

## Справка

за оригиналните научни приноси на

доц. Кръстанка Георгиева Маринова,

представена за участие в конкурс за академична длъжност професор по ПН 4.2. Химически науки (Физикохимия – Формулиране на дисперсии за козметиката и битовата химия), обявен в Държавен вестник, бр. 55 от 28.06.2024 г.

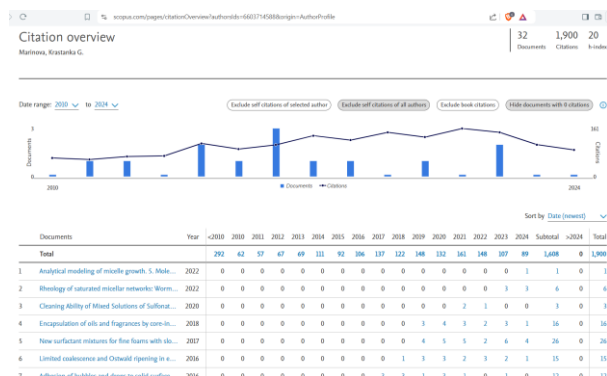
За участие в конкурса представям 22 работи, от които 20 научни публикации в пълен текст, един регистриран международен патент, и една подадена заявка за международен патент. Всички представени 22 работи не са използвани в конкурса за доцент във Факултета по химия и фармация, започнал 2009 г. и завършил през 2010 г. (Диплома № 26017/18.01.2010г., ВАК), не са използвани и в дисертацията ми за ОНС „доктор“, защитена през 2002 г. (Диплома № 28281/27.01.2003г., ВАК).

От публикациите в пълен текст:

- 14 са реферирани в международните бази данни (Scopus и WoS) като 8 са публикувани в списания от Q1 (по SJR), 5 са публикувани в списания от Q2 (по SJR), и 1 е глава от книга. Върху тези публикации, след изключване на самоцитиранията на всички автори, са забелязани над 480 цитата (Scopus).
- 1 публикация е в списание (Bulgarian Journal of Physics) без SJR и без IF, и тя е цитирана 5 пъти в публикации, реферирани в Scopus.
- 5 публикации в пълен текст са публикувани в сборници от конференции, които не са индексирани в базите данни. Тези публикации съдържат оригинални резултати, които не са публикувани в други работи на кандидата.

Първи автор съм на 4 от представените публикации, автор за кореспонденция - на 7.

Общият брой на публикациите, на които съм съавтор, е 46, от които 32 са реферирани в Scopus, (30 са реферирани в Web of Science). Върху всички публикации са забелязани 1900 цитата в Scopus (1830 в WoS) с изключени самоцитирания на всички автори. Индексът на Хирш е  $h=20$  в Scopus ( $h=18$  в WoS).



Публикациите за участие в конкурса са насочени в три научни направления в областта Физикохимия: (1) Разработка и валидиране на нови експериментални методи за определяне на междуфазово напрежение и на реологията на разширение на флуидни и на втвърдяващи се граници между флуидни фази; (2) Експериментално изследване и физико-химично описание на повърхностните свойства на системи с нетривиални свойства като много висока повърхностна еластичност и/или вискозитет, състав зависещ от реда на добавяне на компонентите и температурата; (3) Физико-химично охарактеризиране на многокомпонентни системи с приложение в козметиката и битовата химия, вкл. разработка на формулировки за приложения.

1. Разработка и валидиране на нови експериментални методи за определяне на междуфазово напрежение и на реологията на разширение на флуидни и на втвърдяващи се граници между флуидни фази [1,4,7,9,21]

Междуфазовото напрежение в динамични и статични условия и повърхностните реологични свойства са основни физико-химични параметри за количествено описание на получаването и стабилността на пени и емулсии – едни от най-използваните дисперсни системи в готови продукти и в производствени технологии в хранително-вкусовата промишленост, козметиката, битовата химия, фармацевцията, производството на хартия, добив и преработка на нефт, и др. Съществуващите и масово използвани експериментални методи за определяне на междуфазово напрежение са приложими за флуидни адсорбционни слоеве с *изотропни* свойства: методът с анализ на формата на капки и мехурчета с аксиална симетрия (известен като ADSA) описва профила с уравнение на Лаплас за флуидни граници; методите на максималното налягане в мехурче (MBPM) и капилярната тензиометрия (CPT) изчисляват повърхностното напрежение от измереното капилярно налягане за сферична повърхност; при методите с пластинка на Wilhelmy и с пръстен на du Nouy от измерената сила се изчислява ефективното повърхностно напрежение. Тези методи са неприложими в случаите на *нехомогенни анизотропни* междуфазови граници. В допълнение, най-разпространените методи за охарактеризиране на повърхностната реология се базират на измервания с ADSA или с вана на Лангмюир. Методът с вана на Лангмюир изисква значителни обеми и затова последните години по-използван е методът ADSA. Ограниченията на методът ADSA идват от сравнително ниските вискозитети на фазите, до които се получават адекватни резултати, поради влиянието на вискозното триене върху капилярното налягане. За практически приложения от особена важност са системи с вискозитет поне 100 пъти по-висок от този на водата, а желателно и до 10 000 пъти вискозитета на водата.

