

ОТНОСНО:

Конкурс за „доцент” по научна специалност

4.2. Химични науки (Физикохимия),

обявен в ДВ бр. 65 / 23.07.2013 г.

РЕЗЮМЕТА НА ОСНОВНИТЕ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ ОТ НАУЧНО-ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ

на

доц. д-р Ангелина К. Попова,

катедра Химия, ФЕТТ, Технически университет – София

В представената справка са включени общо 23 научни труда, от които 14 в международни и 9 в български специализирани издания.

Преобладаващата част от представените трудове отразяват изследвания на инхибиторните свойства на органични съединения при корозия на нисковъглеродна стомана. Основна цел в научно-изследователската работа е търсенето на връзка между молекулната структура на органичните съединения и тяхното инхибиторно действие. Хронологично, първите изследвания бяха проведени в неутрална среда – 0,5 М Na_2SO_4 , след това се продължи с изследвания основно в солна и частично в сярна киселина.

Условно публикациите са групирани в следните раздели:

1. Обзори.
2. Инхибитори в неутрална среда.
3. Инхибитори в кисела среда.

Производни на бензимидазола.

Азоли.

Кватернерни амониеви бромиди на азот-съдържащи хетероцикли.

4. Квантовохимични методи. Йонизационен потенциал.
5. Адсорбция.
6. Кинетика.
7. Оксидни слоеве върху алуминий.

Трябва да се подчертае, че в част от публикациите тези условни раздели се припокриват и там, където е така, приносите ще се коментират заедно.

1. Обзори (публикация С1).

Проблемът за връзката между инхибиторните свойства на органичните съединения и тяхната молекулна структура представлява голям интерес. Изследванията в тази област биха позволили целенасочено синтезиране на инхибитори с предварително зададени свойства. Обзорът разглежда влиянието на природата на инхибитора върху защитата от корозия на стомана и желязо в неутрална среда за период от дванадесет години (аналогичен обзор е направен и за кисела среда, но е използван в автореферата). Изследваните от различни автори органични съединения са обединени в няколко групи според техния състав: азот-съдържащи, кислород-съдържащи, сяра-съдържащи и др. В рамките на всяка група са разгледани различни структурни белези – дължина на въглеродородната верига, разклоненост, степен на наситеност, поляризуемост и вид на функционалните групи и др.

Въз основа на тези обзори са очертани “белите петна” и бъдещите насоки на научно-изследователска работа.

2. Инхибитори в неутрална среда (публикации С2, С3).

При изследване на ефекта на природата на инхибиторите върху техните защитни свойства е необходимо да се вземат предвид факторите, от които зависи скоростта на корозия. Такива фактори могат да бъдат времето на експозиция на образците в разтвора, концентрацията на инхибитора и фоновия електролит, температурата на средата, предварителната подготовка на образците. Изследвано е влиянието на времето на експозиция на образци от нисковъглеродна стомана в неутрална среда на 0,5 M Na_2SO_4 и в присъствие на постоянна концентрация инхибитори (амини) върху скоростта на корозия за период от 20 дни. Влиянието на предварителната подготовка (механично полиране и химично байцване) също е обект на изследването за посочения период от време. Използван е гравиметричен метод. Установен е нестационарен характер на корозионния процес в началния период от време (до 6 дни), след което следва постоянна средна скорост на корозия за целия следващ интервал от време и при двата вида предварителна подготовка. Следователно, предварителната подготовка оказва влияние само в началния етап на изследване, след него не влияе на скоростта на корозия. Ето защо предварителната подготовка е изключена като кинетичен параметър. Химичното почистване на повърхността (байцване) е възприето като по-подходящ метод. В присъствие на ниска концентрация инхибитора зависимостта скорост на корозия – време следва същия ход както във фоновия разтвор на 0,5 M Na_2SO_4 . В присъствие на висока

концентрация инхибитор, зависимостта представлява права, успоредна на абсцисата за целия период на изследване, т.е. практически целия период има постоянна скорост на корозия.

