Леки

промени в активността при най-високия потенциал, приложен по време на CV, може да са причинили различно активиране на IrO_2 на повърхността на образците. Веднъж влезли в областта на OER, всички електроди се активират по подходящ начин и резултатите показват, че изготвянето на образците, получени без MeOH, са в рамките на възпроизводимостта на експеримента. Поради това, при нормиране на тока за mC техните стойности съвпадат. Предполага се, че пробата, изготвена с MeOH, може да съдържа повече метален Ir, който впоследствие не се трансформира напълно до дълбоки оксиди.

2. Публикации (пълно библиографско описание)

Няма

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата

Национален център по мехатроника и чисти технологии (2018 – 2023)

През 2022 г. е сключен проект на тема „Модифицирани наноматериали за електро- и фотоелектрокаталитични приложения – синтез и характеризиране“ 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

Участие в Regional Meeting of the International Society of Electrochemistry, 15.08-19.08.2022 г., Прага, Чешка република, “Preparation and characterization of platinized TiO_2/rGO nanocomposite for synergistic electrocatalytic and photoelectrocatalytic applications”, J.Georgieva, S.Sotiropoulos, D. Tatchev, постерен доклад

5. Работен колектив за 2022 г.

доц. д-р Женя Георгиева, проф. д-р Драгомир Тачев, химик Нина Димитрова,
химик Росица Мечкова

6. План за работа през 2023 г.

1. Оптимизиране на условията за получаване на катализатори IrO_2, отложени върху редуциран и нередуциран TiO_2.
2. Изготвяне на титанови нанотръбички чрез анодиране и дотиране с метални и неметални елементи (Pt, N, B).
3. Изготвените катализатори ще бъдат охарактеризирани с TEM, SEM-EDS, XRD и XPS. Ще се проведат експерименти за оценяване на електро- и фотоелектрокаталитичната им активност.
4. Предвижда се провеждане на предзащита на дисертационния труд на химик Нина Димитрова и при положително становище на Колоквиума на ИФХ, да бъде предложено пред НС на ИФХ откриване на процедура за провеждане на защита.

Ръководител на задача: доц. д-р Женя Георгиева

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

1. Описание на постигнатите резултати

А. Модифициране с метални частици и електроаналитични приложения на печатни въглеродни електроди

Завършени са изследванията по електроокисление на глицерол върху паладиеви нанокаталитични материали, получени чрез безтоково отлагане на метал, в отсъствие на редуктор в електролитния разтвор. Изследвани са пет типа въглеродни носители – въглерод (C110), въглеродни нановлакна (CNF), моно- и многостенни въглеродни нанотръбички (SWCNT и CNT) и мезопорест въглерод (MC). Установено е, че върху въглеродните носители от различен вид се получават наночастици Pd (NPs) със средни размери, вариращи между 11,2 и 17,9 nm и хомогенно разпределение. Припокриващи се и агломериращи частици се откриват само в случая на SWCNT, докато за всички останали електроди отделните NP са добре изолирани. Окислението на глицерол е изследвано при петте вида Pd нанокатализатори и се получени данни за масовата активност при концентрациите на глицерол и KOH, използвани в горивни клетки. Данните за масовата активност корелират с електроактивната повърхностна площ (EASA) на металните частици за три от електродите (C110, MC и CNF), докато Pd NP, отложени върху CNT, показват много висока масова активност, която не се дължи само на увеличената EASA. В отделна серия от експерименти е изследвана приложимостта на модифицираните с паладий печатни електроди за електроаналитичното откриване на глицерол. Установен е стабилен електроаналитичен отговор за електроди от типа MC, CNT и CNF. Концентрационната зависимост на токовия пик на окисляване на глицерол се моделира чрез функция от типа на Langmuir, която позволява откриване на глицерол в диапазона на концентрация от 0,2 до 15 mmol/l. Лесното приготвяне на Pd нанокатализатори и използването на търговски достъпни печатни електроди за еднократна употреба представляват добра перспектива за практически приложения. Излседванията са оформени за печат и публикувани в Electrochimica Acta (Р. Иванов, А. Накова, В. Цакова)

Печатни въглеродни електроди от типа CNF и SWCNT са използвани за биметално (Pd-Cu) модифициране. Първоначално, чрез спонтанен безтоков процес в отсъствието на разтворен редуктор се отлагат наночастици (NPs) от Pd върху предварително редуцираните въглеродни електроди. Медта се отлага в следваща стъпка в галваностатични условия. И за двата вида електроди се получават Pd NPs с размери в около 10 nm като много по-плътна популация и по-голямо количество метална фаза се наблюдава в случая на SWCNT. Медното отлагане върху Pd-модифицираните електроди се различава значително в зависимост от типа на основния субстрат с три пъти по-голямо масово съотношение Pd/Cu на отложените метали за SWCNT в сравнение с CNF. Редукцията на нитрати е изследвана върху Cu- и Pd-Cu-модифицираните електроди в леко кисел сулфатен разтвор. Сравнението на моно- и би-метално модифицираните електроди показва значително усилване на свързаните с редукцията на нитратни йони токове при Pd-Cu-модифицираните въглеродни електроди. Между двата биметални модифицирани електрода, базираният на SWCNT

електрод има по-висока чувствителност и по-голям диапазон на концентрация на възпроизводим електроаналитичен сигнал. Нелинейната зависимост на концентрацията на пиковите токове на нитратната редукция е моделирана с помощта на уравнение от типа на Langmuir. Биметално модифицираният електрод, базиран на SWCNT, показва добра стабилност на металните фази при разширени серии от измервания на редукция на нитратни йони. Резултати са обобщени и подготвени за печат (Ч. Хюсеин, В. Цакова).

Б. Изследвания на електроди с проводящи полимерни покрития от полиетилендиокситиофен (PEDOT)

Извършени са серия от експерименти, включващи електроокисление на кафеена киселина в буферен електролит (pH 3.5) при използването на слоеве от PEDOT/SDS. Полимерните покрития са отложени върху печатни златни електроди. С помощта на циклична волтамперометрия е проследено спектроелектрохимичното поведение на слоевете в буферен електролит и в присъствие на 1 mM кафеена киселина. Установени са минимални разлики в спектралните характеристики на слоевете от PEDOS/SDS преди, по време и след измерването проведено в присъствие на кафеена киселина. Слоеве от PEDOT/SDS са излползвани и за проследяване на електроокислението на HCOONa в слабо алкална среда (pH 8.5). Изследвано е влиянието на натриевия формиат при изкисване за 48 h и при циклична волтамперометрия в електролит, съдържащ 0.5 M HCOONa. Не е установено измеримо повлияване на полимерните покрития след изкисване в разтвора на натриев формиат. Спектроелектрохимичните данни, получени при волтамерометрично окисление на формиатни йони показват, че е налице минимално повлиаване на спектралните характеристики на полимерните покрития от процесите на електроокисление на HCOONa.

Проведени са спектроелектрохимични измервания по време на потенциостатичния синтез на слоеве от PEDOT, дотирани с полистиренсулфонатни или додецилсулфатни йони, върху печатни златни електроди. Получените проби са предоставени на австрийска колеги с цел измерване на микротвърдостта на сухите полимерни покрития и получаване на информация за тези механични свойства чрез директен узмерителен метод. Изготвена е и серия от проби с различни дебелини на полимерните покрития от полианилин, дотиран с полиакриламидопропансулфорнова киселина, отложени върху подложки от платиниран силиций с работна геометрична площ от 1 см^2. Част от пробите са предоставени на сътрудници от Германия с цел изследване на възможностите за приложение на тези материали за мемристорни устройства. Друга част ще бъде използвана за определяне на дебелината на покртията с подходящи физически методи (В. Лютов, В. Цакова).

През годината бяха защитени успешно:

1. Дисертация на тема *Композитни материали на основата на паладий и поли(3,4 – етилендиокситиофен) за електроокисление на глицерол* на Анелия Накова с ръководител проф. Весела Цакова.

2. Бакалавърска дипломна работа на тема *Окисление на глицерол с паладиеви нанокатализатори, получени чрез спонтанно метално отлагане върху въглеродни ситопечатни електроди* на Радослав Иванов (студент в ХТМУ) с ръководители проф. Весела Цакова и проф Мартин Божинов (ХТМУ).

2.Публикации

- Vessela Tsakova
  Spontaneous Carbon Support-Induced Metal Deposition
  ACS Omega 7 (2022) 3158 (Q1)
- R. Ivanov , A. Nakova , V. Tsakova
  Glycerol oxidation at Pd nanocatalysts obtained through spontaneous metal deposition on carbon substrates
  Electrochimica Acta 427 (2022) 140871 (Q1)

3.Участия в конференции

- Vessela Tsakova, RadoslavIvanov, Caterina Czibula, Christian Teichert, Carbon Substrate-Assisted Spontaneous Metal Deposition -a New Prospect for Development of ElectrocatalyticMaterials, 31st Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry, 15 -19 May 2022 Aachen, Germany – устен доклад
- Vessela Tsakova, Radoslav Ivanov, Chiydem Hyusein, Metal-Modified Carbon Screen Printed Electrodes for Electroanalytical Purposes, ISE Regional Meeting Prague, Czech Republic, 15th – 20th August, 2022 – устен доклад
- R. Ivanov, V. Tsakova, C. Czibula, C. Teichert, M. Bojinov, Glycerol oxidation at Pd nanocatalysts obtained through spontaneous metal deposition on carbon screen-printed electrodes, INFRAMAT-2022,United Research Infrastructure in Support of Industry, Culture and Technology, Plovdiv, September, 12-14, 2022- устен доклад
- Chiydem Hyusein and Vessela Tsakova, Nitrate reduction at Pd-Cu modified screen printed electrodes, INFRAMAT-2022,United Research Infrastructure in Support of Industry, Culture and Technology, Plovdiv, September, 12-14, 2022- постер

4.Изпълнявани проекти

1. Център за върхови постижения «Мехатроника и чисти технологии» (ОП НОИР)
2. КП-06 Австрия 5 (ФНИ)
3. ИНФРАМАТ – договори D01 – 382/16.12.2020, D01-306/20.12.2021 и D01-172/28.07.2022 (МОН)

5.Работен колектив за 2022 г.

проф. дхн Весела Цакова - ръководител
химик Владимир Лютов
ас. д-р Анелия Накова
Чийдем Хюсеин – студент от ХТМУ

6.План за работата през 2023 г.

- Сравнителни изследвания на безтоково отлагане на сребро върху въглеродни печатни електроди с различна микро- и наноструктура; намиране на параметри на предварителното третиране не електродната подложка и на спонтанно отлагане, позволяващи да се контролира количеството на отложения етал (А. Накова, В. Цакова)

- Обобщаване на изследванията по електроотлагане на мед върху различни видове печатни въглеродни електроди (Ч. Хюсеин, В. Цакова)
- Обобщаване на изследванията в сферата на електрохимията на българските учени в периода на прехода между 20 и 21 век – по покана на гост-реадкторите на специалното издание „Electrochemistry in Eastern Europe" на Journal of Solid State Electrochemistry (В. Цакова)
- Спектроелектрохимични измервания на слоеве от свръхокислени проводящи полимери (В. Лютов);

Ръководител на задача: проф. дхн Весела Цакова

Задача: РАМКОВ ДОГОВОР ЗА НАУЧНО-ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКА ДЕЙНОСТ В ОБЛАСТТА НА ЕЛЕКТРОХИМИЧНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОВЪРХНОСТНА ОБРАБОТКА МЕЖДУ ИФХ, БАН И CEST, АВСТРИЯ, 01.01.2021-31.12.2022 г.

1. Описание на постигнатите резултати

- Продължиха изследванията върху електрохимичното отнасяне на масла. Изследвано беше изменението на повърхността на стоманени образци след катодна обработка в масла с различен състав.
- Обобщени са резултатите от изследователската дейност по възпроизводимост на електрохимичните измервания, стареене на маслата и изменения на повърхността на стоманените образци в резултат на електрохимичните измервания.
- Отчетени са четирите етапа на договора за годината.

2. Публикации

- Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen des Alterungszustands eines Schmierstoffs eines Lagers. Fafilek G., Boiadjieva Tz., Kronberger H., Monev M., Mirkova L., Bodesheim G. **Patent AT 521991 B1 2022-03-15**, 15.03.2022. AT 521991 B1 2022-03-15.
- Hydrogen Permeation through Steel during Cathodic Polarization of Lubricating Oils in a Modified Devanathan-Stachurski Cell. Tz. Boiadjieva-Scherzer, L. Mirkova, G. Fafilek, J. Reinbold, H. Kronberger, H. Stache, G. Bodesheim, M. Monev. **Scientific Reports, (2022) 12:18662**, https://doi.org/10.1038/s41598-022-21941-7. IF 4.996, Q1

3. Текущи извънбюджетни проекти по задачата

CEST Project 1.000.000 Electrochemistry in lubricants (ECIL).

4. Работен колектив за 2022 г.

д-р М. Монев, д-р Л. Миркова

5. План за работа през 2023 г.

Обработване и допълване на резултатите от изследванията върху електрохимичното отнасяне на масла през предходните години.

Ръководител на задачата: д-р М. Монев

ПО 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

Завършени са изследванията с метода на молекулна динамика върху транслокацията на моделни тримерни мембрани (везикули), които преминават през тесни кръгли отвори (пори) под влияние на разлика в налягането на средата от двете страни на отвора. Показано е, че по-големите по размер мембрани могат да преминават през относително по-малки по размер пори, което е свързано със възможността за по-голяма деформация на по-големите мембрани. Намерено е, че средното време за транслокация на мембрана зависи от разликата между размера на пората и размера на критичната пора за преминаване на дадената мембрана, като зависимостта е степенна с показател -2/3. Показано е, че има оптимален интервал от стойности на модула на огъване на мембраната, при който времето за преминаване е минимално. Публикувана е статия в списание EPL 138 (4), art. no. 42001, 2022.

Започнати са изследвания по метода стохастична динамика на удари на много частици, която съчетана с метода на класическата молекулна динамика възпроизвежда хидродинамичните ефекти при течене на флуид. Изследванията са насочени към транслокацията на моделни мембрани (везикули) преминаващи през тесни процепи под действието на носещ флуид. Изследва се зависимостта на времето на преминаване от ширината на процепа, налягането и вискозитета на флуида.

В работата, публикувана в Soft Matter, 18, 3781(2022), е изследвано влиянието на повърхности върху бинарни полимерни смеси (А и В) от различаващи се по твърдост полимерни макромолекули, както и ролята на интер-дифузия в подобни смеси в присъствие на добър разтворител. С помощта на Молекулна Динамика е показано, че докато сместа представлява изотропна фаза при достатъчно ниска концентрация, в близост до стените на съда от порядъка на дължината на макромолекулите се наблюдава анизотропно подреждане на полимерните верижки. При повишена концентрация, когато в система без стени вече се установява нематичен порядък, на повърхността се формира дебел нематично ориентиран слой от по-твърдия полимерен компонент, който за сметка на това обеднява в центъра на контейнера. Понататъшно увеличение на концентрацията на полимерната смес води до хомогенна нематично ориентирана смес от двата полимера, приповърхностното обогатяване от по-твърдите В-полимери намалява и се запазва само в слой с дебелина няколко молекулни диаметъра до стената. В тази подредена фаза дифузията и интер-дифузията са силно редуцирани по сравнение с разредени разтвори.

В работата, публикувана в EPL, 137, 43002(2022), с помощта на компютърен експеримент по метода Молекулна Динамика е демонстрирана възможността за осъществяването на целенасочено движение на капки върху наноструктирирани вълнообразни повърхности (т.н. „руготаксис“) без необходимостта от използвани на външни енергийни източници. Изследвана е основно ролята на различните параметри (дълбочина, период и градиент на дъжината на вълната на вълнообразната структура представляваща подложката, степен на омокряне/адхезия и големина на капките). Установено е, че относително плитки вълни и слаб градиент на дължината на вълната повишават ефективността на руготаксиса при увеличване размера на капките, ако се избегне т.н. „закарфичване“ (pinning) при прехода им от състояние на Cassie-Baxter към това на Wenzel. Показано е, че движещата сила на явлението е увеличението на адхезионната енергия на омокряне при постепенно сгъстяване на вълновия профил на повърхността, осигуряващо целенасочено движение на капката към по-гъсто набраздената подложка.

2.Публикации (пълно библиографско описание)

- Ranguelov B., Milchev A.,
  Translocation kinetics of vesicles through narrow pores,
  European Physics Letters, 138 (4) (2022) art. no. 42001.
- Milchev, A., Binder, K.
  Surface enrichment and interdiffusion in blends of semiflexible polymers of different stiffness,
  Soft Matter, 18 (19) (2022)3781-3792.
- Theodorakis, P.E., Egorov, S.A., Milchev, A.
  Rugotaxis: Droplet motion without external energy supply, (2022)
  European Physics Letters, 137 (4) (2022) art. no. 43002.

3. Работен колектив за 2022 г.

проф. дфн Андрей Милчев
проф. д-р Богдан Рангелов

4. План за работа през 2023 г.

Предвижда се да се изследва полето на скоростите на частиците от носещия флуид - стохастична динамика на удари на много частици. Да се визуализират т.нар. токови линии на флуида с отчитане на плътността на токовите линии и на скоростта на течене. Да се изследва зависимостта на времето за трансколация на моделна везикула през тесен процеп в зависимост от вискозитета на носещия флиуд и вида на пълнежа във вътрешността на везикулата – полимерни верижки с различна дължина и твърдост.

Предвижда се провеждането на цялостно изследване на структурата и свойствата на полимерни „четки“ от линейни макромолекули, привързани с единия си край към вътрешната повърхност на сферични капсули при различни степени на твърдост на верижките, относителна дължина спрямо радиуса на капсулата и гъстота на «засаждане». Целта е разкриване на нови перспективи пред т.н. нано-контейнери за целеви транспорт на медикаменти към дадени органи в човешкото тяло.

- Друга задача предвижда завършване на изследвания на целенасочено движение на капки върху „градиентни повърхности“ („дуротаксис“), т.е., движение към по-твърди области на повърхността, осъществяващо се без помощта на външни енергетични източници, когато капката се намира на повърхността на полиимерна четка с постепенно увеличаваща се степен (градиент) на твърдост. Смята се, че подобни явления са особено обещаващи в областта на новите технологии и медицината.