1.1. Разработена е оригинална процедура и апаратура, която е описана в регистриран патент [21], позволяваща синхронизираното измерване на налягането и определяне на профила на аксиално симетрични капки и мехурчета във времето през малки времеви интервали. Чрез предложената едновременна обработка на профилите и налягането,

апаратурата позволява да се получи информация за момента на преминаване от флуидни към еластични повърхностни слоеве и за локалните тензорни компоненти на повърхностното напрежение в различните точки от анизотропни и изотропни повърхностни слоеве. Принципите на действие на новата апаратура са валидирани в [1,4,7,9], виж точки 1.2–1.5.

1.2. На базата на апаратурата [21] е разработен нов метод за измерване на реологичните параметри на разширение на повърхност между течности с нисък и висок вискозитет в присъствие на повърхностно активни вещества [1]. Въведена е теоретична поправка отчитаща вискозните приноси в капилярното налягане. Систематичните експерименти с осцилиращи сферични водни капки във външна маслена фаза с вискозитет между 5 и 10 000 mPa.s при честоти  $< 1$  Hz еднозначно потвърждават приложимостта на метода за определяне на повърхностния еластичен модул, който в рамките на експерименталната точност не зависи от вискозитета на маслената фаза

1.3. Въведен е количествен критерий за фазов преход от флуидни към еластични повърхностни слоеве [4,7,9] основан на промяната на грешката при обработка на профилите на капки и мехурчета с класическото уравнение на Лаплас. Преходът се характеризира с моментната стойност на изотропното повърхностно напрежение, при която грешката стръмно нараства, виж напр. Фиг. 1 от [4]. Показано е, че преходът се осъществява при повърхностно напрежение около 50 mN/m за слоеве от протеина HFBII и от грахов протеин [4,9].

1.4. Разработената процедура и апаратура за първи път е приложена за определяне на двете главни компоненти на тензора на повърхностно напрежение (по направление на „меридианите“ и „паралелите“) за еластични повърхностни слоеве [7,9]. В случай на висящи капки от разтвор на протеин HFBII е показано, че еластичният повърхностен слой винаги има по-голям компонент на повърхностното напрежение по посока на меридианите и в момента на нагъване на еластичния слой, компонентът по посока на паралелите приема отрицателни стойности. Поради симетрията, в апекса на висящите капки тензорът на повърхностно напрежение е симетричен, но стойността на повърхностното напрежение (около 20 mN/m) е много по-ниска от формално определената по стандартния метод (около 50 mN/m с използване на ADSA), виж напр. Фиг. 6 от [9].

1.5. Експерименталният метод успешно е адаптиран за определяне на тензора на напрежение и силата на адхезия за флуидни и еластични капилярни повърхности образувани при взаимодействие на мехурчета или капки с твърда плоска повърхност [9]. Измерват се широк спектър от физико-химични параметри на системите: компонентите на напрежението по капилярния профил, равновесните, настъпващи и отстъпващи контактни ъгли за флуидни и еластични адсорбционни слоеве, силите на адхезия и на капилярния мост. Високата чувствителност на метода позволява количественото определяне на сили от порядъка на няколко  $\mu$ N за протеинови адсорбционни слоеве, виж напр. Фиг. 14 от [9].

2. Експериментално изследване и физико-химично описание на повърхностните свойства на системи с нетривиални свойства като много висока повърхностна

еластичност и/или вискозитет, състав зависещ от реда на добавяне на компонентите и температурата [2,6,10,11].

