

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен “Доктор”  
в професионално направление 4.2 „Химически науки”  
(Теоретична химия – Макрокинетика)

Автор: Борислава Борисова Петкова  
Катедра „Инженерна химия и фармацевтично инженерство”,  
Факултет по химия и фармация, Софийски университет „Св. Кл. Охридски”

Тема: “Роля на свойствата на динамичните адсорбционни слоеве за  
пенообразуването от разтвори на повърхностно-активни вещества”

Рецензент: проф. дхн Елена Димитрова Милева, Институт по физикохимия, БАН

Важен аспект на физикохимията на повърхностите и колоидите е целенасоченото получаване на пенни системи с добре дефинирани свойства. Пените имат разнообразни приложения в редица индустриални процеси (напр. пенна флотация, хранителната и козметичната промишлености, получаване на конструктивни материали, и др.). Ключов етап за тяхното образуване са методите на разпенване и възможностите за регулиране на структурата и стабилността им с използване на различни по тип и свойства повърхностно-активни вещества. Основната цел на представения дисертационен труд е да се изследват систематично физикохимичните фактори, които определят условията за пенообразуване и специфичната стабилност на образуваните пени във водни разтвори на няколко типа широкоизползвани нискомолекулни повърхностно-активни вещества (ПАВ).

Дисертационният труд се състои от увод и три глави. В увода са въведени по-важните използвани понятия и теоретични модели, представени са основните методи за получаване на пени. Направен е целенасочен литературен обзор с акцент върху известните особености на динамичните процеси и стабилизиращата ефективност на ПАВ при пенообразуването. Представена е накратко мотивацията за проведените изследвания и са определени главните цели на дисертацията. В Глава 2 са описани използваните материали и експериментални методи за получаване и охарактеризиране на пенните системи. Глави 3 и 4 са посветени на систематичното описание на проведените експерименталните изследвания и е представена теоретична интерпретация на получените резултати. В края на дисертацията са формулирани основните приноси, даден е списък от публикациите на докторантката и на

участията ѝ в научни форуми, приложена е използваната литература (цитирани са 174 източника).

Ядрото на дисертацията обхваща глави 3 и 4, където е изложена приносната част в изследванията на Борислава Петкова. В Глава 3 са представени резултатите от експерименталните изследвания за ролята и значението на равновесните и динамичните свойства на адсорбционните слоеве върху пенливостта на водни разтвори от анионен (натриев додецил сулфат, SDS), два катионни (додецил-триметил-амониев бромид, DTAB; хексадецил-триметил-амониев бромид, CTAB) и четири нейонни ПАВ (додецил полиоксидетилен-23 етер, Brij 35; хексадецил полиоксидетилен-20 етер, Brij 58; полиоксидетилен сорбитан монолаурат, Tween 20; полиоксидетилен сорбитан монопалмитат, Tween 40). Експерименталните данни за пенливостта са получени по метода на Барч. В Глава 4 са представени резултатите за пенливостта на водни разтвори, получени по два други метода на пенообразуване – планетарен миксер и метод на нарастващата пяна. Изследвани са водни разтвори на SDS, Brij 58 и Tween 20 и данните са съпоставени с тези, получени по метода на Барч (глава 3).

Получени са систематични експериментални данни за изотермите на повърхностното напрежение, времевия ход и свойствата на динамичните адсорбционни слоеве по границата за разтвор/въздух. С използване на известни теоретични представи и подходи е определено значението на особеностите в динамичните адсорбционни слоеве, които са от ключово значение за пенливостта на разтворите от различните нискомолекулни ПАВ. Намерена е ясна разлика между началната скорост на захващане на въздух в разтвора и пенливостта след дълъг период от време (натрупаната пяна). Установено е, че тези две характеристики показват различни тенденции, свързани с физикохимичните свойства на динамичните адсорбционни слоеве. Изяснена е ролята на подвижността по границата разтвор/въздух като ключов фактор за образуване на голямо количество пяна. Този фактор е свързан и с образуването и стабилността на тънките течни филми като важен компонент на пенните системи, от който зависи както пенообразуването, така и процесите на коалесценция.

Най-съществените моменти от изследванията в дисертационния труд са следните:

1. Установено е, че пенливостта в разглежданите системи се определя предимно от динамичното повърхностно напрежение по границата разтвор/въздух. На тази основа е разработена нова процедура за оценка на пенливостта на разтворите, която включва

следните параметри: характерно време за образуване на нова повърхност в пенния тест, стойности на динамично повърхностно напрежение, на повърхностно покритие и на повърхностна еластичност на адсорбционния слой. Въведено е понятието „относителна пенливост“ спрямо референтен разтвор (в случая това е воден разтвор на SDS). Методиката е приложена за пенни системи, всяка от които е стабилизирана с ПАВ с различни свойства, структура, и с концентрации от широк концентрационен диапазон. Установено е, че пените, стабилизирани съответно с йонни или нейонни ПАВ имат различни физикохимични свойства. Особеностите при йонните ПАВ са свързани с наличието на съществено електростатично взаимодействие в тънките течни филми при пенообразуването, което води до допълнителна стабилизация на получените пени при значително по-ниски покрития на фазовата граница. Този резултат е от съществено значение за подбора на ПАВ и за финото регулиране на свойствата на пени с индустриално приложение.