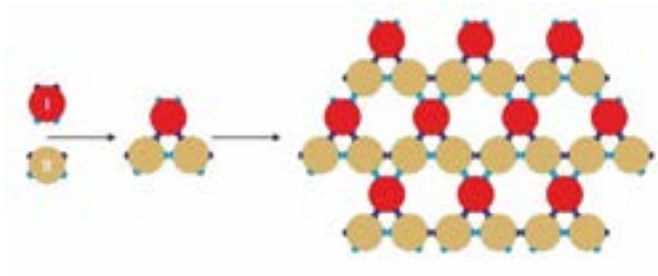
Ръководители на задача:

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

Завършени са изследванията по моделиране на процеса на образуване на ко-кристали от функционализирани частици със силно анизотропни пространствени взаимодействия (т.нар. patchy-частици) – Монте Карло симулации в 2D. Използвани са два вида частици, с различно пространствено разположение на взаимодействащите „пачове“. Всеки един от тези два вида частици може да изгражда собствена ромбоедрична кристална фаза, която обаче е метастабилна. Освен това, при смесване на системата от двата типа частици, заедно с метастабилните ромбоедрични фази се образуват смесени тримери, които впоследствие изграждат стабилна смесена фаза на ко-кристал със структура на три-хексагонална (Кагоме) кристална решетка. Работата е публикувана в списание Crystals със съавтори Богдан Рангелов и Христо Нанев.



Изследвано е поведението на вициналии повърхности в условия на растеж под действие на електромиграционна сила, предизвикваща анизотропна дифузия на адатомите в една от двете посоки – надолу или нагоре по стъпаловидната повърхност. С помощта на числени симулации на атомистичен (1+1)D вициален модел, базиран на клетъчни автомати, са изследвани обстойно нестабилностите, които развиват вициналните повърхности при различни режими на растеж, отчитайки ефекта на отблъскване между стъпалата, с цел намиране на условия, благоприятстващи процеса на групиране на стъпала. Установено е, че растежът на вициални повърхности в условия на дифузионно- и кинетично-контролиран режим на присъединяване на адатоми към стъпалата, съчетан или не с отблъскващо взаимодействие между тях, води до получаването на разнообразни моделни структури с различен профил и ориентация,

които се оказват подходящи шаблони в съвременните нанотехнологии за отлагане на тънки слоеве с цел израстване на многослойни наноструктури. Наблюдаваните различни типове нестабилност на повърхността и съответните шаблонни структури, формирани при различни условия, могат да бъдат систематизирани според профила на бънчовете и терасите между тях. Показано е, че морфологии, състоящи се от (01)-фасетирани бънчове (съдържащи предимно макростъпала) с почти вертикален наклон близък до 90º и атомно гладки тераси между тях, могат да бъдат получени и при двата режима (дифузионен или кинетичен) на растеж на вицинална повърхност с невзаимодействащи си стъпала, дестабилизирана от дифузия на адатомите и в двете посоки – надолу или нагоре по стъпалата. При включване на отблъскване между стъпалата се наблюдава морфология, състояща се от (11)-фасетирани бънчове (несъдържащи макростъпала) с приблизителен наклон от 45º и атомно гладки тераси, която обаче може да бъде получена само в условия на дифузионно-контролиран растеж, дестабилизиран от дифузия на адатомите надолу по стъпалата, докато при дифузия в посока нагоре по стъпалата процес на групиране не се наблюдава. При преминаване към кинетично-контролиран режим на растеж на вицинална повърхност с отблъскващи се стъпала, дестабилизирана от дифузия на адатомите надолу или нагоре по стъпалата, отново се образуват (11)-фасетирани бънчове с наклон от 45º, но получените морфологии се отличават с голяма грапавост на терасите, дължаща се на появата върху тях на множество стъпала (единични или малки групи от стъпала), които бънчовете си обменят непрекъснато по време на растежа. Поради наличието на твърде много на брой бънчове с много малък размер се оказа, че процесът на групиране на отблъскващи се стъпала в кинетично-ограничен режим на растеж не може да бъде идентифициран от скейлинговата зависимост на стандартно-измервания с времето среден размер на бънчовете и следователно не може да бъде направена количествена оценка на величините, описващи структурите с грапави тераси. Това наложи да разширим схемата за мониторинг на количествените показатели на наблюдаваните структури, като включихме измерване на вероятностното разпределение на размера на бънчовете по време на растежа, за да можем да отсеем правилно резултатите и да проследим еволюцията на бънчовете. Освен стандартно-мерения с времето среден размер на бънчовете, получен от усредняване на размерите на всички бънчове в системата, в допълнение е измерван и размера, усреднен поотделно за малките и големите бънчове, условно разделени в две групи, като е проследена и промяната на техния брой с времето, което дава ценна статистическа информация за профила на изследваната повърхност и нейния динамичен скейлинг. С така модифицираната схема за мониторинг е проведен обстоен скейлингов анализ на величините, характеризиращи повърхностните морфологии – височина и ширина на бънчовете, размер на макростъпалата, ширина на терасите и др. Определени са условията и оптималните стойности на параметрите на модела, при които повърхността може да развие различни типове нестабилност и да се формират различни повърхностни шаблони, подходящи за синтеза на наноструктури. Резултатите са обобщени и оформени в ръкопис, който предстои да бъде подготвен и изпратен за публикуване. (Христина Попова съвместно с колеги от Института по физика на ПАН и от Физически факултет на СУ.)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

- Ranguelov B., Nanev C.,
  2D Monte Carlo Simulation of Cocrystal Formation Using Patchy Particles,
  Crystals, 12 (10) (2022), art. no. 1457., DOI: 10.3390/cryst12101457.

3.Работен колектив за 2022.

проф. д-р Богдан Рангелов
гл. ас. д-р Христина Попова

4.План за работата през 2023 г.

Разширяване на изследванията по кристализация на т.нар. пачи частици с включване на хирални (огледални) типове частици. Преминаване към 3D симулации (*Б. Рангелов*).

Ще бъде подготвен и изпратен за публикуване ръкопис, включващ резултати от изследване на нестабилности върху вициналии повърхности в условия на дифузионно- и кинетично-контролиран режим на растеж, отчитайки ефекта на отблъскване между стъпалата. Ще бъде продължено изследването на процесите на растеж и изпарение на вициналии повърхности, дестабилизирани от анизотропна дифузия на адатомите или от наличието на Ерлих-Швьобелов бариер с цел намиране на условия, които благоприятстват процеса на групиране на стъпала и водят до формиране на специфични моделни структури (Хр. Попова).

Ръководители на задача:

гл. ас. д-р Христина Попова проф. д-р Богдан Рангелов

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

1.Описание на постигнатите резултати

Изследвана е кристализацията на белтъка лизозим по метода „обърната парна дифузия“, при който преситеният белтъчен разтвор постепенно се разрежда и пресищането в системата пада. Разреждането се осъществява вследствие на разлика в парните налягания на белтъчния разтвор и водна фаза, разположена в съседство. Двете фази (водна и белтъчна) са разположени в затворена система с малък обем (около 2 кубични сантиметра). Експериментите са проведени при постоянна температура 33°C. При тази температура се достига сравнително бързо (за няколко часа) равновесието

течност/газова фаза в затворената система. В рамките на експеримента водната фаза се изпарява и изцяло кондензира в белтъчната фаза, като фиксира крайния химичен състав на кристализационния белтъчен разтвор. Установено е, че използваният метод успешно може да служи за получаване на кристални популации с тясно разпределение по размер, което има важно значение при създаването на различни лекарствени продукти във фармацевтичната индустрия. Изложена е хипотеза, че получаването на популации от близки по размер кристали зависи от (i) времето, през което кристализационният разтвор пребивава в зоната за зародишообразуване от кристализационната фазова диаграма на белтъка; (ii) скоростта, с която кристализационният разтвор напуска зоната на зародишообразуване при разреждане; (iii) участъка от метастабилната зона от кристализационната фазова диаграма на белтъка, в която кристализационният разтвор навлиза при преустановяване на разреждането. Използваният подход позволява „гъвкавост“ и лесна промяна на всички експериментални параметри Работата е оформена в научна статия, която е изпратена за оценка в специализирано списание. (И. Димитров)

Постигнати са най-добри условия за образуване и нарастване на единични и добре остенени кристали от лизозим. При начална концентрация на изследвания белтък от 0,5 до 4,0 mg/mL в кристализационните системи при стайна температура не се образуват кристали. Образуването на единични кристали става в концентрационния интервал от 4,0 до 8,0 mg/mL. С нарастване на пресищането броят на кристалите нараства драстично (8,0-20,0 mg/mL). Проведени са и кристализационни експеримен при много високи пресищания (20,0-42,0 mg/mL), където броят на зародените кристали става много труден за количествена оценка и във всички проби е наблюдавано образуването на сферулити. Проведената кристализация на лизозим в широк концентрационен интервал допринесе за експерименталното моделиране на растежа на единични кристали в капилярна система с фиксиран размер. Проведени са тестове при умерени пресищания (4,0-8,0 mg/mL) за образуване и нарастване на единичен кристал в стъклена капиляра чрез прилагане на охлаждане и опресняване на разтвора. Изследването ще продължи и през 2023 г. (Ф. Ходжаоглу)

Изследвано е образуването на карбонатни частици в две минерални води, близки по химичен състав, но различаващи се по фазов състав на сухия остатък. Двете води показват помътняване при нагряване, но при достигане на различна температура. Около тези критични температури подробно е изследвано образуването на кристалити чрез микрофилтруване. Частиците върху мембраната на филтъра са заснети при различни оптични увеличения и по снимковия материал е определено разпределение по размер. Получените хистограми описват промяната на размера на частиците преди и след визуалната поява на помътняване в изследваните системи. Наблюдавани са различни морфологии на частиците, които са типични за двете най-срещани полиморфни форми на калциевия карбонат, съответно калцит и арагонит. Сухо вещество от изследваните води и проби от битов котлен камък бяха допълнително охарактеризирани чрез прахова дифракция (XRD) за определяне на фазовия състав и рентгенофлуоресцентен анализ (XRF) за определяне на елементния състав на пробите. Новополучените резултати, както и предишни резултати, бяха систематизирани и представени на „Странски-Каишев“ колоквиум в ИФХ-БАН на 29 ноември 2022 г. (Ф. Ходжаоглу, И. Димитров)

2.Публикации

няма

3. Работен колектив за 2022 г.

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

4. План за работата през 2023 г.

- Ще бъде продължена задачата, касаеща разработването на експериментална система за изследване на белтъчна кристализация в условия на „обърната“ дифузия на водни пàри в система с неравновесни течни фази с различно парно налягане. (И. Димитров)
- Ще бъде продължена задачата по нарастване на единични лизозимни кристали в капилярни системи. (Ф. Ходжаоглу)
- Тематично групиране на резултатите по образуване на карбонатни частици и публикуване. (Ф. Ходжаоглу, И. Димитров)
- Ще бъдат проучени възможностите за успешно агрегиране на бета-амилоиден белтък 1-40 (температура, pH, химически добавки). Ще бъде направен опит и за предпазване на пептида от агрегиране чрез използване на химическото вещество хомотаурин (трамипрозат). (И. Димитров, Ф. Ходжаоглу)

Ръководители на задача:

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

Задача: 2.3. ФАЗООБРАЗУВАНЕ В СТЪКЛООБРАЗУВАЩИ СИСТЕМИ И СИНТЕЗНИ СТЪКЛОКЕРАМИКИ 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

Основната работа по тази задача бе свързана с успешното приключване на договор ДН 19/7 “Theory and Application of Sinter-Crystallization”. Бяха завършени основната част от предвидените изследвания, в резултат на което работата по проекта бе оценена като много добра и отчета (научен и финансов) бе приет без забележки от ФНИ.

Бяха подготвени и изнесени доклади на 2 международни конференции(SUM-2022 - 6th Symposium on ircular economy and urban mining / Capri, Italy / 18-20 May 2022 и CORFU 2022 - 9th International conference on sustainable solid waste management, 15-18, June, 2022), като част от резултатите бяха публикувани в техните сборници (Караманов, Йорданов, Караманова).

Забавянето на ремонта на приставката „hot stage XRD“ не дава възможност да се приключат и се подготвят за публикуване ключовите изследванията за влиянето на

промяната на гранулометричен и химичен състав (което контролира кристализационната активност) на изходното стъкло върху способността за спичане и промяната на структурата в изследваните диопсидни състави.

Завършени са и допълнителните изследвания за уточняване на „работните“ температури при микровълнов синтез на диопсидни синтеровани стъкло керамики в Университета в Модена. В резултат е завършена научна публикация (A. Karamanov, E. Colombini, D. Ferrante, E. Karamanova, S. Atanasova. I, Georgiev, P. Veronesi, C. Leonelli, Benefits of microwave assisted heat-treatment on sintered diopside glass-ceramic). След съвместно редактиране с италианските колеги предстои нейното изпращане в реномирано научно списание.

Приключиха планираните изследвания (дилатометрия, пикнометрия и томография) за промяната на крайната степен на денсификация при вариране на пресовото налягане с едно от моделните диопсидни стъкла (Караманов, Йорданов, Йорданова, Тачев). Потвърдено е, че времето на спичане зависи основно от кристализационния процес и скоростта на формиране на кристална фаза, които не зависи от изходната порьозност и достигната степен на синтероване преди началото на фазообразуване. В резултат, с промяна на пресовото налягане е възможно получаване на материали с различна структура и порьозност.

Бе завършена научна статия “Sinter-crystallization kinetics and foaming of glass from metallurgical slag in air and inert atmosphere” с автори Н.Б. Йорднаов, А. Караманов, Р. Кукева и Р. Стоянова (ИФХ и ИОНХ). Статията представлява изследване върху кинетиката на синтероване във въздух и инертна среда, посредством хот-стейдж микроскопия и ЕПР спектроскопия. Статията е завършена и предстои изпращането и в списание „Thermochemical Acta“.

През отчетния период беше изследвано влиянието на промяната на плътността на растяща фаза спрямо плътността на матерната фаза върху сумарната скорост на кристализация. В резултат беше направено теоретично изследване, следвайки формализма на Колмогоров, на зависимостта на сумарната обемна трансформация от времето и отношението на плътностите на растящата и матерната фаза в случаите както на кристализационно свиване, така и на разширение. Беше установено, че при идентични механизъм и честота на присъединяване вещество с по-голяма плътност на новата фаза спрямо матерната фаза ще има по-малка обемна степен на трансформация спрямо вещество с по-малко такова отношение в един и същи момент от реакцията. Беше направено теоретично разглеждане на масовата степен на трансформация в случай на промяна в плътностите и относителната разлика между обемната и масовата степен на кристализация като функция на времето и отношенията в плътностите на растящата и матерната фаза. В момента статията по тези изследвания се подготвя за изпращане. (Аврамова, Караманов).

В сътрудничество с колеги от Белград бяха завършени и публикувани изследвания по спичането, кристализацията и структурата на биоактивни полифосфатни стъкла (Караманов).

Продължиха изследванията с нови пигменти. В частност се работи по изследване на промяната на „разливността“ (която е свързана основно с привидния вискозитет) на изходна заводска глазура с добавка на пигменти с различна температура на топене (Караманов, Йорданов, Йорданова, Джобов).

Във връзка с МЕЖДУНАРОДНА ГОДИНА НА СТЪКЛОТО НА ООН (IYOG2022) в БАН – Голям салон, на13-14 Октомври 2022 г. успешно бе организирана работна среща, на която доклади изнесоха производители на стъкло и керамика в България и научни групи работещи с тези материали (Караманов, Караманова, Йорданова).

Бе продължена консултанската и сервизна дейност с партньори от Българската индустрия (Караманов, Караманова, Йорданов)

2. Публикации

- Jordanov N.B., Karamanov A.
  Synthesis and kinetics of sintering of glass-ceramics in air and argon obtained from industrial waste.
  SUM 2022, EUROWASTE Srl, 2022, ISBN: 9788862650274, 1-6
- Jordanov N.B., Karamanov A.
  Synthesis of sintered glass-ceramics in air and argon obtained from industrial waste revealed by hot stage microscopy (HSM).
  9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 15-18 JUNE 2022, Corfu, Greece, 2022
- Karamanov, A., Georgiev, I.
  Pelationship among structure, properties and appearance of sintered glass-ceramics and composites from hazardous industrial wastes.
  SGEM 2021, 2022, ISSN:1314-2704, SJR- 0.2
- Karamanova E., Markovska I., Karamanov A.
  Ceramic Materials and Ceramics Pigments based on high amounts of Industrial and Agricultural wastes. 9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 15-18 JUNE 2022, Corfu, Greece, 2022
- Topalović, V, Nikolić, J., 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, Springer, 2022, doi.org/10.1007/s10973-022-11777-8, Q2

3.Работен колектив за 2022 г.

Проф. д-р Александър Караманов
Д-р Кати Аврамова
Емилия Караманова
Гл. ас. д-р Николай Йорданов
Марчела Йорданова
(доц. д-р Георги Адеев, проф. д-р Драгомир Тачев, гл. ас. д-р Стела Атанасова)

4.План за работата през 2023 г.

Имайки в предвид натовареността, която се очаква през 2023 г. по паралелната задача 2.3.2, не се предвижда започването на нов тип научни изследвания по задача 2.3.1.

В резултат на многото получени през последните години непубликувани експериментални резултати, през 2023 и 2024 се предвижда основно да се работи по оформянето на научни публикации, обясняващи различните процеси и взаимовръзките между тях при синтер-кристализация.

Би трябвало да се завършат и публикациите свързани с промяна на Аврами параметъра при изследване на различни фракции моделно диопсидно стъкло с ДТА.

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

През годината детайлно бяха обяснени принципните различия в механизмите на спичане при традиционните керамични материали от системата каолин-фелдшпат-кварц и при съставите базирани на висок процент от индустриални отпадъци. Бе доказано създаването на допълнителна порьозност и промяната на структурата при охлаждане в резултат на допълнителен кристализационен процес (Караманов, Караманова, Авдеев, Пироева). Бе оформена 2-та част на публикация по механизма на спичане и структурата на тези нови керамики (която е пред изпращане в списание с много висок рейтинг). Междувременно резултатите бяха докладвани на научни конференции и част от тях бяха публикувани в техните материали.