В литературата са описани редица системи, които проявяват нетривиални свойства като неправилна форма и/или грапави повърхности на капки и мехурчета, най-често при стабилизация с протеини или с различни видове частици, и обикновено се дава само качествено обяснение на тези наблюдения. По-доброто разбиране на физико-химичните параметри на такива системи би помогнало съществено за оптимизацията на функциите на редица продукти, които са именно с такива свойства, както и би разширило значително областите на приложение. От практиката е известно, че редът на добавяне на компонентите има ключово влияние върху структурата и стабилността на многокомпонентни дисперсни системи. Повърхностните свойства са определящи за различната стабилност, но охарактеризирането и описанието им за такива многокомпонентни системи е обемна и нелека задача, особено при висока повърхностна еластичност. Температурата е друг ключов фактор за получаването, стабилността, и приложенията на дисперсни системи, защото с промяната на температурата се променят както повърхностните, така и обемните свойства на компонентите. Разбирането на водещите фактори за общата промяна на стабилността позволява по-лесна оптимизация на съставите за всяко конкретно приложение.

2.1. Изследвани и описани са повърхностните адсорбционни и реологични свойства на екстракти от Quillaja сапонини [2]. Определената площ на молекула позволява да се покаже най-вероятната конфигурация на молекулите на повърхността. Определената повърхностната еластичност по модела на Фолмер съвпада много добре с измерената експериментално по няколко метода: осцилираща сферична капка по СРТ метода, разширяваща се капка по СРТ метода, и осцилации във вана на Лангмюир. Резултатите от измервания с осцилираща висяща капка се различават съществено заради неприложимостта на този метод при силно еластични слоеве, както е показано и в работи [4,7]. Предвид силно нарасналото използване и изследване на различни сапонини и на други био-сърфактанти с нетривиални повърхностни свойства през последните 10 години, работа [2] е най-цитирана от всички представени за конкурс.

2.2. Изследвани и описани са повърхностните адсорбционни и реологични свойства на смеси от протеина хидрофобин HFBI и анионното повърхностно-активно вещество натриев додецил сулфат (SDS) [6]. Показани са съществени ефекти от концентрацията и последователността на адсорбция: ако на повърхността въздух/вода първо се адсорбира HFBI, той не може да бъде десорбиран от мицеларен разтвор на SDS разтвор, както се случва с други протеини (BLG, BSA). Показано е, че слоевете HFBI имат чисто еластично поведение, като повърхностните вискозни ефекти са незначителни. Повърхностната еластичност на разширение на адсорбционните слоеве HFBI значително намалява в присъствието на SDS, но се възстановява след десорбиране на SDS. Предложена е нова процедура за обработка на данни, чрез построяване на единична кумулативна основна крива за промяна на повърхностното напрежение от повърхностната деформация чрез събиране на данни от различни серии измервания с осцилиращи мехурчета (извършени при различни

повърхностни напрежения). Диференцирането на тази зависимост дава зависимостта на повърхностната еластичност на разширение от повърхностното налягане/напрежение с много добра точност.

2.3. Изследвани и описани са междуфазовите адсорбционни и реологични свойства на протеина хидрофобин HFВII и на негови смеси с други протеини на граница вода-масло [10]. С методиката развита в [4,7] е показано, че подобно на поведението на граница вода/въздух [6], и на границата вода/масло адсорбционният слой на HFВII се втвърдява под определена прагова стойност на междуфазовото напрежение. Показано е, че адсорбцията на молекулите на HFВII на граница вода/масло е необратима, подобно на границата вода/въздух. Тези свойства на HFВII са използвани за получаване на много стабилни емулсии, вкл. с потиснато Оствалдово зреене.

2.4. Изследван е ефекта от добавяне на мастен алкохол към алкални водни разтвори на смеси от ниско-молекулни повърхностно-активни вещества и е показано, че присъствието на алкохол води до по-ниско повърхностно напрежение и по-високи стойности на повърхностните еластичен и вискозен модули на разширение [11]. Ефектите се засилват с понижаване на температурата като повърхностният вискозитет на разширение е по-голям от повърхностната еластичност. Температурният ефект върху повърхностната виско-елатичност е показан като основна причина за промяната във времето на изтичане на тънки течни филми, и е приложен за контрол на изтичането и на Оствалдовото зреене в пяна.

3. Физико-химично охарактеризиране на многокомпонентни системи с приложение в козметиката и битовата химия, вкл. разработка на формулировки за приложения [3,5,8,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22].