Следователно, сравняването на ефективността на отделните инхибитори трябва да става при време на експозиция, за което скоростта на корозия е стационарна и предварителната подготовка не оказва влияние върху хода на процеса. Подходящо време е 10 дни. (Публикация С2)

Скоростта на корозия съществено зависи от концентрацията на инхибиторите. Изследвана е скоростта на корозия във фоновия разтвор и в присъствие на алифатни амини по гравиметричен метод в интервала от 10^{-5} М до 1,5 М концентрации. Времето на експозиция е 10 дни. Установено е намаляване на скоростта на корозия с увеличаване на концентрацията. Най-добри защитни свойства има етилендиамин. Наблюдава се разлика в хода на концентрационните криви, снети при време на експозиция 10 и 2 дни, което потвърждава необходимостта от стационариране на корозионния процес при условията на сравняване на инхибиторите. (Публикация С3)

3. Инхибитори в кисела среда (публикации В2-5, 9, 11-16, 18, 19)

3.1. Производни на бензимидазола (публикации В1-3, 14).

Направено е обстойно изследване на инхибиторните свойства на 15 производни на бензимидазола при корозия на нисковъглеродна стомана в 1М НСl. Основното съединение - бензимидазол е целенасочено променяно чрез въвеждане на различни функционални групи, които менят и молекулната му структура. Използвани са гравиметричен и потенциодинамичен методи. Експериментално е установени, че най-подходящото време на експозиция за сравняване на инхибиторите по гравиметричен метод в кисела среда е 24 часа. Инхибиторите са подредени по ефективност на базата на два експериментални метода. Има известна разлика в стойностите на инхибиторния ефект, но подреждането се запазва и по двата метода. Установено е, че експерименталните данни следват изотермата на Фрумкин. Изчислени са стойностите на адсорбционния коефициент B , атракционната константа a и стандартната свободна енергия на адсорбция ΔG_{ads} . Ефектът на молекулната структура на бензимидазола VI и неговите производни върху защитните им свойства е дискутиран в два аспекта:

- 1) влияние на електронната структура, определяща електронната плътност на реакционния център на молекулата, който от гледна точка на инхибирането представлява тази част на молекулата, чрез която тя основно се адсорбира;

- 2) влияние на химичната структура, която третира структурни характеристики на молекулата като обем, респ. площ от металната повърхност, покрита от молекулата при адсорбция и пространствено разположение на заместители, които биха могли чрез стерично пречене да затруднят достъпа на адсорбционния център до металната повърхност.

Влиянието на електронната структура е дискутирано чрез нейни параметри като индукционен, мезомерен, орто-ефект, йонизационен потенциал. Влиянието на химичната структура е отчетено чрез изчисляване и дискутиране на площта на молекулите и мястото на еднакви заместители. Установена е по-ясно изразена зависимост между инхибиторния ефект и площта на молекулите, отколкото с йонизационния потенциал. Липсата на ясно изразена корелация между инхибиторния ефект и електронната структура е възприето като указание за наличие на друга или друга активна форма при адсорбцията, освен молекулната, т.е. на катионна форма вследствие протониране в киселата среда (*Публикации В2, В3*).

Изследвано е и влиянието на температурата върху защитните свойства на производните на бензимидазола. Използвани са импедансен метод, метод на поляризационните криви, метод на поляризационното съпротивление и гравиметричен метод. Предложени са структурни модели на междуфазовата граница в отсъствие и присъствие на инхибитори. Проследено е влиянието на температурата върху стойностите на параметрите на структурните модели в 1 М НСl и в присъствие на различни инхибитори. Въз основа на два експериментални метода са изчислени стойностите на привидната активизираща енергия E_a и пред-експоненциалния множител λ в уравнението на Арениус. Обърнато е внимание на това, че намирането на стойност за E_a в присъствие на инхибитор, по-голяма или по-малка от тази в 1 М НСl, не трябва да се възприема като еднозначно доказателство за наличие на физична или респективно химична адсорбция на съединението. Намерената по-ниска стойност на E_a в присъствие на 1-бензилбензимидазол в сравнение с тази в 1 М НСl е обяснено с наличие на компенсационен ефект. За изясняване на вида на адсорбцията са направени допълнителни изследвания в 1 М H_2SO_4 и в 1 М $H_2SO_4 + 10^{-4}$ М KI, за да се изяви влиянието на аниона на киселината. Изследванията са проведени при стайна температура и при 60⁰ С. Известно е, че повърхността на желязото е заредена отрицателно в солна и по-малко отрицателно или слабо положително в сярна киселина. Следователно, катионактивните съединения ще намаляват защитния си ефект в сярна киселина, а хемисорбираните молекули ще запазват защитните си свойства и в двете киселини. Установено е, че само 2-меркаптобензимидазол запазва еднакви високи стойности на защитния си ефект в 1 М НСl, 1 М H_2SO_4 и в 1 М $H_2SO_4 + 10^{-4}$ М KI, както и при 60⁰С. За него може да се предположи, че се хемисорбира. Всички останали съе-