Започната е работа по обзор на основните неорганични индустриални отпадъци в България и възможностите за тяхното използване (Джобов, Караманов).

В рамките на проект BG05M2OP001-1.002-0019 бе създадена група по геоплмери, включваща колеги от различни институции (Николов, Ташева, Йорданов). След получаване и охарактеризиран метакаолин от индустриална глина бяха приключени и първите синези с него. Пробите бяха охарактеризирани (SEM, XRD и др.).

Бяха завършени и публикувани резултати за синтез на геополимери на база отпадък от Аурубус, включващи и тяхната термична стабилност. (Николов, Караманов) Бяха продължени охарактеризиранията и изследванията на различни неорганични отпадни продукти (XRF, LZ, DTA, XRD). (Тачев, Авдеев, Рашков и др.). Особено внимание бе отделено на проби от глини от различни участъци на Мини „Марица – Изток“ и на фините пепели от ТЕЦ.

Както и през предходните години, основната част от работата бе свързана с проект BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“.

2. Публикации

- Jordanov, N., Karamanov, A.
  Sintered glass-ceramics, self-glazed materials and foams from metallurgical slag.
  SGEM 2021, 2022, ISSN:1314-2704, SJR- 0.2 ,

- Karamanov A., Paunović P., Karamanova E., Ranguelov B., Avdeev G., Grozdanov A., Karashanova D..
  New glass-ceramic by fe-ni wastes with improved structure and properties.
  9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 15-18 JUNE 2022, Corfu, Greece, 2022
- Karamanov A., Paunović P., Kamusheva A,, Ljatifi l., E. Karamanova, B. Ranguelov, Avdeev G., Grozdanov A., Karashanova D.
  Nano glass-ceramic by fe-ni waste.
  SUM 2022, EUROWASTE Srl, 2022, ISBN: 9788862650274, 1-6
- Karamanova E., Avdeev G., Atanasova S., Piroeva I., Karamanov A.. STRUCTURE AND Phase composition of ceramics from municipal incinerator bottom ashes.
  SUM 2022, EUROWASTE Srl, 2022, ISBN: 9788862650274, 1-6
- Karamanova, E., Karamanov, A.
  Ceramic materials based on high amounts of industrial wastes.
  SGEM 2021, 2022, ISSN:1314-2704, SJR- 0.2
- Nikolov A., Karamanov A.
  Thermal properties of geopolymer based on fayalite waste from copper production and metakaolin
  Materials, 15(7) (2022), p.2666. 15, 7, 2022. IF-3.748, Q2

3. Работен колектив за 2022 г.

Проф. д-р Александър Караманов
Емилия Караманова
Гл. ас. д-р Николай Йорданов
Д-р Илиян Джобов
Марчела Йорданова
(доц. д-р Георги Адеев, доц. д-р Рашко Рашков, проф. д-р Драгомир Тачев, всички други участници по проект BG05M2OP001-1.002-0019)

4. План за работата през 2023 г.

Продължаване на работата по проект BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда –води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“, която основно ще е свързана с изграждане на пилотни съоръжения, модернизация и пускане в действие на нова апаратура.

Продължаване на охарактеризирания и изследванията на различни неорганични отпадни продукти (XRF, LZ, DTA, XRD).

Начало на работа по проект КП-06-ПН67/36, която през 2023 г. ще е основно свързана с охарактеризиране на мергелни глини и Mg-съдържащи отпадни и природни суровини.

Изследване на ефекта на добавяне на стъклени трошки и стъклени влака в керамики с висока степен на изпичане и в геополимери.

Синтез на нови стъклокерамики, керамики и геоплоимери от български отпадни суровини, които да са основа на бъдещи пилотни експерименти.

Работа по оптимизиране на геополимери и по специално изследване на промяната на структурата на образците с времето на (2, 7, 28 ден и т.н.) основно с IR и XRD.

Подобряване на работата с XRF (по специално за определяне на концентрация на тежки метали в разтвори).

Организиране на 3nd VITROGEOWASTES Conference в България.

Ръководител на задача: проф. 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 комбинирано изследване на зависимостта на структурната температура от скоростта на охлаждане със стандартна диференциална сканираща калориметрия (ДСК), както и на температурата на застъкляване (определена от имагинерната част) от честотата на модулация с ТМДСК на няколко проби от ниско топими бор съдържащи стъкла. Комбинацията от данни за скоростта на охлаждане заедно с резултатите от честотата на модулация дава уникалната възможност за разширяване на честотния обхват на изследване с наколко порядъка. Двата набора от данни много добре са напаснати и фитнати заедно с уравнение $\log\omega = A - (B/T - T_0)$. По този начин се доказва зависимостта на активиращата енергия за структурната релаксация от темепературата, докато поотделното използване на двата метода в тесен интервал от честоти (скорости на охлаждане) дава прави линии, от което следва заблуждението, че активиращата енергия е константа и не зависи от температурата.

Разработената процедура за извличане на рений от цементационен меден концентрат с вода след предварителната му термична обработка е приложена към проби от по 20, 100 и 200 г концентрат. При спазване на оптимизираните за работа с 1 г концентрат параметри се достига до 95,7% извличане на рения във водните екстракти.
С цел оптимизиране на гореспоменатата процедура е проведена серия от експерименти, при които проби от цементационния концентрат се накисват директно във вода без предварително нагряване, след което се подлагат на ултразвукова обработка при различни температури. Установено е, че при обработка на проби от 1 г концентрат в 5 мл вода в температурния интервал T= 20-50°C в течение на 30 мин. се извличат 87% от съдържащия се в концентрата рений. При работа в температурния интервал T= 50-80°C за същото време във водните извлеци преминава 90% от рения. Резултатите от експериментите показват, че ултразвукова обработка на концентрата може да бъде добра алтернатива на неговата предварителна термична обработка, която е енергоемка и отнема много повече време.

2. Участие в семинари с международно участие

- Tsvetan Vassilev and Christina Tzvetkova,
  Application of TMDSC as a technique for studing the compositional dependence of glass transitions: multicomponent Pb rich glass enamels,

АСМ 2 „Инструментални техники за химически анализ“, 2 юни 2022 г., Пловдив- постерен доклад.
Постерът е отличен с грамота и трета награда за отлично представяне в постерна сесия.

3. Публикации

Tatchev D, Tsenova-Ilieva I, Vassilev T, Karova E.
The effect of experimental conditions in root dentin microcracks detection by micro-computed tomography.
Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 128 (2022) 105108

4. Работен колектив за 2022 г.

гл.ас. д-р Цветан Василев

5. План за работата през 2023 г.

- Предстои анализ, обобщение и публикуване на резултатите. Ще бъдат продължени изследванията на ниско топими бор съдържащи стъкла. На база на получените параметри за структурна релаксация и техния съвместен анализ, ще продължи да се търси изясняване на влиянието на различните катиони върху боратната мрежа и структура на стъклата.
- Предстои анализ, обобщение и публикуване на резултатите от експериментите за извличане на рений от меден концентрат. Ще продължат изследванията с фитоконцентрати на рения.

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

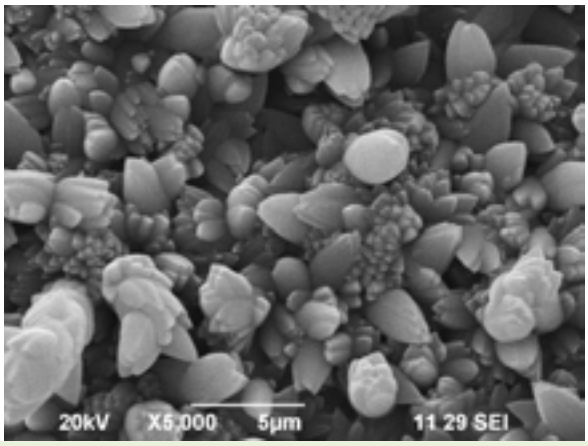
Лаборатория „Електронна микроскопия и микроанализ“

1. Сервизна дейност

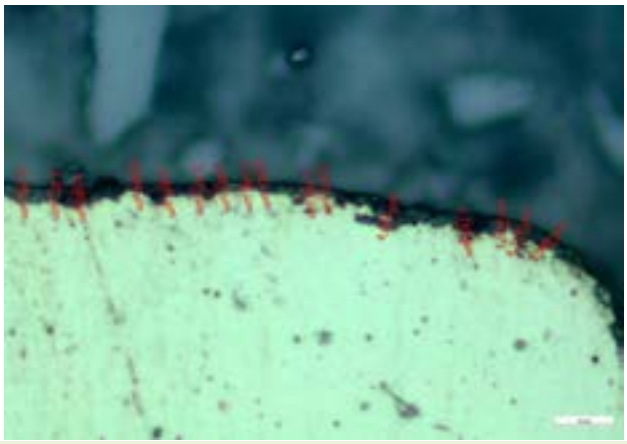
След като през 2021 година беше сменен дефектирал захранващ високоволтов кабел към електронен микроскоп JEOL JSM 6390 (с финансовата помощ и подкрепа на проект ИНФРАМАТ, договор D01 – 284/17.12.2019 с МОН), през настоящата 2022 година микроскоп JEOL JSM 6390 функционира нормално. Това е основният микроскоп, с който се обслужват повечето от научните задачи на ИФХ - текущи и такива по проекти с ФНИ и ОП НОИР (около 200 часа за годината), както и работа с външни клиенти (около 300 часа за годината). През 2022 основни клиенти на лабораторията извън системата на БАН са били: Пловдивски университет, Минно геоложки университет; Софийски университет, Химикотехнологичен и металургичен университет. От страна на фирмите услуги от лабораторията са използвани от: 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.

В допълнение към електронен микроскоп JEOL JSM 6390 работят и два оптични микроскопа (Axioscope5 и Stemi305), които се използват непрекъснато, особено в случаите на необходим контрол върху качеството на пробоподготовка на различни образци.



Състояние на електронен микроскоп JEOL JSM 6390



Състояние на оптичен микроскоп Axioscope5

През 2023 се очаква доставка и инсталация на нов EDS детектор към електронен микроскоп JEOL JSM 6390. Този нов детектор е с по-голяма площ, съответно по-голяма скорост на набиране и обработка на данни, а също така работи и без необходимост от охлаждане с течен азот. Детекторът е закупен с финансовата помощ на Проект по ОП НОИР - BG05M2OP001-1.002-0019-C01 - ЦК "Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“.

През 2023 се очаква и доставка на консумативи за работата на лабораторията, които ще бъдат закупени с финансовата помощ на Проект по ОП НОИР - BG05M2OP001-1.001-0008 – ЦВП „Национален център по мехатроника и чисти технологии“.

2. Публикации

- Dimowa, L., Lihareva, N., Tzvetanova, Y., Petrov, O., Todorova, T., **Piroeva, I..** Kinetics and Rietveld XRD structural study of Cs+ sorption on natural and synthetic mordenites in the first 12 h. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2022, ISSN:1588-2780, DOI:https://doi.org/10.1007/s10967-022-08648-9, JCR-IF (Web of Science):1.754 Q2
- Louiza Dimowa , Nadia Petrova, Yana Tzvetanova, Ognyan Petrov, Iskra Piroeva, Structural features and thermal behavior of ion-exchanged clinoptilolite from Beli plast deposit (Bulgaria), Minerals, 12 (2022) 1576 , Q2
- Gancheva M., Rojac T., Iordanova R., Piroeva I., Ivanov P. Structural and optical properties of MgMoO4 prepared by mechanochemical technique.. Ceramics International, 48, 12, 2022, ISSN:0272-8842, 17149-17156. SJR (Scopus):0.89, JCR-IF (Web of Science):5.16 Q1

- Katia Vutova, Vladislava Stefanova, Vania Vassileva, **Stela Atanasova-Vladimirova**. Recycling of Technogenic CoCrMo Alloy by Electron Beam Melting. Materials, 15, MDPI, 2022, SJR (Scopus):0.6, JCR-IF (Web of Science):3.74 Q2 (Scopus)
- Nikolova, R.P., Petrova, N.L., Delcheva, Z.G., Tsvetanova, L.V., Stanimirova, T., **Piroeva, I..** Serpierite polytypoids from Zvezdel, Bulgaria, and Lavrion, Greece. Mineralogy and Petrology, 2022, DOI:https://doi.org/10.1007/s00710-022-00797-9, JCR-IF (Web of Science):2.172 Q2
- Katia Vutova, Vladislava Stefanova, Vania Vassileva, **Stela Atanasova-Vladimirova**. Recycling of Technogenic CoCrMo Alloy by Electron Beam Melting.
  Materials, 15, MDPI, 2022, SJR (Scopus):0.6, JCR-IF (Web of Science):3.74 Q2
- **Iskra Piroeva**, **Stela Atanasova - Vladimirova**, **Feyzim Hodzhaoglu**, Radi Ganev. Investigation on the distribution of components in recycle double based propellants. 2022, ISBN:978-86-81123-85-0, 186-188
- Karamanov A., Paunović P., Karamanova E., **Ranguelov B**., Avdeev G., Grozdanov A., Karashanova D.. New glass-ceramic by Fe-Ni wastes with improved structure and properties. 9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 15-18 JUNE 2022, Corfu, Greece,
- Karamanov A., Paunović P., Kamusheva A,, Ljatifi l., E. Karamanova, **B. Ranguelov**, Avdeev G., Grozdanov A., Karashanova D.. Nano glass-ceramic by Fe-Ni waste. SUM 2022, EUROWASTE Srl, 2022, ISSN:ISBN: 9788862650274, 1-6
- Karamanova E., Avdeev G., **Atanasova S., Piroeva I**., Karamanov A.. Structure and phase composition of ceramics from municipal incinerator bot- tom ashes. SUM 2022, EUROWASTE Srl, 2022, ISSN:ISBN: 9788862650274, 1-6

3. Изпълнявани проекти

1. BG05M2OP001-1.001-0008 - ЦВП Национален център мехатроника и чисти технологии.
2. ИНФРАМАТ, финансиран от МОН
3. КП-06-КОСТ/11 с ФНИ (приключил през 2022).
4. КП-06-ДК1/3, финансиран от ФНИ, „Биополимер-съдържащи функционални платформи за in vitro насочен пренос и комбинирано освобождаване на терапевтични компоненти при лечение на коронавирусна инфекция широко приложение,
5. ДН 19/7, финансиран от МОН, "Теория и приложение на синтер-кристализация", (приключил 2022)

4. Участия в конференции 2022 г.

1. Б. Рангелов, А. Милчев, *Translocation dynamics of vesicles through narrow pores*,.Седма европейска конференция по кристален растеж ECCG7, Париж - постерен доклад
2. Karina Marinova, Petar Petrov, Lyudmila Velkova, Aleksandar Dolashki, Valentina Lyubomirova, Stela Atanasova, Bogdan Rangelov, Pavlina Dolashka, *Green synthesis of metal nanoparticles from plant extracts with antibacterial effect,* Mediterranean International Conference on Research in Applied Sciences, Анталия (Турция).

3. Karina Marinova, Petar Petrov, Lyudmila Velkova, Aleksandar Dolashki, Stela Atanasova, Bogdan Rangelov, Pavlina Dolashka, *Metal nanoparticles from medicinal plants with antibacterial effect*, 8th International Black sea coastline countries scientific research conference, София
4. Anika Alexandrova, Iskra Piroeva, Stela Atanasova-Vladimirova, *Investigation of morphological properties of erythrocytes in experimental models of blood clots in patients with type 2 diabetes mellitus, using scanning electron microscope,* 8th International Black sea coastline countries scientific research conference, София
5. S. Atanasova-Vladimirova, E. Velcheva, S. Tapanov, B. Stamboliyska, D. Yancheva, M. Guncheva, S. Stoyanov, I. Piroeva, B. Ranguelov, *Scanning electron microscope analysis of natural painting in the Church–ossuary of the Rila Monastery,* INFRAMAT Research Infrastructure in support of Science, Technology and Culture, Пловдив – устен доклад.
6. E. Velcheva, S. Tapanov, B. Stamboliyska Bistra, St. Atanasova–Vladimirova, M. Guncheva Maya, S. Stoyanov, *Materials and techniques of mural paintings in the Church – ossuary of the Rila Monastery*, 5th International Conference on Innovation in Art Research and Technology, Париж, (Франция)
7. Stela Atanasova-Vladimirova, Rossitsa Vassileva, Sylvina Georgieva, Georgi Milenkov, Iskra Piroeva, *Application of X-ray elemental mapping on REE minerals: a case study of allanite, monazite, apatite and zircon*, Carpathian-Balkan Geological Association, Пловдив - постер
8. Yana Tzvetanova, Nadejda Lihareva, Louiza Dimowa, Liliya Tsvetanova, Aleksandar Nikolov, Iskra Piroeva, Zlatka Delcheva, Ognyan Petrov. *Study of Cd uptake onto modified forms of natural clinoptilolite tuff* Carpathian-Balkan Geological Association, Пловдив, България
9. Stela Atanasova-Vladimirova, Feyzim Hodzhaoglu, Radi Ganev, *Investigation on the distribution of components in recycle double based propellants,* 10th International Scientific Conference on Defensive Technologies, Белград, (Сърбия)

5. Работен колектив

Проф. д-р Богдан Рангелов,
Гл. ас. д-р Стела Атанасова
Искра Пироева,
Нона Желязкова (студент от ХТМУ)

6. План за работата през 2023 г.

Обучение и използване на апаратура за пробоподготовка на металографски образци. Текуща сервизна дейност в лабораторията. Изнасяне на доклад пред колоквиума на ИФХ. (Ст.Атанасова)

Обучение и използване на апаратура за пробоподготовка на металографски образци. Текуща сервизна дейност в лабораторията(И. Пироева).

Ръководител на лаборатория: проф. д-р Богдан Рангелов

Лаборатория за рентгенови дифракционни методи и компютърна томография

1. Състояние на апаратурата

През 2022 година в лаборатория „Лаборатория за рентгенови дифракционни методи и компютърна томография" беше извършена пълна профилактика на апарат за рентгено-фазов анализ Philips PW 1050 и генератор PW 1830 като основният акцент е върху възможността да се използва затворен кръг на охлаждане. Това е голямо предимство защото запазва водният кръг на апаратурата от замърсявания.