В съвременната козметика и битова химия практически всички продукти са многокомпонентни дисперсни системи, чиято структура, стабилност и ефективност при приложение са пряко свързани със свойствата на използваните стабилизиращи и/или структуриращи вещества. Познаването на физико-химичните параметри като междуфазово напрежение, адсорбция, енергия на взаимодействие между молекули и между повърхности, форма и размер на агрегати, както и на ключовите фактори при процеси на разпенване, пеноразрушаване, емулгиране, омокряне, е в основата на ефективното и природосъобразно използване на влаганите суровини за постигане на най-добра ефективност и удовлетворение за потребителите.

3.1. Изследвана е кинетиката на адсорбция в смесени разтвори на нейонни блок кополимери и протеин натриев казеинат, и е показана пряка корелация със стабилността на динамични пени [3]. Експериментално е показано, че обемът на динамичната пяна намалява над температурата на помътняване на блок кополимера, когато се осъществява хетерогенен механизъм на пеноразрушаване. Показано е, че блок кополимерите работят като динамични антипенители и под температурата си на помътняване, но по хомогенен механизъм [3,5].

3.2. Проведено е първото систематично изследване на ко-адсорбцията на протеините говежди серум албумин (BSA) и бета-казеин чрез анализ на повърхностното напрежение и реологията на разширение като функция на отношението на двата протеина при паралелна адсорбция, и в експерименти с последователна адсорбция [8]. Показано е, че стабилността на пените корелира добре с динамичното повърхностно напрежение, но не и с повърхностната еластичност. Охарактеризирани са дебелините на тънки пенни филми получени при паралелна и при последователна адсорбция и са предложени модели за структурата на филмите и адсорбционните слоеве.

3.3. Изследвани са повърхностните свойства и реологичното поведение на разтвори на амфотерни повърхностно-активни вещества [15], и са определени молекулни параметри, необходими за количествено описание на нарастването на мицелите с увеличаване на концентрацията чрез молекулно-термодинамичен модел.

3.4. Изследвани са процеси на омокряне и механизмите на премахване на замърсявания от твърди повърхности [13] и от изкуствена кожа [19]. Анализирани е ролята на адсорбцията на междуфазовите граници и е показана значимостта на структурата на адсорбционните слоеве върху твърдата повърхност за ефективността на отмокряне на маслени капки [13]. Приложена е образна елипсометрия за изследване на структурата на отложени слоеве върху твърди повърхности [18,20]. Показана е връзката между морфологията на отложените слоеве и омокрянето на повърхностите [20].

3.5. Приложен е систематичен физико-химичен подход за формулиране на дисперсни системи с приложения в козметични продукти и детергенти:

(а) Приложен е подхода с последователна и/или паралелна адсорбция за получаване на стабилни микрокапсули от силикатни частици за капсулиране на масла и парфюми [12].

(б) Изследвани и сравнени са свойствата на наситени мицеларни фази и на мицеларни разтвори с нишковидни мицели за приложения в продукти за измиване и почистване [16].

(в) Класифицирани и оптимизирани като разтворимост, реология, пенливост и ефективност са състави за почистване на повърхности в домакинството [13], в институционалното почистване [22], и за лична хигиена [14,19].

(г) Разработени и оптимизирани като реология и органо-лептични характеристики са състави на козметични емулсии с нови масла, които ефективно заместват критични суровини за козметичната индустрия [17].

Списък на публикациите представени за конкурса:

1. N. Alexandrov, K.G. Marinova, K.D. Danov, I.B. Ivanov, "Surface dilatational rheology measurements for oil/water systems with viscous oils", *J. Colloid Interface Sci.* **2009**, 339, 545–550, <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2009.08.002>; SJR Quartile: **Q1** for 2009 (Colloid and