2. Намерено е, че оптималните условия за пенообразуване са бавно разпенване (метод на нарастваща пяна и планетарен миксер) при бавно-адсорбиращи се ПАВ (Brij 58 и Tween 20, нейонни). Установено е, че оптималните условия за разпенване на разтвори с бързо-адсорбиращи се ПАВ (SDS и СТАВ) се създават с прилагане на бързо разпенване, напр. по метода на Барч.

3. От важно практическо значение е установената експериментално т.нар. прагова концентрация на ПАВ в разтвора. Когато количеството на ПАВ е над тази стойност обемът на пяната нараства значително с увеличаване концентрацията на ПАВ. Намерено е, че праговата концентрация за дадено ПАВ зависи съществено от времето за захващане на мехурчетата при даден метод на разпенване. Тя е най-ниска в метода на нарастващата пяна, междинна за пените, образувани в планетарния миксер, и е най-висока за пените, получени по метода на Барч.

Този тип експериментално изследване, в такава пълнота и за тези конкретни системи, се прави за пръв път от докторантката. Получените резултатите допринасят за по-доброто разбиране, количествената интерпретация и предсказване на ефективността на разпенване и стабилността на пенни системи, получени от водни разтвори на нискомолекулни ПАВ.

Научните приноси на дисертацията са със значителна степен на новост и представляват систематично проведено експериментално изследване. То е подкрепено от подходяща теоретична интерпретация за ролята на адсорбционните слоеве върху границата

разтвор/въздух в динамични условия при процесите на пенообразуване. Приносите са формулирани в четири точки. Приемам тези приноси и считам, че те могат да се определят като доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни и научно-приложни проблеми.

Текстът на дисертацията е много добре организиран, с убедително представяне на научно-приложния проблем, и подробно описание на използваните експериментални изследвания и теоретични интерпретации. Резултатите са ясно формулирани и анализирани във всяка глава с приносен характер (гл. 3-4). Нямам никакви възражения по същество.

Ще отбележа само някои употребявани, но недефинирани понятия в дисертацията, напр. „стабилност на динамични пенни филми” (стр.8); „средна изключена площ на молекулата” (стр.31). Има и езикови неточности като напр. „отблъскване между мехурчето и обемната въздушна фаза” (стр.8); „страничен електролит“ (стр.28); „силни Н-връзки” (стр.88).

Бих помолила г-жа Петкова да поясни малко по-подробно, в контекста на значението за процесите на пенообразуването, следните твърдения: (1) „ефектът на обемната дифузия е от второстепенно значение” (стр.63); (2) „подвижността на повърхностите...осигурява достатъчно дълго време за повърхностно-активното вещество да се адсорбира върху повърхностите на пенния филм“ (стр.65).

Получените в дисертационния труд резултати са публикувани в две научни статии в специализирани международни списание с импакт фактор: *Advances in Colloid and Interface Science* (2020, IF=12.984) *Colloids and Surfaces A* (2021, IF=4.539). И в двете публикации докторантката е първи автор. Трябва да се отбележи, че по работата, излязла през 2020 г. досега са забелязани повече от 28 цитата, което несъмнено, е отлична оценка за актуалността и значението на проведените изследвания. Получените резултати са представяни на 13 международни и български научни форуми като 7 устни доклада (2 са изнесени лично от докторантката) и 6 постерни презентации. Не познавам лично г-жа Петкова, но от докладването на предзащитата и от предоставените материали по защитата, може обосновано да се твърди, че приносите в дисертационния труд са в значителна степен нейно лично дело.

Авторефератът е направен съгласно изискванията и отразява правилно основните положения и научните приноси на дисертацията.

**Въз основа на гореизложеното считам, че предложеният дисертационен труд напълно удовлетворява всички изискванията на ЗРАСРБ и на Препоръчителните критерии при придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ за професионално направление „Химически науки”. Убедено препоръчвам на Почитаемото Научното жури да присъди на докторант Борислава Борисова Петкова образователната и научна степен “Доктор” в професионално направление 4.2. „Химически науки” (Теоретична химия - Макрокинетика).**

Рецензент:

21 февруари, 2022 г.,

(проф. дхн Елена Милева)