Като развитие за следващата година бяха направени постъпления за закупуване на консумативи за дифрактометър система Philips PW 1050 – рентгенова тръба, безфонови кювети и флуоресцентен диск за настройки.

Лабораторията изказва благодарност за финансовата подкрепа на проекти ИНФРАМАТ и „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика"

2. Сервизна дейност на лабораторията.

За изминалата година са извършени над 100 анализа включващи пълно фазово разчитане за различни външни клиенти. Сред тях са Аурубис, КЦМ, КОСТАЛ, Теразид АД, Хроновски, МОНБАТ, ИНН Консулт, Рудметал, ИСЦСМ ООД, Ню Ревитал ЕООД. От академичните клиенти ни се довериха ХТМУ, ИЕ-БАН, Геологически институт – БАН, Софийски университет „Св. Климент Охридски" и Националната художествена академия Медицински университет - София. Общата сума за реализирани приходи възлиза на 14000 лв.

3. Обучение на докторанти

Докторант Никола Мирчев е отчислен с право на защита.

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

- Kaluža L., Palcheva R., Jirátová K., Tyuliev G., Gulková D., Dimitrov L., Avdeev G.
  Characterization and HDS activity of Mo and NiMo sulfided catalyst prepared by thioglycolic acid assisted hydrothermal deposition method,
  Journal of Alloys and Compounds, vol. 903, 2022.
- Dimitrov O., Stambolova I., Babeva T., Babeva T., Avdeev G., Shipochka M., Mladenova R., Simeonova S
  High intensity orange-red emission of chemically deposited Sm^{3+} -doped ZrO_2 thin films - Beneficial effects of host and dopant,
  Journal of Materials Research and Technology, vol. 18, pp. 3026–3034, 2022.
- K. Petrov, G. Avdeev, and V. Petrov,
  Revision of the crystal structure and cation distribution of LiMn2-yTiyO4 (0 < y ≤ 1.0) spinels
  Solid State Sciences, vol. 123, 2022.

- Milenov T., Karaivanova D., Angelov O., Terziyska P., Avdeev G., Karashanova D., Georgieva B., Genkov K., Dimov D., Ivanov K., Kolev S., Valcheva E.
  Structure and phase composition study of thin TiO_2:C films deposited by r.f. magnetron sputtering,
  Journal of Physics: Conference Series, 2240, 2022
- Milenov T, Terziyska P, Avdeev G, Karashanova D, Georgieva B, Avramova I, Genkov K, Valcheva E.
  Structure and Phase Composition Study of Heavy Doped with Carbon Thin Films of TiO2 : C Deposited by RF Magnetron Sputtering
  Russian Journal of Inorganic Chemistry, vol. 67, Art. no. 10, 2022.
- Ilieva, L, Dimitrov, D, Kolentsova, E, Venezia, A. M, Karashanova, D, Avdeev, G, Petrova, P, State, R, Tabakova, T.
  Gold-Based Catalysts for Complete Formaldehyde Oxidation: Insights into the Role of Support Composition
  Catalysts, vol. 12, Art. no. 7, 2022.
- Monezi, C. A., Grigorov, K. G., Tsanev, A., Junior, A. G., Couto, A. A., Lima, A. O., Avdeev, G., Iankov, R., Massi, M.
  Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Boron-Nitride Thin Films by Ion Milling and Thermal Treatment for Tribological Coatings: An Approach to Quantifying the Growth Dynamic Process
  Materials, 15 (2022), 5
- Avramova I, Dimov DA, Stankova N, Petrov M, Karaivanova D, Avdeev G, Russev S., Karashanova D, Georgieva B, Valcheva E, Milenov T
  Novel Approach for Synthesis of Graphene-like Phases by Pulsed Laser Ablation in a Flow-Mode Suspension,
  Materials, 15 (2022), 7870, Q2
- Angelova, L, Daskalova, A, Filipov, E, Vila, X. M, Tomasch, J, Avdeev, G, Teuschl-Woller, Andreas H., Buchvarov I.
  Optimizing the Surface Structural and Morphological Properties of Silk Thin Films via Ultra-Short Laser Texturing for Creation of Muscle Cell Matrix Model,
  Polymers, 14 (2022) 13.
- S. Ivanov, G. Avdeev, D. Giurdzhiiska-Ivanova, B. Zlateva, and D. Lesigyarski,
  The Early Medieval iron bloomery complex Brestnitsa–Poleto in north-western Bulgaria: chronology and archaeometric analysis (preliminary data),
  Bulgarian e-Journal of Archaeology, vol. 12, pp. 133–158, 2022.
- L. Ilieva, P. Petrova, M. Anchina, G. Avdeev, and T. Tabakova,
  Complete benzene oxidation over gold catalysts on mechanochemically prepared Co_3O_4-CeO_2 supports
  Journal of Chemical Technology and Metallurgy, vol. 57, Art. no. 5, 2022.

5.Работен колектив за 2022 г.

проф. д-р Драгомир Тачев
доц. д-р Георги Авдеев
докторант Никола Мирчев
химик Елжана Енчева

6.План за работата през 2023 г.

Текуща сервизна дейност в лабораторията (доц. д-р Г. Авдеев, проф. д-р Д. Тачев, химик Е. 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

През изминалата година са завършени експериментите по тематиката на изследване в дипломната работа на тема: *"Физикохимично изследване на течността, изолирана от пяната на Philaenus spumarius (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphrophoridae)"*.

Изследвани са повърхностното напрежение и кинетиката на адсорбция на фазовата граница разтвор/въздух на разтвори на течността от пяната, секретирана от нимфите на Philaenus spumarius (Hemiptera: Aphrophoridae). Експериментите са проведени с помощта на тензиометър Kruss K20, по метода на Вилхелми и при различни концентрации на разтворите. Установено е, че повърхностното напрежение намалява с повишаване на концентрацията на белтъци в разтвора.

От същите системи са получени пенни филми, чиито свойства са изследвани чрез метода на порестата пластина. Филмите са силно нехомогенни и значително нестабилни, което възпрепятства получаването на изотермите на разклинящото налягане от дебелината им. С повишаване на белтъчната концентрация на разтворите кинетиката на изтичането на филмите се забавя и на практика спира при по-високите концентрации. На базата на тези резултати е направена хипотеза за наличие на обемно структуриране при тънките течни филми от изследваните системи, което пречи на тяхното изтичане. Тази хипотеза е потвърдена от резултати, получени при измерване на обемния вискозитет на разтворите. Получената информация е ценна за обясняване на механизма на стабилизация на пяната, секретирана от нимфите на Philaenus spumarius.

(К. Берберов, Е. Милева, В. Ганева, И. Гьонов, Хр. Петкова, Н. Антонова).

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1) Защитена с пълно отличие е дипломна работа за бакалавърска степен на Калоян Георгиев Берберов, Специалност: Молекулярна биология: „Физикохимично изследване на течността, изолирана от пяната на Philaenus spumarius (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphrophoridae)“, с научен ръководител: проф. дхн Елена Милева, Институт по физикохимия, БАН, София и научен консултант: доц. д-р Валентина Ганева, Катедра Биофизика и радиобиология, Биологически факултет, Софийски университет.
2) В процес на подготовка е публикация, с резултатите представени в дипломната работа и допълнени с проведените след защитата изследвания.
3) Успешно защитена дисертация за присъждане на образователната и научна степен „Доктор, направление 4.2 Химически науки (Физикохимия) на тема „Метод за електромикроинтерферометрични изследвания на емулсионни филми от типа вода-масло: разработка и приложения“ (Н. Панчев).
4) Конструиране и изработка на универсална измерителна клетка със сменяеми порести пластинки за изследване на оптичните и електрични параметри на тънки течни филми: пенни и емулсионни (вода/масло/вода и масло/вода/масло) и биомебрани към комплексна апаратура за изследване на тънки течни филми. (Г. Иванов, Хр. Христов).

3. Работен колектив за 2022 г.

Калоян Берберов, проф. дхн Елена Милева, гл.ас д-р Христина Петкова, доц. д-р В. Ганева и д-р И. Гьонов (БФ-СУ), проф. д-р Надя Антонова (ИМех-БАН), доц. д-р Христо Христов, инж. Георги Иванов

4. Участие в конференциии и колоквиуми

1) Колоквиум „Алексей Шелудко“ на секция „Повърхности и колоиди“, ИФХ, БАН, 18 февруари декември **2022 г**. „Адсорбционни слоеве, пенни филми и пяни от водни разтвори на β-лактоглобулин: ефект на pH“ с автори G. Gochev, B. Braunschweig, E. Scoppola, E. Schneck, R.A. Campbell, B.A. Noskov, E.V. Aksenenko, V.B. Fainerman,† D. Exerowa,† R. Miller, **доклад**
2) Колоквиум „Алексей Шелудко“ на секция „Повърхности и колоиди“, ИФХ, БАН, 02 декември **2022г**. *“*A physicochemical study of the fluid obtained from the foam of the spittlebug *Philaenus spumarius (Linnaeus 1758) (Hemiptera: Aphrophoridae)“* с автори Калоян Берберов, Валентина Ганева, Илия Гьонов, Христина Петкова, Надя Антонова, Елена Милева, **доклад**
3) „Synergy in adsorption properties and microscopic foam-film performance in the case of cationic/nonionic surfactant mixtures“, Elena Mileva, Dimi Arabadzhieva, Plamen Tchoukov, 23rd International Symposium on Surfactants in Solutions (SIS2022), September 11-16, 2022, Lublin Poland, **доклад**

5.План за 2023 г.

Ще бъде завършен и изпратен материал за публикуване в Biophysical Chemistry, Elsevier (с резултатите, представени в дипломната работа на Калоян Берберов и допълнени с проведени след защитата изследвания).

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

1. Описание на постигнатите резултати

1) 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 ПАВа, 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 (2023 г.):

1.1) **Разтичащо налягане на модела на система от DPPC в присъствие на различна концентрация NaCl**

Адсорбция на йони върху клетъчни мембрани: Фосфолипидните монослоевете 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, който се фокусират върху ефекта на йоните върху монослоевете. 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, чрез недостъпната досега числена стойност на адсорбцията на електролит. Това обаче изисква определяне на разтичащото налягане на фосфолипида. Поради техническата сложност на определянето му, разтичащото налягане е рядко измерван параметър. Измерили сме разтичащото налягане на DPPC в присъствие на различна концентрация NaCl. Комбинирайки тези данни с литературни изотерми за DPPC в присъствието на NaCl, изчислихме адсорбцията на NaCl и демонстрирахме приложението на новоразвитата методика за изследване на биологични системи.

1.2) **Адсорбция на флуоридни ПАВ върху фазова граница**

Взаимодействия между йони и повърхностен дипол: Повърхностните взаимодействия, които определят поведението на малки неорганични йоните на

повърхността са до голяма степен неопределени и тема на дебат. Голяма част от затрудненията при изследването на тези системи е, 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. В серия предишни измервания сме получили стойност за разтичащото налягане на додеканол.

През настоящата година продължихме изследването, чрез перфлуоро алкилиран додеканол. Флуорирането на ПАВ освен, че променя тяхната хидрофобност, обръща молекулния диполен момент. Очакваме, че дисперсионните взаимодействия йон/хидрофобна опашка са пренебрежими. Съответно, очакваме, че разликата между адсорбцията на йони върху монослоеве на алифатни и флуорирани ПАВ с еднаква хидрофилна глава се дължи на взаимодействията с повърхностния диполен момент. Измерили сме разтичащото налягане на перфлуоро алкилиран додеканол в присъствието на различни по вид и концентрация соли (NaCl, KCl, NaBr). Предварителни експерименти с алифатен додеканол дават обнадеждаващи резултати. Изглежда катйоните се отблъскват от флуориния ПАВ и се привличат към алифатния ПАВ, което е в съгласие с идеята за взаимодействие йон/повърхностен дипол.

(И. Минков, Д. Арабаджиева, Е. Милева, И. Максимова, Б. Пейчев (гост-докторант, QMUL-London), Р. Славчов (QMUL-London))

2. Резултати по темата са докладвани на:

1) „Взаимодействие на йони с незаредени монослоеве – измерване на адсорбцията на електролит върху монослой и Хофмайстеров ред“, Б. Пейчев, И. Минков, Д. Арабаджиева, И. Максимова, Е. Милева, Р. Славчов, Колоквиум „Алексей Шелудко“ на секция „Повърхности и колоиди“, ИФХ, БАН, 28 януари **2022г**.
2) „Адсорбция на флуоровъглеродни алкохоли. Енергия за пренос на CF_2-група между обемните фази масло/вода“, И. Минков, Д. Арабаджиева, И. Максимова, Е. Милева, Р. Славчов, Колоквиум „Алексей Шелудко“ секция „Повърхностни и колоиди“, ИФХ, БАН, 18 март **2022**г.

3. Работен колектив за 2022 г.

И. Минков, Д. Арабаджиева, Е. Милева, И. Максимова, Б. Пейчев (гост-докторант, QMUL-London), Р. Славчов (QMUL-London)

4. Участие в договори

Споразумение за съвместна работа, включваща колеги от групата по Тънки течни филми и School of Engineering and Materials Science в QMUL, което включва специализация (internship) на докторант Боян Пейчев в ИФХ.

5. План за 2023 г.

1) Поради значителния си обем, тези изследвания не са завършени и работата ще продължи и през следващите месеци (2023 г.). Част от получените резултати предстои да бъдат обсъдени и оформени в публикация и използвани като част от дисертацията на гост-докторант Боян Пейчев.

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) Изследвани са суспензии от силициеви наноразмерни часници и биоразградими натурални и синтетични агенти (хитозан и лаурил етил аргинат (LAE)). При взаимодействие с хитозан хидрофилните и отрицателно заредени частици се неутрализират. Присъствието на синтетичния сърфактант LAE води до частична хидрофобизация на повърхността на частиците, което благоприятства тяхната способност да се адсорбират на фазовата граница разтвор/въздух и включването им в тънките течни филми. Установено е че малките и средни по размер частици (6–9 nm) възпрепятстват късането и тънките течни филми, което води до получаване на по-дълго живеещи пени. Хидрофобизацията на частици с размери от 30 nm води до формиране на агрегати, които преминават във пяната. Наличието на такива агрегати в тъните течни филми и каналите на пяната ефективно възпрепятства нейното изтичане. Резултатите показват че използването на смеси от хитозан и лаурил етил аргинат в хода на процеса на флотация е ефективен метод за премахване на наноразмерни силициеви частици от водни фази.
(Христина Петкова, Елена Милева, M. Krzan, E. Jarek, L. Szyk-Warszynska, P. Warszynski, E. Santini, F. Ravera, L. Liggieri)

2) 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 последствия са добре познато явление през последните десетилетия. За справянето с разливите и намаляването на екологичните последици се използват се различни методи. Един от тях е използването на отделен клас повърхностно активни вещества (ПАВ), наричани колектори (herders), които спонтанно обграждат разлива и редуцират площта му. Това води до формиране на относително по-дебел слой разлят нефт, който в последствие се изгребва или запалва преди да достигне бреговата ивица. В научната литература могат да се откриват повече изследвания свързани с приложните аспекти на проблема. Ние започнахме систематично физикохимично изследване на два комерсиални ПАВ, познати с търговските наименования Silsurf A108 и Silsurf A008, които се използват в практиката като колектори. С наличната ни апаратура изследвахме динамичните абсорбционните свойства на силикон-гликоловите кополимери. Направени са и предварителни моделни експерименти на ефекта на тези ПАВ върху петна на петролни продукти върху водна повърхност. Надяваме се това изследване да се използва като база, за дефиниране на универсални физикохимични параметри, чрез които да се прави предварителна оценка и подбор на потенциални нови, екологично приемливи ПАВ, които да бъдат използвани за същата цел.

Изследването се извършва в сътрудничество с колеги работещи в областта на петролните разливи от Канада, които ни предоставиха реални образци на петролни продукти транспортирани в Северна Америка.

(Д. Арабаджиева, И. Минков, П. Чуков, Е. Милева, S. Stoyanov).

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1) M. Krzan, E. Jarek, H. Petkova, E. Santini, L. Szyk-Warszynska, F. Ravera, L. Liggieri, E. Mileva, P. Warszynski, "Hydrophobisation of Silica Nanoparticles Using Lauroyl Ethyl Arginate and Chitosan Mixtures to Induce the Foaming Process", *Polymers* 14, 4076, 2022. IF 4.967 (Q1).
2) Earnden, L., Foster, S.E., Tchoukov, P., Stoyanov, S. R., Pensini, E.. Herding Oil Slicks with Fatty Alcohol and Carbonaceous Particles. *Water Air Soil Pollut* 233, 270 (2022), IF 1.9, SJR:0.546, Q2; https://doi.org/10.1007/s11270-022-05706-6
3) Hristova, E., Tchoukov, P., Stoyanov, S., McFarlane, R., Asphaltene Precipitation Onsets in Relation to the Critical Dilution of Athabasca Bitumen in Paraffinic Solvents, Energy Fuels 2022, 36, 4, 1832–1841, IF 4.654, SJR:0.822, Q1. https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c03710

3. Работен колектив за 2022 г.

Д. Арабаджиева, И. Минков, П. Чуков, Х. Петкова, Е. Милева

M. Krzan, E. Jarek, L. Szyk-Warszynska, P. Warszynski (Институт по катализ и химия на повърхностите, ПАН, Краков, Полша)
E. Santini, F. Ravera, L. Liggieri (Consiglio Nazilnale delle Ricerche, Istituto de Chimica Fisica Applicata dei Materiali, Genova, Italy)
Stanislav Stoyanov (Канада)

4. Участие в конференции и колоквиуми

1) „Изследване на адсорбционните свойства на силикон гликол кополимер (Silsurf A108) използван за ограничаване на петролни разливи ", Димитринка Арабаджиева, Пламен Чуков, Иван Минков, Станислав Стоянов, Елена Милева, Колоквиум „Алексей Шелудко" на секция „Повърхности и колоиди", ИФХ, БАН, 04 февруари **2022**. **доклад**
2) „Adsorption Properties and Surface Rheology Study of PEG-8 Dimethicone", Dimitrinka Arabadzhieva, Elena Mileva, Ivan Minkov, Stanislav Stoyanov, Plamen Tchoukov, EUFOAM 2022, Poland, Krakow, 3rd – 6th July, **2022 (устен доклад)**

5. Участие в договори

„Биосъвместими пени и емулсии, стабилизирани с частици и предназначени за биомедицински приложения", ЕБР Договор за съвместни изследвания между ИФХ, БАН и Институт по катализ и химия на повърхностите, ПАН, ръководител проф. дхн Елена Милева.