динения губят защитни свойства при 60⁰С в 1 М Н₂SO₄. Направено е заключение, че се адсорбират като катиони в протонираната си форма. (*Публикация В1*).

Проследено е влиянието на концентрацията на солната киселина, която е варирана от 3М (11%) до 5М(18,8%) върху защитните свойства на бензимидазол и 9 негови производни. Това изследване дава полезна информация с оглед практическото приложение на инхибиторите, например при киселинното байцване, което се извършва в 15 – 20% солна киселина. Изследвани са диазолите, показали най-добри защитни свойства в 1 М НСl. Изследваните концентрации са подбрани въз основа на концентрационната зависимост на скоростта на корозия в 1 М НСl - това е оптималната, и по висока от нея. Изчислени са стойностите на защитния ефект IЕ% и коефициента на защита γ. Като най-подходящи инхибитори при киселинно байцване могат да се посочат 5 съединения, показали IЕ% над 96% в 5М НСl.

Дори в 5М НСl 1,2-добензилбензимидазол показва впечатляващи защитни свойства - 99,3% инхибиторен ефект и намалява 148,4 пъти скоростта на корозия в концентрация 10⁻⁴М. Това е най-добрият инхибитор от групата, изследван е за пръв път и неговото откриване представлява определен принос в областта на инхибиторите. (*Публикация В14*)

3.2. Азоли (публикации В7, 9, 10, 13)

Като резултат от изследването на производните на бензимидазола бе установено, че електронната и химична структура на молекулата оказват съвместно влияние, което трудно може да се разграничи. В това изследване съединенията са подбрани така, че да имат приблизително еднаква площ на молекулата – това са индол, бензимидазол, бензотиазол, бензотриазол и бензотиадиазол - всички с планарна молекула. Ако химичната структура е почти еднаква, то разликата в инхибирането би трябвало да се дължи главно на влиянието на електронната структура.

Изследвани са инхибиторните свойства на горепосочените съединения с помощта на гравиметричен, потенциодинамичен и импедансен методи. Установено е, че индолът е най-добър инхибитор, следван от бензотиазол и бензотриазол с приблизително еднакъв ефект, бензимидазол като най-слаб инхибитор в серията, а съединението с най-много неподелени електронни двойки в молекулата – бензотиадиазол, изненадващо се оказа стимулатор на корозионния процес. Адсорбцията им на металната повърхност следва изотермата на Фрумкин. Представени са стойностите на параметрите В, а и ΔG_{ads}. Потърсена е корелация между стойностите на инхибиторния ефект и броя на неподелените електронни двойки, както и енергията на НОМО и LUMO, изчислени за целта. Намерена е частична такава. Като

една от причините за липса на пълна корелация е изтъкната възможността за протониране в кисела среда. Причината за стимулиращото действие на бензотиадиазол е обяснена с преминаване от хиноидна в ароматна структура чрез присъединяване на водород в киселата среда. Добрите защитни свойства на индола са обяснени с вероятна полимеризация. (Публикация 9).