- Surface Chemistry), Web of Science IF 3.019 for 2009 (**35 цитата**) - публикация от **Група В**.
2. R. Stanimirova, K. Marinova, S. Tcholakova, N.D. Denkov, S. Stoyanov, E. Pelan, “Surface Rheology of Saponin Adsorption Layers”, *Langmuir* **2011**, 27, 12486–12498, <https://doi.org/10.1021/la202860u>, SJR Quartile: Q1 for 2011 (Surfaces and Interfaces), Web of Science IF 4.186 for 2011 (**163 цитата**) – публикация от **Група Г**.
3. K.G. Marinova, L.M. Dimitrova, R.Y. Marinov, N.D. Denkov, A. Kingma, “Impact of the Surfactant Structure on the Foaming/Defoaming Performance of Nonionic Block Copolymers in Na Caseinate Solutions”, *Bulg. J. Phys.* **2012**, 39, 53-64. Print: 1310-0157; Online: 1314-2666. (**5 цитата**) – публикация от **Група Ж**.
4. N.A. Alexandrov, K.G. Marinova, T.D. Gurkov, K.D. Danov, P.A. Kralchevsky, S.D. Stoyanov, T.B.J. Blijdenstein, L.N. Arnaudov, E.G. Pelan, A. Lips., “Interfacial Layers from the Protein HFBI Hydrophobin: Dynamic Surface Tension, Dilatational Elasticity and Relaxation Times”, *J. Colloid Interface Sci.* **2012**, 376, 296-306; DOI: 10.1016/j.jcis.2012.03.031, SJR Quartile: **Q1** for 2012 (Colloid and Surface Chemistry), Web of Science IF 3.172 for 2012 (**55 цитата**) – публикация от **Група В**.
5. N.D. Denkov, K.G. Marinova, S.S. Tcholakova. Mechanistic Understanding of the Modes of Action of Foam Control Agents. *Adv. Colloid Interface Sci.* **2014**, 206, 57-67, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2013.08.004>, SJR Quartile **Q1** for 2014 (Colloid and Surface Chemistry), Web of Science IF 7.776 for 2014 (**97 цитата**) – публикация от **Група Г**.
6. R.D. Stanimirova, K.G. Marinova, K.D. Danov, P.A. Kralchevsky, E.S. Basheva, S.D. Stoyanov, E.G. Pelan, “Competitive adsorption of the protein hydrophobin and an ionic surfactant: Parallel vs sequential adsorption and dilatational rheology”, *Colloids Surf. A* **2014**, 457, 307–317, [dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.06.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.06.002), SJR Quartile: **Q2** for 2014 (Colloid and Surface Chemistry), Web of Science IF 2.752 for 2014 (**15 цитата**) – публикация от **Група В**.
7. K.D. Danov, R.D. Stanimirova, P.A. Kralchevsky, K.G. Marinova, N.A. Alexandrov, S.D. Stoyanov, T.B.J. Blijdenstein, E.G. Pelan. “Capillary meniscus dynamometry – method for determining the surface tension of drops and bubbles with isotropic and anisotropic surface stress distributions”. *J. Colloid Interface Sci.* **2015**, 440, 168-178. DOI: 10.1016/j.jcis.2014.10.067, SJR Quartile: **Q1** for 2015 (Surfaces, Coatings and Films), Web of Science IF 3.782 for 2015 (**33 цитата**) – публикация от **Група В**.
8. K.G. Marinova, R.D. Stanimirova, M.T. Georgiev, N.A. Alexandrov, E.S. Basheva, P.A. Kralchevsky “Co-Adsorption of the Proteins  $\beta$ -Casein and BSA in Relation to the Stability of Thin Liquid Films and Foams”, Chapter 18 in *Colloid and Interface Chemistry for Nanotechnology*, (P.A. Kralchevsky, R. Miller and F. Ravera, Eds.). CRC Press, New York, **2016**; pp. 439-458, ISSN 1877-8569. (**5 цитата**) – публикация от **Група Г**.
9. K.D. Danov, R.D. Stanimirova, P.A. Kralchevsky, K.G. Marinova, S.D. Stoyanov, T.B.J. Blijdenstein, A.R. Cox, E.G. Pelan, “Adhesion of Bubbles and Drops to Solid Surfaces, and Anisotropic Surface Tensions Studied by Capillary Meniscus Dynamometry”, *Adv. Colloid Interface Sci.* **2016**, 233, 223–239. doi: 10.1016/j.cis.2015.06.003, SJR Quartile: **Q1** for 2016 (Colloid and Surface Chemistry), Web of Science IF 7.223 for 2016 (**12 цитата**) – публикация от **Група Г**.
10. L.M. Dimitrova, M.P. Boneva, K.D. Danov, P.A. Kralchevsky, E.S. Basheva, K.G. Marinova, J.T. Petkov, S.D. Stoyanov. “Limited coalescence and Ostwald ripening in emulsions stabilized by hydrophobin HFBI and milk proteins”, *Colloids Surf. A* **2016**, 509, 521–538, [dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.09.066](http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.09.066), SJR Quartile **Q2** for 2016 (Colloid and Surface Chemistry), Web of Science IF 2.714 for 2016 (**15 цитата**) – публикация от **Група Г**.