6. План за 2023 г.

По т.1.2 – предстои оформяне на получените резултати и публикуването им в подходящо научно списание.

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

1. Описание на постигнатите резултати

Биосъвместимите и биоразградими вещества с естествен произход широко се използват при дизайна на пени и емулсии с различни приложения във фармацията, козметиката и хранителната индустрия. Изборът на подходящ състав на такива системи е от ключово значение както от екологична гледна точка, така и за осъществяване на контрол върху стабилността и свойствата на съответните пени и емулсии.

В настоящата работа са изследвани синергични взаимодействия, които възникват във водни разтвори на смеси от Quillaja сапонини и ябълков пектин. С помощта на тензиометър с профилен анализ (PAT-1) са изследвани динамичното повърхностно напрежение и повърхностната дилатационна реология на адсорбционните слоеве на фазовата граница вода/въздух. Свойствата на тънките течни филми, (кинетика на изтичане, дебелина, изотерми на разкланящото налягане от дебелината на филмите, критично налягане на късане и тн.), получени от същите системи са охарактеризирани чрез микроинтерферометричния метод на Шелудко-Ексерова и техниката на порестата пластина.

Резултатите показват че структурата и стабилността на такива сложни по състав системи могат да бъдат прецизно регулирани чрез промяна в съотношението на биологичните агенти. Експерименталните факти свидетелстват, че най-ясно изразен синергичен ефект се наблюдава при точно определени Quillaja сапонини: ябълков пектин съотношения. Получена е информация съществена за получаване на стабилни пени от, смеси на Quillaja сапонини и ябълков пектин с оглед на тяхното бъдещо индустриално и биомедицинско приложение. (Христина Петкова, Митко Дойчинов, Елена Милева)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1) H. Petkova, E. Jarek, M. Doychinov, M. Krzan, E. Mileva, "Synergy in Aqueous Systems Containing Bioactive Ingredients of Natural Origin: Saponin/Pectin Mixtures" Polymers 14, 4362. **2022**. **ИФ= 4.967, Q1**.

3. Работен колектив за 2022 г.

Христина Петкова, Митко Дойчинов, Елена Милева.
M. Krzan, E. Jarek (Институт по катализ и химия на повърхностите, ПАН, Краков, Полша)

4. Участие в конференции и колоквиуми

1) „SYNERGY IN AQUEOUS SYSTEMS OF BIO-SURFACTANTS: SAPONINS/PECTIN MIXTURES“, (Hristina Petkova, Mitko Doychinov, Ewelina Jarek, Marcel Krzan, Elena Mileva.), EUFoam 2022 Conference, 3-6.07.2022, Krakow, Poland, **устен доклад**.
2) Колоквиум Алексей Шелудко, секция „Повърхности и колоиди“, ИФХ, БАН, „Синергизъм във водни разтвори на биологично-активни вещества“, (Христина Петкова, Митко Дойчинов, Елена Милева), 09.12.2022 г. – **устен доклад**.

5. Участие в договори

„Биосъвместими пени и емулсии, стабилизирани с частици и предназначени за биомедицински приложения“, договор за съвместни изследвания между ИФХ, БАН и Институт по катализ и химия на повърхностите, ПАН (2018г-2021г), ръководител проф. дхн Елена Милева.

6. План за 2023 г.

Ще бъдат продължени изследванията на сложни по състав системи, базирани на основата на биосъвместими и биоразградими вещества с естествен произход. Планират се систематични изследвания на повърхностните свойства на водни разтвори на смеси на Quillaja сапонини и други биологично активни агенти.

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

1. Описание на постигнатите резултати

1) Изследван е ефектът на температурата върху повърхностните свойства на смесени системи от четириантенни олигоглицини и бактериални липополизахариди.

Четириантенните олигоглицини (T4) съдържат четири олигоглицинови вериги, свързани в общ център. Във воден разтвор се самоорганизират спонтанно в хидрофилни агрегати (тектомери) на базата на мрежа от вътре- и междумолекулни водородни връзки (полиглицин II). Тектомерите от T4 могат да се използват за регистриране и улавяне на бактериални липополизахариди (LPS) в резултат на електростатично взаимодействие между двата компонента. Смесените комплекси могат да бъдат амфифилни T4/LPS (на повърхността) или хидрофилни T4/LPS/T4 сандвичеви структури (в обема).

Целта на настоящата работа е да се изследва влиянието на температурата върху:

(1) повърхностните свойства на системи от T4 и LPS на границата разтвор/въздух,

(2) самоорганизацията на T4 в обема като част/принос към ефекта,

(3) да се установи дали процесите са обратими (при охлаждане).

Използвани са методите Тензиометрия за профилен анализ (PAT) и Динамично светоразсейване (DLS).

Установени са специфични промени в повърхностното напрежение и реология не само при нагряване (до 60° и до 85°C), но и след охлаждане на смесените разтвори (до 20°C). Крайните отговори на системата са общо намаление (при нагряване) или повишение (при охлаждане) на повърхностното напрежение, и увеличение на дилатационната еластичност след охлаждане. Регистрирана е необратимост на ефекта на температурата върху повърхностните свойства на смесените разтвори.

Изследването на самоорганизацията на чист T4 в обема показват, че при загряване до 40°C (включително) размерите остават постоянни, след което постепенно започват да намаляват и при 85°C достигат ~1 nm, което съответства на хексагонална тектомерна клетка. След охлаждане агрегатите се възстановяват напълно, т.е. ефектът на температурата върху обемната самоорганизация на T4 е обратим и няма принос към необратимостта при повърхностните свойства на смесите T4/LPS.

Споменатата необратимост при повърхностните свойства би могла да се дължи на разграждането на сандвичевите обемни смесени структури T4/LPS/T4 при нагряване, адсорбцията на LPS на повърхността и, следователно, по-голямата запълненост на междуфазовата граница след охлаждане и взаимодействие с наново образуваните T4 агрегати. (А. Гюрова, Д. Арабаджиева, И. Минков, Е. Милева)

2) Взаимодействие на двуантенен олигоглицин с четири глицинови остатъка (T_2Gly_4) и хидрофобното лекарство Индометацин (IMC).

Извършената работа е свързана с изследване на взаимодействието между хидрофобния медикамент индометацин и обемни тектомерни агрегати, образувани от двуантенен олигоглицин като моделна система за доставяне на лекарства. При предишни систематични UV-Vis и DLS изследвания, насочени върху обемните свойства на същата система, бяха разработени две различни експериментални процедури за приготвянето на смеси от двуантенния олигоглицин и индометацин и качествено беше доказана възможността за образуването на смесени комплекси между изходните вещества.

Въз основа на наличните резултати, настоящата експериментална дейност цели да надгради данните за обемните свойства чрез изготвянето на оценка за количеството на захванатия от тектомерите медикамент и сравнение на ефективността между използваните експериментални процедури. В допълнение е извършено детайлно охарактеризиране на повърхностните свойства както на смесите така и на единичните компоненти при различни условия на средата с помощта на микроинтерферометричения метод на Шелудко-Ексерова за изследване на тънки течни филми.

Допълнително проведените UV-Vis и DLS експерименти дадоха възможност да се установи, че образуване на смесени комплекси е pH – зависим процес. Оптималните условия за взаимодействие на двата компонента са при крайно pH на сместа 5.3. Процесът на включване на индометацина в тектомерните агрегати е силно благоприятстван при добавяне на медикамента към разтвор, които съдържа образувани тектомери в сравнение с неговото добавяне към разтвор, съдържащ предимно мономерни форми на олигоглицина. Направена е оценка на включеното в тектомерите количество индометацин за всички анализирани смеси. Най-високата стойност, получена за ефективност на включване на медикамента, е 71%. Предложена е хипотеза за възможния механизъм за образуване на смесените комплекси, която се

основа на наличието на предимно електростатични взаимодействия. Получените резултати от тънките течни филми също индикират наличието на смесени комплекси и възпроизвеждат наблюдаваните тенденции от UV-Vis и DLS експериментите. (Д. Арабаджиева, А. Гюрова, И. Минков, Е. Енчева, В. Петров, Е. Милева)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

1) „Self-assembly of four-antennary oligoglycines in aqueous media: fine-tuning and applications", Elena Mileva, Anna Y. Gyurova, Ljubomir Nikolov, Current Opinion in Colloid and Interface Science 60:101601 (2022), https://doi.org/10.1016/j.cocis.2022.101601 **IF 6.448, Q1**.

2) N. Antonova, **Kh. Khristov**, A. Alexandrova, A. Muravyov, I. Velcheva. Development of experimental microfluidic device and methodology for assessing microrheological properties of blood. Clinical Hemorheology and Microcirculation (2022) IOS Press, JCR-IF (Web of Science):2.441 **Q2** (Web of Science) Приета за печат (Your manuscript (22-1631-R Development of experimental microfluidic device and methodology for assessing microrheological properties of blood) has been accepted in Clinical Hemorheology and Microcirculation.)

3) Защитена с пълно отличие е дипломна работа за бакалавърска степен на Едуарда Едуард Енчева, Специалност: Молекулярна биология: „Разработване на система за насочено доставяне на лекарства чрез включване на хидрофобния медикамент индометацин в обемни наноагрегати, образувани от двуантенен олигоглицин", с научен ръководител: проф. дхн Елена Милева, катедра „Биофизика и радиобиология", Биологически факултет, СУ, 13 юли 2022 г. (устна защита на дипломна работа за присъждане на ОКС „Бакалавър")

3. Работен колектив за 2022 г.

Елена Милева. А. Гюрова, Д. Арабаджиева, И. Минков, Л. Николов, Е. Енчева, Н. Арабаджиев, В. Петров (ФХФ-СУ, ТехПарк)

4. Участие в конференции и колоквиуми

1) "Self-assembly of antennary oligoglycines in aqueous media: fine-tuning and applications", Elena Mileva, Anna Gyurova, Dimi Arabadzieva, Ljubomir Nikolov, EUFOAM 2022, Poland, Krakow, 3– 6 July, 2022 **(пленарен доклад)**

2) "Novel pathway for detection and entrapment of bacterial lipopolysaccharides in aqueous media", Elena Mileva, Anna Gyurova, Ljubomir Nikolov, 17th Conference of the International Association of Colloid and Interface Scientists (IACIS), Brisbane, Australia, 26-30 June, 2022 **(устен доклад)**

3) „Ефект на температурата върху повърхностните свойства на смесени системи от четириантенни олигоглицини и бактериални липополизахариди", Анна Гюрова, Димитринка Арабаджиева, Иван Минков, Елена Милева, Колоквиум „Алексей Шелудко" на секция „Повърхности и колоиди", ИФХ, БАН, 30 септември 2022. **доклад**

4) „Изследване на взаимодействието на хидрофобния медикамент индометацин с обемни агрегати от двуантенен олигоглицин като моделна система за доставяне на лекарства" Едуарда Енчева, Иван Минков, Димитринка Арабаджиева, Веселин Петров и Елена Милева, Колоквиум „Алексей Шелудко", секция „Повърхности и колоиди", Институт по физикохимия на БАН, 25 ноември 2022г. **доклад**

5) Nadia M. Antonova, **Khristo Khristov**, Anika Alexandrova, Alexei Muravyov, Irena Velcheva, Development of Experimental Microfluidic Device and Methodology for Assessing Microrheological Properties of Blood (**Доклад**) - [09.02.2022] 15th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (Biostec 2022) Lisbon, Portugal, 09.02.2022 - 11.02.2022.

6) Targeted drug delivery system based on bulk nanostructures formed by two-antennary oligoglycines, Eduarda Encheva, D. Arabadzhieva, I. Minkov, A. Gyurova, V. Petrov, and Elena Mileva, ECIS 2022, 4-9 September 2022 Chania, Crete, Greece (**постерен доклад**).

7) Nanostructured Materials and Coatings Based on Synthetic Four-Antennary Peptides, Elena Mileva, Anna Gyurova, Dimitrinka Arabadzhieva, Kaloyan Berberov, Ljubomir Nikolov, ECIS 2022, 4-9 September 2022 Chania, Crete, Greece (**устен доклад**).

5. Участие в договори

"Дизайн и охарактеризиране на меки наноструктурирани материали, получени от антенни олигоглицини", КП-06-Н39/5, ФНИ „Финансиране на фундаментални научни изследвания – 2019", научна област „Химически науки", Елена Милева (ръководител), Любомир Николов, Анна Гюрова, Димитринка Арабаджиева, Калоян Берберов, Едуарда Енчева, Никола Арабаджиев, Иван Минков

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.

6. План за 2023 г.

1) Изследване на повърхностното напрежение и реология на триантенен олигоглицин (T3Gly7*3HCl), както и свойствата на тънки течни филми на негови разтвори.
2) Като следващ етап от експерименталната дейност предстои да се оптимизират изготвените експериментални процедури и да се разработят начини за освобождаването на индометацина от смесените комплекси.

Задача 3.6. ЕЛЕКТРОКИНЕТИЧНА СПЕКТРОСКОПИЯ НА КОЛОИД-ПОЛИМЕРНИ СИСТЕМИ

1. Описание на постигнатите резултати

1.Наночастици от меден оксид (CuO) с биоциден ефект са покрити със слой от полиетиленимин (PEI), за да се предотврати агломерация на частиците при вграждането им в матрицата на стандартно цинково покритие. Зарядът (зета потенциал) и размерите на частиците са определени чрез динамично светоразсейване. Чрез едновременно електроотлагане на покритите с PEI частици и цинк от слабо кисел цинков сулфатен

електролит (pH 4.5-5.0) е получено хибридно цинково покритие върху ниско въглеродна стомана. Сравнени са морфологията и хидрофобните характеристики на хибридното и на чисто цинково покритие, както и корозионните им характеристики в изкуствена морска вода и в моделна корозионна среда от 5% NaCl. Доказано е, че хибридното покритие подобрява антикорозионното поведение на ниско въглеродна стомана в продължение на 35 дни и в условията на външна поляризация, като защитните му характеристики са по-добри в изкуствена морска вода. Тези резултати и данните за наличие на мед в състава на корозионните продукти (от XPS изследване) показват, че така конструирано, хибридното цинково покритие има потенциал за защитата на стомана от локализирана корозия и биологично замърсяване в морска среда. Работата е публикувана (**Н. Божкова, К. Камбурова, Ц. Радева, С. Симеонова, Н. Грозев, М. Шипочка, Н. Божков**).

2. Проведено бе изследване на комплекси хитозан/аптамер с вариращо съотношение между амино групите на хитозана и фосфатните групи на аптамера. Оптимална стабилност и размер на полиплексите бе получена за съотношението R=5. В присъствието на различни концентрации на лекарствения препарат ремдесивир бяха проследени промяната в заряда и средния размер на полиплексите. В резултат на електростатичното взаимодействие между лекарството и полиплексите се наблюдава понижаване на електрокинетичния заряд и нарастване на средния размер на резултатните комплекси (аптамер/хитозан/ремдесивир), което е индикация за промяна в стабилността поради формиране на агрегати. Но ТЕМ изображенията показаха правилни сферични форми на полиплексите с ремдесивир, което насочва вниманието към реорганизация в по-плътни подредени структури. Установени бях концентрациите на лекарството, при които се постига оптимално натоварване на полиплексите с активния агент, при които се запазва тяхната стабилност и наноразмери. Изследвано бе и влиянието на температурата върху полиплексите, в присъствието и в отсъствието на ремдесивир. (**К. Камбурова, В. Милкова**)

2.Публикации (пълно библиографско описание)

N. Boshkova, K. Kamburova, Ts. Radeva, S. Simeonova, N. Grozev, M. Shipochka, N. Boshkov, Comparative corrosion characterization of hybrid zinc coatings in Cl^- containing medium and artificial sea water**,** *Coatings* (2022), 12(12), 1798-1812, ISSN:2079-6412, https://doi.org/10.3390/coatings12121798, SJR (Scopus):0.482, JCR-IF (Web of Science):3.236

3. Работен колектив за 2022 г.

В. Милкова, К. Камбурова, Ц. Радева, Н. Божкова, Н. Божков

4. Участие в конференции

1. N. Boshkova*, K. Kamburova, Ts. Radeva, N. Boshkov, Innovative protective system aiming to improve the localized and microbial corrosion resistance, VII International Scientific Conference-Summer session: INDUSTRY 4.0, 22-25.06.2022, Varna, Bulgaria (постер)
2. N. Boshkova*, K. Kamburova, Ts. Radeva, N. Boshkov, Protective ability against localized corrosion of steel by hybrid zinc-based coatings in 5% NaCl solution, 1-st Central and Eastern Conference on Physical Chemistry & Materials Science (CEEC-PCMS1), 26-30.07.2022, Split, Croatia (постер)

3. N. Boshkov*, K. Kamburova, Ts. Radeva, N. Boshkova, Corrosion characterization of hybrid zinc coatings on steel with embedded CuO nanoparticles in artificial sea water, 1-st Central and Eastern Conference on Physical Chemistry & Materials Science (CEEC-PCMS1), 26-30.07.2022, Split, Croatia (постер)

5. Участие в договори

1. „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), ръководител Н. Божков (участници Ц. Радева, К. Камбурова)

2. „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), ръководител В. Милкова (участници К. Камбурова, А. Гюрова, И. Димитров, С. Атанасова-Владимирова, И. Пироева)

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

6. План за 2023 г.

1. Получаване на стабилни нанокомпозити от природните полизахариди хитозан и алгинат чрез комплекообразуване върху наночастици от меден оксид (CuO). Нанокомпозитите ще се формират чрез образуване на гел от хитозан и натриев триполифосфат в присъствие на алгинат. Размерите и електричните характеристики на нанокомпозитите ще се определят чрез динамично светоразсейване и електронна микроскопия. Очаква се вграждането на тези нанокомпозити в цинкови покрития да подобри защитата на ниско въглеродна стомана от корозия и биокорозия.
2. Получаване на куркумин/полизахаридни капсули с включване на аптамер в изследваната система. Охарактеризиране и оптимизиране на свойствата на получените аптамер/хитозан/хиалуронова киселина комплекси: роля на молекулното тегло, заряд и стехиметрия на полизахридите; количество аптамер включено в комплексите аптамер/полизахариди.

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

1. Описание на постигнатите резултати

1. Получено е многофункционално хибридно цинково покритие за комбинирана защита на мека стомана от корозия и биологично замърсяване в агресивна хлор-съдържаща среда. За тази цел се приготвят предварително pH-чувствителни наноконтейнери с инхибитор на корозия Сафранин, който се захваща в полимерната обвивка на наночастици от меден оксид (CuO) като биоцид. Наноконтейнерите се получават чрез последователна адсорбция на полиакрилова киселина и полиетиленимин върху частиците от CuO във водна среда. Наноконтейнерите със Сафранин са вградени като междинен слой в стандартно цинково покритие върху стомана (структура тип „сандвич") чрез електрофоретично отлагане във водна среда (pH~7), за да се намали възможността за разтваряне на CuO. Електроотлагането на цинковите слоеве е осъществено от слабо кисел разтвор на цинков сулфат. При

аналогични условия е получено и хибридно цинково покритие, в което са вградени частици от CuO без корозионен инхибитор. Морфологията на повърхността и корозионното поведение на двете хибридни покрития са изследвани в моделна корозионна среда (5% разтвор на NaCl). Установено е, че и двата типа хибридни покрития подобряват антикорозионните характеристики на стоманата за период от 55 дни и в условията на външна поляризация в сравнение с чисто цинково покритие, като покритието със Сафранин е с по-добри защитни свойства. Получените резултати демонстрират потенциала на тези хибридни покрития за приложение в морска среда. Работата е публикувана (**К. Камбурова, Н. Божкова, Н. Божков, Ц. Радева**)

2. Стабилни многокомпонентни капсули за доставяне на ремдесивир са получени чрез последователна електростатична адсорбция на противоположно зареден хитозан, лекарство и аптамер върху емулсионни капчици. Изследвано е капсулирането и освобождаването на лекарството Veklury® в полимерни капсули. Изследвани са влиянието на молекулното тегло на хитозана върху физико-химичните свойства на получените структури, натовареното количество и освобождаването на лекарството. Микробиологичните изследвания на капсулите и техните съставки са извършени чрез in vitro анализи с HCT-8 клетъчни линии и човешки коронавирус HCoV - OC43. Извършен е подробен анализ на влиянието на свойствата на получените структури върху цитотоксичността за избраната клетъчна линия, както и техния ефект върху цикъла на репликация на вируса, вируицидната активност на пробите срещу жизнеспособността на екстрацелуларните вириони и техния ефект върху вирусната адсорбция върху клетъчната мембрана. (**В. Милкова, К. Камбурова, Н. Вилхелмова-Илиева).**

3. Разработена е процедура за получаване на нанолипозоми подходящи за капсулиране на ремдезивир. Натоварените с лекарство липозоми бяха стабилизирани с полизахариден филм формиран чрез последователна електростатична адсорбция на хитозан и хиалуронова киселина. Допълнително функционализиране беше постигнато чрез вграждане на аптамер (РНК) във филма. Промяната на размера и електрокинетичния потенциал на липозомите беше определен след всяка адсорбционна стъпка. Количеството ремдезивир включено в структурите беше определено с UV-vis спектроскопия. Цитотоксичността на получените липозоми и компонентите, от които са изградени беше определена спрямо HCT-8 клетъчна линия. Антивирусната активност и оксидативния стрес на структурите беше изследван в *in vitro* изследвания спрямо коронавирус HCoV_OC43. Разултатите са оформени в публикация изпратена за печат. (**А. Гюрова, В. Милкова, К. Камбурова, И. Димитров, Н. Вилхелмова-Илиева, М. Милева**)

2. Публикации (пълно библиографско описание)

K. Kamburova, N. Boshkova, N. Boshkov, Ts. Radeva, Hybrid Zinc Coating with CuO Nanocontainers Containing Corrosion Inhibitor for Combined Protection of Mild Steel from Corrosion and Biofouling, *Coatings* (2022), 12(9), 1254-1270, ISSN:2079-6412, https://doi.org/10.3390/coatings12091254, SJR (Scopus): 0.482, JCR-IF (Web of Science): 3.236

3. Работен колектив за 2022 г.

В. Милкова, К. Камбурова, Ц. Радева, Н. Божкова, Н. Божков

4. Участие в конференции

1. K. Kamburova*, N. Boshkova, N. Boshkov, Ts. Radeva, Composite zinc coating containing CuO nanocontainers with corrosion inhibitor for combine protection of steel from chemical and bio-corrosion, Sofia electrochemical Days- SED'22, 11-14.05.2022, Sofia, Bulgaria (постер).
2. K. Kamburova*, N. Boshkova, N. Boshkov, Ts. Radeva, Application of Safranin loaded CuO nanocontainers for combined protection of low-carbon steel against corrosion and biofouling, Scientific Conference INFRAMAT 2022, Research Infrastructure in Support of Science Technology and Culture, 12-14.09.2022, Plovdiv, Bulgaria (доклад)
3. Колоквиум „Алексей Шелудко" 2022, Секция „Повърхности и колоиди", К. Камбурова*, Н. Божкова, Н. Божков, Ц. Радева, Приложение на наноконтейнери с CuO и Сафранин за комбинирана защита на галванизирана стомана срещу корозия и биокорозия, 21.10.2022 г.
4. V. Milkova*, K. Kamburova, I. Dimitrov, A. Gyurova, N. Vilhelmova-Ilieva, Biopolymer-containing functional platforms for in vitro targeted transmission and combined release of therapeutic components in the treatment of coronavirus infection, International Scientific Conference: Multidisciplinary Approach to Ensure the Normal Functioning of Health and Public Systems in Pandemics, 22-24.06.2022, Stara Zagora Mineral Baths, Bulgaria (пленарен доклад)
5. K. Kamburova*, A. Gyurova, I. Dimitrov, V. Milkova, Design of soft nanocapsules for drug delivery in the therapy of coronavirus infection, Scientific Conference INFRAMAT 2022, Research Infrastructure in Support of Science Technology and Culture, 12-14.09.2022, Plovdiv, Bulgaria (постер)
6. V. Milkova*, K. Kamburova, A. Gyurova, I. Dimitrov, N. Vilhelmova-Ilieva, Polysaccharide-based Capsules for Potential Treatment of Coronavirus Infection, 3rd International Conference on Polymer Science and Composite Materials Conference (Polymer Connect), 03-05.10.2022, Rome, Italy
7. N. Vilhelmova-Ilieva*, A. Georgieva, E. Tzvetanova, V. Milkova, K. Kamburova, A. Gyurova, I. Dimitrov, P. Martinov, Zd. Petrova, M. Mileva, Polysaccharide-based capsules for potential treatment of coronavirus infection, 11th International Conference "ACB-2022": Achievements and Challenges in Biology, 13-14.10.2022, Baku, Azerbaijan
8. Колоквиум „Алексей Шелудко" 2022, Секция „Повърхности и колоиди", В. Милкова*, К. Камбурова, Н. Вилхелмова-Илиева, Получаване на полимерни капсули за пренос и насочено освобождаване на ремдезивир, 25.03.2022 г.
9. В. Милкова*, "Биополимер-съдържащи функционални платформи за *in vitro* насочен пренос и комбинирано освобождаване на терапевтични компоненти при лечение на коронавирусна инфекция", Публично представяне на резултати по "Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания по обществени предизвикателства, свързани с пандемията от COVID-19- 2020 год." (5.07.2022 г., БАН)
10. Колоквиум „Алексей Шелудко" 2022, Секция „Повърхности и колоиди", В. Милкова*, Сравнително изследване на електричните свойства и стабилността на суспензии от колоидни частици стабилизирани с алгинати, 11.02.2022

5. Участие в договори

„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) (2020-2022), 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-Владимирова, 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

6. План за 2023 г.

Получаване на наноконтейнери с корозионен инхибитор (природен продукт) с ядро от метален оксид и обвивка от биополимери. Условията за захващане на оптимално количество инхибитор в стабилизирана срещу агрегация суспензия от наноконтейнери ще се определят с методите Динамично светоразсейване, Електронна и UV-микроскопия. Получените наноконтейнери ще се вграждат в матрицата на цинково покритие върху стомана с цел подобряване на антикорозионните й характеристики в различни корозионни (моделни) среди.

МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ЗВЕНОТО

Сътрудниците на ИФХ са изпълнявали ангажименти по 3 двустранни спогодби (ЕБР) и международно сътрудничество:

- Биосъвместими пени и емулсии, стабилизирани с частици и предназначени за биомедицински приложения – Институт по катализ и химия на повърхностите, Полска академия на науките - *приключен*
- Многослойни защитни системи на стомана на базата на цинк и избрани цинкови сплави - Виетнамска Академия на науките и технологията – *приключен*
- Модифицирани наноматериали за електро- и фотоелектрокаталитични приложения – синтез и характеризиране – Аристотелов университет, Солун, Гърция
- ALLEA project on “Climate sustainable academia”, Die Junge Akademie, 2021, (участник доц. д-р В. Милкова)

През 2022 г. учени от ИФХ са участвали в 13 проекта, финансирани от ФНИ, включително в сътрудничество с Австрия и Китай

- Изследвания върху синтеза и структурата на керамични пигменти от чисти и отпадъчни суровини, с приложение за силикатната индустрия (проф. д-р А. Караманов) – съизпълнител – *приключен*
- Теория и приложение на синтер-кристализация (проф. д-р А. Караманов) – водеща орг-я - *приключен*
- Използване на български мергелови суровини с добавки от други природнии индустриални източници за синтез на висококачествени керамики тип „жълти павета“ (проф. д-р А. Караманов) – водеща орг-я

- Дизайн на “сини” функционални структури с потенциално приложение в терапията срещу Болестта на Алцхаймер“ договор с ФНИ (КП-06-КОСТ/8) (доц. д-р В. Милкова) – водеща орг-я
- Функционални нанокомпозитни слоеве на основата на аноден алуминиев оксид и химичното му метализиране (доц. д-р М. Петрова) – съизпълнител - *приключен*
- Наноразмерни магнитни частици, получени от оксидни стъкла, за приложения в биомедицината. (проф. д-р Д. Тачев) - съизпълнител
- Разработване на нови композитни материали и покрития на тяхна база за дългосрочни приложения срещу корозия / биокорозия (проф. д-р Н. Божков) – водеща орг-я – Китай
- Получаване и комплексно характеризиране на наноразмерна скала на електронно проводящи полимери - КП-06-Австрия-5 (проф. дхн В. Цакова) – водеща орг-я - *приключен*
- Нови екологосъобразни едно- и многослойни покрития за корозионна защита на конструкционни материали с широко приложение (гл.ас. д-р Н. Божкова) – водеща орг-я
- Дизайн и охарактеризиране на меки наноструктурирани материали, получени от антенни олигоглицини (дхн Е. Милева) – водеща орг-я
- Thin liquid films – fundamentals and applications, посветен на 100 годишнината на Алексей Шелудко (доц. д-р Л. Николов) – водеща орг-я
- Метализиране на диелектрични материали от иновативни екологосъобразни електролити (доц. д-р М. Петрова) – водеща орг-я - *приключен*
- Биополимер-съдържащи функционални платформи за in vitro насочен пренос и комбинирано освобождаване на терапевтични компоненти при лечение на коронавирусна инфекция (доц. д-р В. Милкова) – водеща орг-я

През 2022 г. ИФХ работи в рамките на договори и спогодби на институтско ниво:

- Competence centre for Electrochemical Surface Technology (CEST), Австрия – рамков договор за научно-изследователската дейност в областта на електрохимичните технологии за повърхностна обработка (д-р М. Монев).

Продължена е работата, свързана с изследователски проект „Електрохимия в смазочните масла“ с участието на CEST.

- Рамково споразумение между Лаборатория Биодинамика и Биореология, направление „Биомеханика” към Института по механика – БАН (дхн Е. Милева, д-р Хр. Христов, Н. Антонова, И. Мирчев, А. Александрова, В.Паскова).
- Рамково споразумение между групата по Тънки течни филми и School of Engineering and Materials Science в QMUL, което включва специализация (internship) на докторант Боян Пейчев в ИФХ (дхн Е. Милева, гл. ас. д-р И. Минков, гл. ас. д-р Д. Арабаджиева, И. Максимова, Р. Славчов (QMUL).

През 2022 г. учени от ИФХ са участвали в 3 проекта по програмата COST

- COST Акция 18238 “European transdisciplinary networking platform for marine biotechnology” (Ocean4Biotech), ръководител на екипа от ИФХ, доц. д-р В.

Милкова (участници доц. д-р К. Камбурова, доц. д-р И. Димитров, гл. ас. д-р Ф. Ходжаоглу)

- COST Акция 17107 "European Network to connect research and innovation efforts on advanced Smart Textiles" (CONTEXT), ръководител на екипа от ИФХ, доц. д-р В. Милкова (участници доц. д-р К. Камбурова)
- КП-06-КОСТ-11 "Топологични аспекти на структурата и фазовите преходи в пространствено-ограничени полимерни системи", дхн А. Милчев

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 приложение, както и 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.

На 13 и 14 април, 2022 г. бе проведен Научен Семинар под надслов Инструментални методи и оборудване в помощ на проучването и опазването на културното наследство *(Приложение 1)*. Целта на семинара бе да представи инструментални методи и техники, които се използват и развиват от партньорските лаборатории на Модул 1 на ИНФРАМАТ, пред специалисти и студенти, работещи в сферата на проучването, консервацията и реставрацията на обекти на културното ни наследство. В лекциите бяха представени редица примери на прилагане на инструменталните техники за характеризиране на археологически и етнографски обекти, включително на такива, предоставяни от партньорите на ИНРАМАТ от Модул 2. Семинарът бе посрещнат с голям интерс като присъстваха общо над 78 участници.

Като координатор на ИНФРАМАТ ИФХ-БАН организира трета поредна Научна конференция на ИНФРАМАТ-2022 под надслов Изследователска инфраструктура в услуга на науката, технологиите и културата, която се проведе от 12-ти до 14-ти септември, 2022 г., в хотел Империал, Пловдив *(Приложение 2)*. Конференцията ИНФРАМАТ-2022 даде възможност за представяне на актуални научни изследвания на партньорите на ИНФРАМАТ и на други научни организации, ползващи инфраструктурата и показва някои от разширените апаратурни и методични възможности на разпределената инфраструктура. В програмата на конференцията бяха включени 20 устни доклада, 38 постера в широк обхват от изследователски области и дискусия (кръгла маса) за бъдещото развитие на изследователската инфраструктура. Участваха 70 изследователи от 16 институции в страната и чужбина, сред които управителят на Фонд научни изследвания, проф. Юрий Кълвачев, главният научен секретар на БАН, проф. Нели Косева и д-р Лаура Еспозито, чуждестранен член на Надзорния съвет на ИНФРАМАТ. По проекта ИНФРАМАТ е извършен цялостен ремонт на лаборатория и е закупена апаратура за определяне размер и зета-потенциал на частици в разтвор чрез динамично светоразсейване и електрофоретична мобилност *(Приложение 3)*.

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 портньори 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.
- Във връзка с МЕЖДУНАРОДНА ГОДИНА НА СТЪКЛОТО НА ООН (IYOG2022) в БАН – Голям салон, на 13-14 Октомври 2022 г. успешно бе организирана работна среща, на която доклади изнесоха производители на стъкло и керамика в България и научни групи работещи с тези материали *(Приложение 4)*.

ИФХ участва като съизпълнител в проект по Националната научна програма „Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита (ЕПЛЮС)“, финансиран от МОН. Водеща организация е Институт по електрохимични и енергийни системи - БАН.

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. В началото на 2022 г. броят на докторантите в ИФХ е 3, а в края на същата годината – 2. Продължава да бъде изключително сериозен проблемът на Института във връзка с липсата на кандидати за редовно обявени докторантури и оставащите незапълнени докторантски места.

През 2022 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 (гл.ас. И. Минков), ХТМУ (хим. И. Димитрова), ТУ – София (доц. М. Петрова, гл. ас. М. Георгиева, доц. К. Камбурова, гл.ас. Христина Петкова). Дхн Е. Милева, гл.ас. И. Минков, доц. В. Милкова, гл. ас. Хр. Петкова, гл. ас. Д. Арабаджиева и гл. ас. А. Гюрова са били ръководители и съръководители на назначени в ИФХ студенти от СУ, МУ - София и ТУ – София. Проведен е курс за обучение на докторанти „Основи на електрохимията“ към ЦО, воден от проф. В. Цакова.

В. Чакърова е одобрена като бенефициент по Програма „Млади учени и постдокторанти“ в модул „Млад учен“, финансирана от МОН, за 18 месеца, от 01.11.2022 г.

В подкрепа на подготовката на млади специалисти е успешната дейност на специализираните Колоквиуми 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.

10 учени от ИФХ са сред първите два процента топ учени в света, съгласно класация на Стандфордския университет *(Приложение 5)*. От тях 4 са служители в ИФХ, 3 са асоциирани членове на ИФХ, 3 са покойници.