11. K.G. Marinova, K.T. Naydenova, E.S. Basheva, F. Bauer, J. Tropsch, J. Franke, “New surfactant mixtures for fine foams with slowed drainage”, *Colloids Surf. A* **2017**, 523, 54-61, dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.03.050, SJR Quartile: **Q2** for 2017 (Colloid and Surface Chemistry), Web of Science IF 2.829 for 2017 (**25 цитата**) – публикация от Група В.
12. G.M. Radulova, T.G. Slavova, P.A. Kralchevsky, E.S. Basheva, K.G. Marinova, K.D. Danov, “Encapsulation of oils and fragrances by core-in-shell structures from silica particles, polymers and surfactants: the brick-and-mortar concept”, *Colloids Surf. A* **2018**, 559, 351-364, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.09.079>, SJR Quartile **Q2** for 2018 (Colloid and Surface Chemistry), Web of Science IF 3.131 for 2018, (**18 цитата**) – публикация от Група Г.
13. V.I. Yavrukova, D.N. Shandurkov, K.G. Marinova, P.A. Kralchevsky, Y.W. Ung, “Cleaning ability of mixed solutions of sulfonated fatty acid methyl esters”, *J. Surfact. Deterg.* **2020**, 23, 617–627; doi: 10.1002/jsde.12393, SJR Quartile **Q2** for 2020 (Chemical Engineering (miscellaneous)), Web of Science IF 1.902 for 2020 (**3 цитата**) – публикация от Група Г.
14. I. Vacheva, R. Stanimirova, K. Marinova, “Development of specialized prebiotic shampoo for normal to oily hair”, 31st IFSCC Congress, Cancun, **2021** – публикация от Група Ж
15. K.D. Danov, K.G. Marinova, G.M. Radulova, M.T. Georgiev, “Analytical modeling of micelle growth. 5. Molecular thermodynamics of micelles from zwitterionic surfactants”, *J. Colloid Interface Sci.* **2022**, 627, 469–482, <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2022.07.087>, SJR Quartile: **Q1** for 2022 (Colloid and Surface Chemistry), Web of Science, IF 9.9 for 2022 (**1 цитат**) – публикация от Група Г.
16. T.N. Stancheva, M.T. Georgiev, G.M. Radulova, K.D. Danov, K.G. Marinova, “Rheology of Saturated Micellar Networks: Wormlike Micellar Solutions vs. Bicontinuous Micellar Phases”, *Colloids Surf. A* **2022**, 625, 129927; doi: 10.1016/j.colsurfa.2022.129927, SJR Quartile **Q1** for 2022 (Physical and Theoretical Chemistry), Web of Science IF 5.2 for 2022 (**6 цитата**) – публикация от Група Г.
17. B. Uzunova, M.G. Bogdanov, G.M. Radulova, K. Marinova, “Black Soldier Larvae Oil in cosmetic emulsions”, 32nd IFSCC Congress, London, **2022** – публикация от Група Ж.
18. M. Georgiev, B. Konstantinov, K. Marinova, J. Petkov, K. Danov, “Investigation of Cationic Surfactants Adsorption Behaviour on Silicon Wafers using Imaging Ellipsometry”, *J. Technical Univ. Gabrovo* **2023**, 66, 38–42. – публикация от Група Ж
19. K. Marinova, T. Slavova, R. Stanimirova, K. Danov, “Artificial skin characterization for cleansing observation and quantification”, 33rd IFSCC Congress, Barcelona, **2023** – публикация от Група Ж.
20. V. Yavrukova, D. Kovacheva, K. Marinova, K. Danov, J. Petkov, “Wettability and Morphology of Cationic Surfactant Layers in the Presence of Nonionic Surfactant on Solid Surfaces”, Международна научна конференция „Мехатроника, еко и енергоспестяващи системи и технологии“, Пловдив, **2023**. – публикация от Група Ж
21. US Patent No. US 8,151,635 B2 “Methods and device for fast creation of fluid interfaces and use of this device for determination of liquid-liquid and liquid-gas interfacial properties” Inventors: Ivanov, I.B., Marinova, K.G., Vulchev, V., Dimitrova, D.T., Danov, K.D., Denkov, N.D., Russev, S.R., Lyutov, L., Alexandrov, N.; Assignee: Krüss GmbH, Hamburg; filed November 24, 2008; date of patent: Apr. 10, **2012** – публикация от Група Г.
22. US Patent App. 16/091,353, “Method for cleaning hard surfaces, and formulations useful for said method” F Bauer, J Tropsch, J Franke, N Denkov, KG Marinova, KT Naydenova, filed Apr. 10, **2017** – публикация от Група Г.