ИЗНЕСЕНИ ДОКЛАДИ НА СЕМИНАРИ И НАУЧНИ ФОРУМИ

№	Период на провеждане	Място на провеждане	Име на форума	Автори и наименование на доклада
1	03.01.2022 - 16.12.2022	София, България	Колоквиум Алексей Шелудко, секция „Повърхности и колоиди“, ИФХ, БАН	1. **Анна Гюрова**, **Димитринка Арабаджиева**, **Иван Минков**, **Елена Милева**. Ефект на температурата върху повърхностните свойства на смесени системи от четириантенни олигоглицини и бактериални липополизахариди (Доклад) - *[30.09.2022]* 2. Боян Пейчев, **Иван Минков**, **Димитринка Арабаджиева**, Иглика Максимова, **Елена Милева**, Радомир Славчов. Взаимодействие на йони с незаредени монослоеве – измерване на адсорбцията на електролит върху монослой и Хофмайстеров ред (Доклад) - *[28.01.2022]* 3. **Иван Минков**, **Димитринка Арабаджиева**, Иглика Максимова, **Елена Милева**, Радомир Славчов. Адсорбция на флуоровъглеродни алкохоли. Енергия

				за пренос на CF2-група между обемните фази масло/вода (Доклад) - *[18.03.2022]* **4.** Едуарда Енчева, **Иван Минков**, **Димитринка Арабаджиева**, Веселин Петров, **Елена Милева**. Изследване на взаимодействието на хидрофобния медикамент индометацин с обемни агрегати от двуантенен олигоглицин като моделна система за доставяне на лекарства (Доклад) - *[25.11.2022]* **5. Димитринка Арабаджиева**, **Пламен Чуков**, **Иван Минков**, Станислав Стоянов, **Елена Милева**. Изследване на адсорбционните свойства на силикон гликол кополимер (Silsurf A108) използван за ограничаване на петролни разливи (Доклад) - *[04.02.2022]* **6. K. Kamburova**, **N. Boshkova**, **N. Boshkov**, **Ts. Radeva**. Приложение на наноконтейнери с CuO и Сафранин за комбинирана защита на галванизирана стомана срещу корозия и биокорозия (Доклад) - *[21.10.2022]* **7. В. Милкова**, **К. Камбурова**, Н. Вилхелмова-Илиева. Получаване на полимерни капсули за пренос и насочено освобождаване на ремдезивир (Доклад) - *[25.03.2022]* **8.** Калоян Берберов, Валентина Ганева, Илия Гьонов, **Христина Петкова**, Надя Антонова, **Елена Милева**. A physicochemical study of the fluid obtained from the foam of the spittlebug Philaenus spumarius (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphrophoridae) (Доклад) - *[02.12.2022]* **9. Виктория Милкова**. Сравнително изследване на електричните свойства и стабилността на суспензии от колоидни частици стабилизирани с алгинати (Доклад) - *[11.02.2022]* **10. Христина Петкова**, Митко Дойчинов, **Елена Милева**. Синергизъм във водни разтвори на биологично-активни вещества (Доклад) - *[09.12.2022]*
2	09.02.2022 - 11.02.2022	Lisbon, Portugal	15th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies	**11.** Nadia M. Antonova, **Khristo Khristov**, Anika Alexandrova, Alexei Muravyov, Irena Velcheva. Development of Experimental Microfluidic Device and Methodology for Assessing Microrheological Properties of Blood (Доклад)
3	09.03.2022 - 12.03.2022	Borovets, Bulgaria	XIX International congress “Machines, technologies, materials”,	**12. V. Chakarova**, **M. Petrova**. Obtaining abrasives on the base of composit Ni-P coatings for surface treatment of rock materials (Постер) **13. M. Petrova**, **M. Georgieva**, **D. Lazarova**. Electroless metallization of 3D- printed details from PET and PETG (Постер)
4	22.04.2022 - 24.04.2022	Анталия, Турция	Mediterranean International Conference on Research in Applied Sciences	**14.** Karina Marinova, Petar Petrov, Lyudmila Velkova, Aleksandar Dolashki, Valentina Lyubomirova, **Stela Atanasova**, **Bogdan Rangelov**, Pavlina Dolashka. GREEN SYNTHESIS OF METAL NANOPARTICLES FROM PLANT EXTRACTS WITH ANTIBACTERIAL EFFECT (Доклад) - *[22.04.2022]*
5	11.05.2022 - 14.05.2022	Sofia, Bulgaria	Sofia Elektrochemical Days 2022	**15. M. Georgieva**, **M. Petrova**, **D. Lazarova**. Optimization of multicomponent systems for electroless deposition of Cu-Ni-P alloy coatings (Постер) **16.** V. Milusheva, B. Tsaneva, **M. Petrova**. Electrochemical investigation of electroless copper deposition from acetate solutions (Постер) **17. V. Chakarova**, **D. Lazarova**, **M. Petrova**, E. Dobreva, **M. Monev**.

				Electroless deposition of nickel oxidized film (Постер) **18. Marina Arnaudova**. Investigation of the corrosion behavior of Ni-based alloy and composite coatings with W, Mo and non-stoichiometric TiOx (Постер) **19. Миглена Пешова**, **Васил Бъчваров**. "Obtaining of environmentally friendly conversion films on zinc coatings and corrosion behavior in a model medium of 5% NaCl" (Постер) - *[11.05.2022]* **20. K. Kamburova**, **N. Boshkova**, **N. Boshkov**, **Ts. Radeva**. Composite zinc coating containing CuO nanocontainers with corrosion inhibitor for combine protection of steel from chemical and bio-corrosion (Постер)
6	12.05.2022 - 12.05.2022	София, България	Странски-Каишев, Специализиран Колоквиум по „Електрокристализация, галванични покрития и корозионни процеси“ към секция „Електрохимия и корозия“ при ИФХ-БАН	**21. В. Чакърова**. Отчет за втората година като докторант на свободна подготовка (Доклад) - *[12.05.2022]*
7	15.05.2022 - 19.05.2022	Аахен, Германия	31st Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry	**22. Tsakova, Vessela**, Radoslav Ivanov, Caterina Czibula, Christian Teichert. Carbon Substrate-Assisted Spontaneous Metal Deposition -a New Prospect for Development of ElectrocatalyticMaterials (Доклад)
8	16.05.2022 - 17.05.2022	Wiener Neustadt, Австрия	1st Conference of Applied Surface Technology	**23.** Cagan, J., Boiadjieva, Tz., Reinbold, J., Fafilek, G., **Mirkova, L.**, **Monev, M.**, Stache, H., Lengel, R., Vengudusamy, B.. H generation and permeation through steel in contact with non-aqueous media (Доклад) **24.** Reinbold, J., Boiadjieva-Scherzer, Tz., Fafilek, G., **Mirkova, L.**, **Monev, M.**, Stache, H., Lengel, R., Vengudusamy, B.. Investigation of electrochemical induced hydrogen permeation in lubricated metals (Доклад)
9	18.05.2022 - 20.05.2022	Капри, Италия	6th Symposium on Circular Economy and Urban Mining	**25. N.B. Jordanov**. Synthesis and kinetics of sintering of glass-ceramics in air and argon obtained from industrial waste (Доклад)
10	18.05.2022 - 20.05.2022	Capri, Italy	6th Symposium on circular economy and urban mining	**26. Jordanov N.B.**, **Karamanov A.**. Synthesis and kinetics of sintering of glass-ceramics in air and argon obtained from industrial waste (Доклад) **27. Karamanov A.**, **Karamanova E.**. NANO GLASS-CERAMIC BY Fe-Ni WASTE (Доклад) **28. Karamanova E.**, **Karamanov A.**. STRUCTURE AND PHASE COMPOSITION OF CERAMICS FROM MUNICIPAL INCINERATOR BOTTOM ASHES (Постер) **29. Karamanova E.**, **Karamanov A.**. STRUCTURE AND PHASE COMPOSITION OF CERAMICS FROM MUNICIPAL INCINERATOR BOTTOM ASHES (Постер)
11	19.05.2022 - 20.05.2022	Sofia, Bulgaria	13-th National Conference with International Participation ELECTRONICA-2022	**30. M. Georgieva**. Electroless deposition of Cu-Ni-P Alloy Coatings on a Dielectric Surface for Application in Electronic (Доклад)
12	02.06.2022 - 02.06.2022	Plovdiv, Bulgaria	ИНСТРУМЕНТАЛНИ ТЕХНИКИ ЗА ХИМИЧЕСКИ АНАЛИЗ	**31.** Christina Tzvetkova, **Tsvetan Vassilev**. APPLICATION OF TMDSC AS A TECHNIQUE FOR STUDING THE COMPOSITIONAL DEPENDENCE OF GLASS TRANSITIONS: MULTICOMPONENT Pb RICH GLASS ENAMELS (Постер)

13	06.06.2022 - 07.06.2022	Кюстендил, България	Трети интердисциплинарен докторантски форум	**32. В. Чакърова**, **М. Георгиева**, **М. Петрова**. Съотлагане на микро частици в Ni-P матрица върху непроводяща подложка (Постер) **33. Марина Арнаудова**, **Рашко Рашков**. ЕЛЕКТРОКАТАЛИТИЧНО И КОРОЗИОННО ОХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА СПЛАВИ И КОМПОЗИТИ НА Ni C W, Mo, TiOx (Постер)
14	15.06.2022 - 18.06.2022	Корфу, Гърция	9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management	**34. N.B. Jordanov**. Synthesis of sintered glass-ceramics in air and argon obtained from industrial waste revealed by hot stage microscopy (Постер) - *[17.06.2022]* **35. A. Karamanov**, **E. Karamanova**. New glass-ceramic by Fe-Ni wastes with improved structure and properties (Доклад) **36. N.B. Jordanov**, **A. Karamanov**. Synthesis of sintered glass-ceramics in air and argon obtained from industrial waste revealed by hot stage microscopy (HSM) (Постер) **37. E. Karamanova**, **A. Karamanov**. Ceramic Materials and Ceramics Pigments based on high amounts of Industrial and Agricultural wastes (Постер)
15	17.06.2022 - 17.06.2022	София, Bulgaria	XIX Научна постерна сесия за млади учени, докторанти и студенти	**38.** Севгин Фейзула, **Гюнвер Ходжаоглу**, Даниела Григорова. Галваностатично отлагане на железни прахове от чисти сулфатни електролити (Постер) - *[17.06.2022]*
16	22.06.2022 - 23.06.2022	Berlin, Germany	2nd Global Conference on Advanced Nanotechnology and Nanomaterials	**39. M. Georgieva**, **D. Lazarova**, **M. Petrova**. Obtaining of electroless Cu-Ni-P coating on a dielectric surface (Доклад)
17	22.06.2022 - 24.06.2022	Stara Zagora Mineral Baths, Bulgaria	INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE: Multidisciplinary Approach to Ensure the Normal Functioning of Health and Public Systems in Pandemics	**40. V. Milkova**, **K. Kamburova**, **I. Dimitrov**, **A. Gyurova**, N. Vilhelmova-Ilieva. Biopolymer-containing functional platforms for in vitro targeted transmission and combined release of therapeutic components in the treatment of coronavirus infection (Пленарен/ключов)
18	22.06.2022 - 25.06.2022	Варна, България	VII International Scientific Conference – Summer Session: Industry 4.0	**41. Nelly Boshkova**, **Kamelia Kamburova**, **Tsetska Radeva**, **Nikolai Boshkov**. „Innovative protective system aiming to improve the localized and microbial corrosion resistance" (Постер) **42. Nikolai Boshkov**, **Nelly Boshkova**, Irina Stambolova, Daniela Stoyanova. „Hybrid multilayer system for enhanced corrosion protection" (Постер)
19	26.06.2022 - 30.06.2022	Brisbane, Australia	17th Conference of the International Association of Colloid and Interface Scientists (IACIS)	**43. Elena Mileva**, **Anna Gyurova**, **Ljubomir Nikolov**. Novel Pathway For Detection And Entrapment Of Bacterial Lipopolysaccharides In Aqueous Media (Доклад)
20	28.06.2022 - 01.07.2022	Париж, Франция	5th International Conference on Innovation in Art Research and Technology	**44.** Velcheva Evelina, Tapanov Stefan, Stamboliyska Bistra, **Atanasova–Vladimirova Stela**, Guncheva Maya, Stoyanov Simeon. Materials and techniques of mural paintings in the Church – ossuary of the Rila Monastery, Bulgaria (Постер) - *[29.07.2022]*
21	03.07.2022 - 06.07.2022	Краков, Полша	EUFOAM 2022 Conference	**45. H. Petkova**, M. Doychinov, E. Jarek, M. Krzan, **E. Mileva**. SYNERGY IN AQUEOUS SYSTEMS OF BIO-SURFACTANTS: SAPONIN/PECTIN MIXTURES (Доклад) **46. Elena Mileva**, **Anna Gyurova**, **Dimi Arabadzieva**, **Ljubomir Nikolov**. Self-assembly of antennary oligoglycines in aqueous

				media: fine-tuning and applications (Пленарен/ключов) **47. Dimitrinka Arabadzhieva**, **Elena Mileva**, **Ivan Minkov**, Stanislav Stoyanov, **Plamen Tchoukov**. Adsorption Properties and Surface Rheology Study of PEG-8 Dimethicone (Доклад)
22	25.07.2022 - 27.07.2022	Париж, Франция	Седма европейска конференция по кристален растеж	**48. Bogdan Ranguelov**, **Andrey Milchev**. Translocation kinetics of vesicles through narrow pores (Постер)
23	26.07.2022 - 30.07.2022	Сплит, Хърватия	1-st Central and Eastern European Conference on Physical Chemistry & Materials Science, Split, Croatia, 26 - 30 July 2022	**49. Nikolai Boshkov**, **Kamelia Kamburova**, **Tsetska Radeva**, **Nelly Boshkova**. „Corrosion characterization of hybrid zinc coatings on steel with embedded CuO nanoparticles in artificial sea water" (Доклад) **50. Nelly Boshkova**, **Kamelia Kamburova**, **Tsetska Radeva**, **Nikolai Boshkov**. „Protective ability against localized corrosion of steel by hybrid zinc-based coatings in 5% NaCl solution" (Постер)
24	15.08.2022 - 19.08.2022	Прага, Чешка република	Regional Meeting of the International Society of Electrochemistry	**51. J.Georgieva**, S.Sotiropoulos, **D.Tatchev**. Preparation and characterization of platinized TiO2/rGO nanocomposite for synergistic electrocatalytic and photoelectrocatalytic applications (Постер) **52. Tsakova, Vessela**, Radoslav Ivanov, Chiydem Hyusein. Metal-Modified Carbon Screen Printed Electrodes for Electroanalytical Purposes (Доклад)
25	19.08.2022 - 22.08.2022	Burgas, Bulgaria	24th International Conference "Materials, Methods & Technologies	**53. M. Georgieva**, S. Kozhukharov, M. Petrova, D. Lazarova. Investigation of the chemical resistance of electroless deposited copper-nickel-phosphorus alloy on dielectrics (Постер) **54. Nikolai Boshkov**, Ludmil Lutov, Nadezhda Tabakova, **Nelly Boshkova**. „Innovative passivation film on galvanic zinc coatings based on tannin and gelatin" (Доклад)
26	29.08.2022 - 30.08.2022	София, България	8th INTERNATIONAL BLACK SEA COASTLINE COUNTRIES SCIENTIFIC RESEARCH CONFERENCE	**55.** Anika ALEXANDROVA, **Iskra PIROEVA**, **Stela ATANASOVA-VLADIMIROVA**. INVESTIGATION OF MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF ERYTHROCYTES IN EXPERIMENTAL MODELS OF BLOOD CLOTS IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS, USING SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (Доклад) - *[30.08.2022]* **56.** Karina MARINOVA, Petar PETROV, Lyudmila VELKOVA, Aleksandar DOLASHKİ, **Stela ATANASOVA**, **Bogdan RANGELOV**, Pavlina DOLASHKA. METAL NANOPARTICLES FROM MEDICINAL PLANTS WITH ANTIBACTERIAL EFFECT (Доклад) - *[30.08.2022]*
27	04.09.2022 - 09.09.2022	Chania, Crete, Greece	36th Conference of the European Colloid and Interface Society	**57.** Eduarda Encheva, **D. Arabadzhieva**, **I. Minkov**, **A. Gyurova**, V. Petrov, **Elena Mileva**. Targeted drug delivery system based on bulk nanostructures formed by two-antennary oligoglycines (Постер) **58. Elena Mileva**, **Anna Gyurova**, **Dimitrinka Arabadzhieva**, Kaloyan Berberov, **Ljubomir Nikolov**. Nanostructured Materials and Coatings Based on Synthetic Four-Antennary Peptides (Доклад)
28	07.09.2022 - 11.09.2022	Пловдив, България	Carpathian-Balkan Geological Association	**59.** Yana Tzvetanova, Nadejda Lihareva, Louiza Dimowa, Liliya Tsvetanova, Aleksandar Nikolov, **Iskra Piroeva**, Zlatka Delcheva, Ognyan Petrov. Study of Cd uptake onto modified forms of natural clinoptilolite tuff (Постер) - *[08.09.2022]* **60. Stela Atanasova-Vladimirova**, Rossitsa Vassileva,

				Sylvina Georgieva, Georgi Milenkov, **Iskra Piroeva**. Application of X-ray elemental mapping on REE minerals: a case study of allanite, monazite, apatite and zircon (Постер) - *[08.09.2022]*
29	11.09.2022 - 16.09.2022	Lublin, Poland	23rd International Symposium on Surfactants in Solution 2022	**61. Elena Mileva**, **Dimitrinka Arabadzhieva**, **Plamen Tchoukov**. Synergy in adsorption properties and microscopic foam-film performance in the case of cationic/nonionic surfactant mixtures (Доклад)
30	12.09.2022 - 14.09.2022	Пловдив, България	INFRAMAT Research Infrastructure in support of Science, Technology and Culture	**62. S. Atanasova-Vladimirova**, E. Velcheva, S. Tapanov, B. Stamboliyska, D. Yancheva, M. Guncheva, S. Stoyanov, **I. Piroeva**, **B. Ranguelov**. Scanning electron microscope analysis of natural painting in the Church–ossuary of the Rila Monastery, Bulgaria (Доклад) - *[14.09.2022]* **63. К. Камбурова**, **Н. Божкова**, **Н. Божков**, **Ц. Радева**. Application of Safranin loaded CuO nanocontainers for combined protection of low-carbon steel against corrosion and biofouling (Доклад) **64. К. Камбурова**, **A. Gyurova**, **I. Dimitrov**, **V. Milkova**. Design of soft nanocapsules for drug delivery in the therapy of coronavirus infection (Постер) **65. V. Chakarova**, **M. Monev**. X-ray fluorescence (EDXRF) measuring instrument. Application in practice and science (Постер) **66. Feyzim Hodzhaoglu**. Sample preparation of different materials (Доклад) - *[14.09.2022]* **67.** R. Ivanov,, **V. Tsakova**, C. Czibula, C. Teichert, M. Bojinov. Glycerol oxidation at Pd nanocatalysts obtained through spontaneous metal deposition on carbon screen-printed electrodes (Доклад) **68.** Chydem Hyusein, **V. Tsakova**. Nitrate reduction at Pd-Cu modified screen printed electrodes (Постер)
31	13.09.2022 - 15.09.2022	Sozopol, Bulgaria	XXXI International Scientific Conference Electronics	**69. M. Georgieva**. Electrochemical Study on Electroless Cu-Ni-P Alloy (Доклад) **70. M. Georgieva**, **V. Milusheva**. Electroless and Electrochemical Copper Deposition to Form a Conductive Layer on Anodized Aluminum Substrate (Доклад)
32	13.09.2022 - 16.09.2022	Sofia, Bulgaria	International Conference MachTech 2022 Sofia	**71. Фейзим Ходжаоглу**, **Гюнвер Ходжаоглу**. Участие без доклад (Доклад) - *[16.09.2022]*
33	03.10.2022 - 05.10.2022	Roma, Italy	3rd International Conference on Polymer Science and Composite Materials Conference	**72. V. Milkova**, **K. Kamburova**, **A. Gyurova**, **I. Dimitrov**, N. Vilhelmova-Ilieva. Polysaccharide-based Capsules for Potential Treatment of Coronavirus Infection (Доклад)
34	13.10.2022 - 14.10.2022	София, България	2022 – МЕЖДУНАРОДНА ГОДИНА НА СТЪКЛОТО НА ООН 13-14 Октомври 2022, София	**73. Karamanov A.**. Стъкларска и керамичната промишленост и наука в България (Пленарен/ключов) **74. Karamanov A.**. ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИНТЕР_КРИСТАЛИЗАЦИЯ (Доклад)
35	13.10.2022 - 14.10.2022	Baku, Azerbaijan	11th International Conference "ACB-2022": Achievements and Challenges in Biology	**75.** N. Vilhelmova-Ilieva, A. Georgieva, E. Tzvetanova, **V. Milkova**, **K. Kamburova**, **A. Gyurova**, **I. Dimitrov**, P. Martinov, Zd. Petrova, M. Mileva. Polysaccharide-based capsules for potential treatment of

				coronavirus infection (Доклад)
36	13.10.2022 - 14.10.2022	Белград, Сърбия	10th International Scientific Conference on Defensive Technologies	**76. Iskra Piroeva**, **Stela Atanasova-Vladimirova**, **Feyzim Hodzhaoglu**, Radi Ganev. INVESTIGATION ON THE DISTRIBUTION OF COMPONENTS IN RECYCLE DOUBLE BASED PROPELLANTS (Доклад) - *[13.04.2022]*
37	09.11.2022 - 10.11.2022	Дубай, Обединени арабски емирати	6th International Conference on Materials Science & Engineering, Dubai, 09 - 10 November 2022	**77. Nikolai Boshkov**, **Nelly Boshkova**, Irina Stambolova, Daniela Stoyanova. „Improved corrosion resistance of oxide sol-gel films deposited on zinc-based substrates" (Доклад) - *[09.11.2022]* **78. Nelly Boshkova**, Ludmil Lutov, Nadezhda Tabakova, **Nikolai Boshkov**. „Environmentally friendly surface films for corrosion protection of galvanized steel" (Постер) - *[10.11.2022]*
38	21.11.2022 - 24.11.2022	Sofia, България	CATALYSIS FOR EUROPE'S GREEN TRANSITION: ADVANCING INDUSTRIAL CATALYSIS BY SYNERGY OF EXPERIMENTS AND SUPERCOMPUTING SIMULATIONS	**79. Stephan Armyanov**. Photocatalytic properties of TiO2 and its nanotubes arrays doped with N and B,N (Доклад)
39	29.11.2022 - 29.11.2022	Sofia, Bulgaria	Странски-Каишев Колоквиум по фазообразуване и кристален растеж	**80. Фейзим Ходжаоглу**, **Ивайло Димитров**, **Гюнвер Ходжаоглу**, Гаврил Билев. Образуване и превенция на котлен камък от изворни калциево-магнезиеви води "Радомир" и "Панчарево" (Доклад) - *[29.11.2022]*
40	01.12.2022 - 01.12.2022	София, България	Специализиран Колоквиум по „Електрокристализация, галванични покрития и корозионни процеси" към секция „Електрохимия и корозия" при ИФХ-БАН	**81. В. Чакърова**. Отчет за третата година като докторант на свободна подготовка и отчисляване с право на защита (Доклад) - *[01.12.2022]*
41	08.12.2022 - 09.12.2022	София, България	Геонауки 2022	**82.** Яна Цветанова, **Искра Пироева**. Таумасит в калциеви скарни от Pb-Zn находище Звездел-Пчелояд, Източни Родопи, България (Постер) - *[09.12.2022]*

ПРОЕКТИ

Международни

№	Тип	Договор № Акроним Име	Финан-сираща инсти-туция	Година на конкурса	Период на договора от-до	По отношение на проекта звеното е:	Други организаци-и-участници	Проект за съфина-н-сиране	Екол. насока	Инова-ционен код	Ръководител на екипа от звеното (име, тел., email)	Участници от звеното	Забележка	Обща стойност на проекта (за звеното)
1	Чуждестранни фирми	№ - АБР: ECIL Electrochemistry in lubricants	CEST	2019	2019 - 2022	Съизпълнител		Не	Да		Милко Монев. monev@ipc.bas.bg	2		60 000.00 лв.
2	Чуждестранни фирми	№ - АБР: - Рамков договор за научно-изследователска дейност в областта на електрохимичните технологии за повърхностна обработка	CEST Competence Centre for Electrochemical Surface Technology GmbH, Wiener Neustadt, Austria	2018	2019 - 2022	Съизпълнител		Не	Да		Милко Монев. monev@ipc.bas.bg	1		0.00 лв.
3	РП на ЕС, НАТО, ЮНЕСКО и др.	№ КП-06-КОСТ-11 АБР: - Топологични	COST акция CM 17139	2019	2019 - 2022	Водеща организация		Не	Не		Андрей Иванов Милчев. +3592 9792537 milchev@ipc.bas.	1		40 000.00 лв.

		аспекти на структурата и фазовите преходи в пространствено-ограничени полимерни системи									bg			
4	РП на ЕС, НАТО, ЮНЕСКО и др.	№ - АБР: Ocean4Biotech CA18238 "European transdisciplinary networking platform for marine biotechnology"	ЕС, COST Action	2020	2019 - 2023	Съизпълнител		Не	Да		Виктория Милкова Накова. vmilkova@ipc.bas.bg	4		0.00 лв.
5	Международно сътрудничество в рамките на междуакадемични договори и споразумения (ЕБР)	№ - АБР: - Многослойни защитни системи на стомана на базата на цинк и избрани цинкови сплави	БАН	2019	2020 - 2022	Съизпълнител	Виетнамска Академия на науките и технологията	Не	Не		Николай Стоянов Божков. 02 9792521 NBoshkov@ipc.bas.bg	6		5 000.00 лв.
6	Международно сътрудничество в рамките на междуакадемични договори и споразумения (ЕБР)	№ - АБР: - Модифицирани наноматериали за електро- и фотоелектрокатолитични приложения – синтез и характеризиране		2022	2022 - 2025	Съизпълнител	Physical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Aristotle University of Thessaloniki	Не	Да		Женя Стефанова Георгиева. jenia@ipc.bas.bg	3		0.00 лв.
7	Международно сътрудничество в рамките на междуакадемични договори и споразумения (ЕБР)	Биосъвместими пени и емулсии, стабилизирани с частици и предназначени за биомедицински приложения		2018	2018 - 2021 (продължено 2022)	Съизпълнител	Институт по катализ и химия на повърхностите, Полска академия на науките	Не	Да		Елена Милева mileva@ipc.bas.bg	3		0.00 лв

Национални

№	Тип	Договор № Акроним Име	Финан-сираща инсти-туция	Година на конкурса	Период на договора от-до	По отношение на проекта звеното е:	Други организации-участници	Проект за съфинан-сиране	Екол. насока	Инова-ционен код	Ръководител на екипа от звеното (име, тел., email)	Участници от звеното	Забележка	Обща стойност на проекта (за звеното)	Получени приходи през периода
1	ФНИ	№ - АБР: ДН 19/1 МЕТАЛИЗИРАНЕ НА ДИЕЛЕКТРИЧНИ МАТЕРИАЛИ ОТ ИНОВАТИВНИ ЕКОЛОГОСЪОБРАЗНИ ЕЛЕКТРОЛИТИ	ФНИ	2017	2017 - 2022	Водеща организация	ХТМУ, ТУ	Не	Да		Мария Христова Петрова-Николова. 02/ 979 35 80 mpetrova@ipc.bas.bg	5		120 000.00 лв.	0.00 лв.
2	ФНИ	№ ДН 19/7 АБР: - "Теория и приложение на синтер-кристализация"		2017	2017 - 2022	Водеща организация		Не	Да		Александър Живков Караманов. 02/979 25 52 karama@ipc.bas.bg	9		105 000.00 лв.	0.00 лв.
3	ФНИ	№ - АБР: - Изследвания върху синтеза и структурата на керамични пигменти от чисти и отпадъчни суровини, с приложение за силикатната		2018	2018 - 2022	Съизпълнител		Не	Да		Александър Живков Караманов. 02/979 25 52 karama@ipc.bas.bg	4		20 000.00 лв.	0.00 лв.

		индустрия													
4	ФНИ	№ КП-06-Н29/1 АБР: - „Функционални нанокомпозитни слоеве на основата на аноден алуминиев оксид и химичното му метализиране"	ФНИ	2018	2018 - 2022	Съизпълнител	ТУ-София - Базова организация, ХТМУ	Не	Да		Мария Христова Петрова-Николова. 02/ 979 35 80 mpetrova@ipc.bas.bg	4		120 000.00 лв.	0.00 лв.
5	Министерства и други ведомства	№ Д01-214/28.11.18 АБР: ЕПЛЮС Национална научна програма „Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита (ЕПЛЮС)" Работен пакет 1: Задача 1.3.1. Авангардни катализатори, каталитични носители и електроди, мембрани и мембранни електродни пакети за електролиза на вода в клетки с полимерен електролит	ННП "Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита (ЕПЛЮС)"	2018	2018 - 2022	Подизпълнител		Не	Да		Рашко Стефанов Рашков. rasho@ipc.bas.bg	6		24 704.00 лв.	18 012.50 лв.
6	Оперативни програми на структурните фондове	№ BG05M2OP001-1 АБР: - Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика		2016	2018 - 2023	Съизпълнител		Не	Да		Александър Живков Караманов. 02/979 25 52 karama@ipc.bas.bg	6		3 165 301.00 лв.	0.00 лв.
7	Оперативни програми на структурните фондове	№ BG05M2OP001-1.001-08 АБР: - Национален център по мехатроника и чисти технологии	ОП "Наука и образование за Интелигентен растеж"	2017	2018 - 2023	Съизпълнител	ИОНХ, ИОХЦФ, ИК, ИП, ИМЕХ, ИФТТ, ИЕЕС, ИОМТ, ИМК, ЦЛПФ, ИМЦТ - БАН, СУ, ТУ-София	Не	Да		Богдан Ставрев Рангелов. 0887871600 rangelov@ipc.bas.bg	7		2 482 817.00 лв.	0.00 лв.
8	ФНИ	№ КП-06-Австрия-5 АБР: - Получаване и комплексно характеризиране на наноразмерна скала на електронно проводящи полимери	ФНИ	2019	2019 - 2022	Водеща организация	Институт по физика, Монтан Университет, Леобен, Австрия	Не	Не		Весела Цветанова Цакова-Станчева. 02/979 25 57 tsakova@ipc.bas.bg	3		40 000.00 лв.	0.00 лв.
9	ФНИ	№ - АБР: - Thin liquid	ФНИ	2019	2019 - 2022	Водеща организация		Не	Не		Любомир Николов Николов.	3		5 000.00 лв.	0.00 лв.

		films – fundamentals and applications, посветен на 100 годишнината на Алексей Шелудко									ljubo@ipc.bas.bg				
10	ФНИ	№ КП-06-Н37/16 АБР: - Нови екологосъобразни едно- и многослойни покрития за корозионна защита на конструкционни материали с широко приложение		2019	2019 - 2023	Водеща организация	ХТМУ, София ИОНХ-БАН	Не	Да	iR2	Нели Димитрова Божкова. 359 02 35 96 nellydt@abv.bg	5		57 000.00 лв.	0.00 лв.
11	ФНИ	№ КП-06-Н39/5 АБР: - Дизайн и охарактеризиране на меки наноструктурирани материали, получени от антенни олиголицини	ФНИ	2019	2019 - 2023	Водеща организация	не	Не	Да		Елена Димитрова Милева. mileva@ipc.bas.bg	5		120 000.00 лв.	0.00 лв.
12	Министерства и други ведомства	№ 382/18.12.2020 АБР: МОН ИНФРАМАТ (Разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложение, както и и за консервация, достъп и е-съхранение на артефакти (археологически и фолклорни))	Министерство на образованието и науката	2020	2020 - 2022	Водеща организация	Консорциум от 16 академични институции, висши училища и музеи.	Не	Не		Весела Цветанова Цакова-Станчева. 02/979 25 57 tsakova@ipc.bas.bg	9		183 250.00 лв.	0.00 лв.
13	ФНИ	№ КП-06-Китай/4 АБР: - Разработване на нови композитни материали и покрития на тяхна база за дългосрочни приложения срещу корозия / биокорозия		2020	2020 - 2023	Водеща организация	Ningbo Institute of Materials Technology and Engineering, Chinese Academy of Sciences	Не	Да		Николай Стоянов Божков. 02 9792521 NBoshkov@ipc.bas.bg	7		40 000.00 лв.	0.00 лв.
14	ФНИ	№ - АБР: КП-06-ПН48/1 Наноразмерни магнитни частици, получени от оксидни		2020	2020 - 2023	Съизпълнител	ХТМУ, СУ-ФзФ, ИОНХ-БАН	Не	Не		Драгомир Младенов Тачев. 02/9792570 dtachev@ipc.bas.bg	2		18 700.00 лв.	0.00 лв.

		стъкла, за приложения в биомедицината.													
15	ФНИ	№ КП-06-ДК1/3 АБР: - Биополимер-съдържащи функционални платформи за in vitro насочен пренос и комбинирано освобождаване на терапевтични компоненти при лечение на коронавирусна инфекция	Фонд Научни Изследвания	2020	2021 - 2023	Водеща организация	Институт по микробиология „Стефан Ангелов“, Българска академия на науките	Не	Да		Виктория Милкова Накова. vmilkova@ipc.bas.bg	6		200 000.00 лв.	0.00 лв.
16	ФНИ	№ КП-06-КОСТ/8 АБР: - Дизайн на “сини” функционални структури с потенциално приложение в терапията срещу Болестта на Алцхаймер	Фонд Научни Изследвания	2021	2021 - 2023	Водеща организация		Да	Да		Виктория Милкова Накова. vmilkova@ipc.bas.bg	4		40 000.00 лв.	0.00 лв.
17	Министерства и други ведомства	№ Д01-306/20.12.2021 АБР: МОН ИНФРАМАТ (Разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложение, както и и за консервация, достъп и е-съхранение на артефакти (археологически и фолклорни))	Министерство на образованието и науката	2021	2021 - 2023	Водеща организация		Не	Не		Весела Цветанова Цакова-Станчева. 02/979 25 57 tsakova@ipc.bas.bg	9		136 800.00 лв.	0.00 лв.
18	Министерства и други ведомства	№ Д01-172/28.07.2022 АБР: ИНФРАМАТ ИНФРАМАТ (Разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложение, както и и за консервация, достъп и е-съхранение на артефакти	Министерство на образованието и науката	2022	2022 - 2024	Водеща организация		Не	Не		Весела Цветанова Цакова-Станчева. 02/979 25 57 tsakova@ipc.bas.bg	1		689 500.00 лв.	0.00 лв.

		(археологически и фолклорни))													
19	ФНИ	№ КП-06-ПН67/36 АБР: - Използване на български мергелови суровини с добавки от други природни и индустриални източници за синтез на висококачествени керамики тип „жълти“ павета”		2022	2022 - 2025	Водеща организация		Не	Да		Александър Живков Караманов. 02/979 25 52 karama@ipc.bas.bg	3		350 000.00 лв.	0.00 лв.

Приложение 1

Проект **Инфрамат**

част от Националната пътна карта за научна инфраструктура, подкрепен финансово от Министерство на образованието и науката

Научен семинар, организиран от екипа на ИФХ в проект ИНФРАМАТ.

„ИНСТРУМЕНТАЛНИ МЕТОДИ И ОБОРУДВАНЕ В ПОМОЩ НА ПРОУЧВАНЕТО И ОПАЗВАНЕТО НА КУЛТУРНОТО НАСЛЕДСТВО"

Оптична и електронна микроскопия, Инфрачервена спектроскопия, Раманова спектроскопия, Електронен парамагнитен резонанс, Рентгенова дифракция, Томография и рентгено-флуоресцентен анализ.

Приложение 2

Научна конференция на ИНФРАМАТ-2022 под надслов Изследователска инфраструктура в услуга на науката, технологиите и културата, 12-14 септември, 2022г.

Приложение 3

Проект **Инфрамат**

част от Националната пътна карта за научна инфраструктура, подкрепен финансово от Министерство на образованието и науката

Цялостен ремонт в Лаборатория 411 на ИФХ и закупуване на апаратура

- определя размер и зета-потенциал на частици в разтвор чрез динамично светоразсейване и електрофоретична мобилност

Преди

След

Приложение 4

2022 – МЕЖДУНАРОДНА ГОДИНА НА СТЪКЛОТО НА ООН (IYOG2022)

Международната комисия по стъкло (ICG), заедно с общността на стъкларските асоциации (CGA) и ICOM-Glass, и Националните комитети на ICG представят:

Международна година на стъклото, 2022

Приложение 5