Въз основа на импедансни изследвания е установено, че процесите на междофазовата граница нисковъглеродна стомана/ 1М НСl + инхибитор в присъствие на бензотиадиазол ВТD, бензимидазол Вl и ниски концентрации индол I, бензотриазол ВТА и бензотиазол BNS се описва с проста еквивалентна схема с една времекопстанта. Капацитетът на двойния електричен слой е разпределен и е моделиран с CPE. Стойността на p_d (на CPE) се интерпретира като мярка за повърхностната нееднородност. В присъствие на високи концентрации I, ВТА и BNS са предложени две еквивалентни схеми съдържащи две времекопстанти. При ВТА втората времекопстанта се появява в областта на високите честоти, докато при I и BNS – в областта на ниските честоти. И в двата случая е използван допълнителен CPE елемент. Представени са стойностите на параметрите, получени въз основа на пасването на модела върху експерименталните данни. Изчислени са стойностите на време копстантите. Стойностите на R_{ct} и $R_{ct} + R_a$, получени въз основа на променливотоковия импедансен метод са сравнени със стойностите на R_p , получени от независим правотоков метод – на поляризационното съпротивление. Наблюдава се много добро съвпадение. Въз основа на тези стойности съединенията са подредени в ред на инхибиторна активност, който съвпада с намерения чрез други експериментални методи (потенциодинамичен, гравиметричен). (Публикации B7, B13).

Изследван е и ефектът на температурата върху корозията на нисковъглеродна стомана в присъствие на азоли. Отчетено е влиянието на температурата върху параметрите на структурния модел, описващ процесите на междофазовата граница. Изчислени са стойностите на ефективната активираща енергия E_a на корозионния процес и предекспоненциалния фактор λ . Стойностите на E_a в присъствие на ВТА и BNS са по-малки от тази в 1М НСl. Това обаче не е достатъчно, за да се предположи хемисорбция като най-вероятен тип адсорбция в тяхно присъствие. Затова са сравнени отнасянията на съединенията в 1 М НСl и 1 М Н₂SO₄. Установено е, че изследваните съединения са инхибитори и в двете киселини. Те запазват в различна степен инхибиторните си свойства в 1 М НСl с увеличаване на температурата. ВТА и BNS увеличават защитния си ефект с температурата. При 60⁰ С в 1 М Н₂SO₄ те показват висок защитен ефект, сравним с този в солна киселина, докато Вl и I загубват защитните си свойства. Това дава основание да се предположи, че хемисорбция на молекулната форма е

по-вероятен механизъм на адсорбция за ВТА и BNS върху металната повърхност, а за ВІ и І – електростатична адсорбция. (Публикация В10).

3.3. Кватернерни амониеви бромиди на азот-съдържащи съединения (публикации В11, 12, С7, С9)

Четири кватернерни амониеви бромиди на различни хетероциклени съединения (пиридин, хиолин, бензотиазол) са синтезирани и изследвани за първи път като инхибитори на корозия на нисковъглеродна стомана в 1 М НСІ и 1 М Н₂SO₄. Използвани са гравиметричен и потенциодинамичен (на поляризационните криви и на поляризационното съпротивление) методи. Тези съединения се дисоциират в средата, давайки амониев катион и бромиден анион. . Установени са много добри инхибиторни свойства както в солна, така и в сярна киселина. Най-добър инхибитор в тази серия е (3-(3-пропилпиридино-2-метилбензотиазолиев дибромид. Той е дикатионно съединение – има положителен товар на азота от бензотиазоловия хетероцикъл и на азота от пиридиновия пръстен. Всички съединения запазват и дори увеличават защитния си ефект с увеличаване на температурата. Намерените стойности на E_a в присъствие на максималната изследвана концентрация от всички изследвани съединения е по-малка от тази в 1 М НСІ. Този факт е свързан и с по-ниска стойност на λ , показващ наличие на компенсационен ефект. Адсорбцията на инхибиторите се описва добре с изотермите на Фрумкин и Лангмюир, като атракционната константа в 1 М Н₂SO₄ има по-положителни стойности, отколкото в 1 М НСІ. Това говори за по-силно отблъскване в слоя от адсорбирани катиони и е логично, имайки предвид товара на повърхността в двете киселина. Добрите инхибиторни свойства на изследваните съединения се дължат на електростатична адсорбция на катиони във външната равнина на Хелмхолц в двойния електричен слой, причинявайки блокиращ и енергетичен ефект. Разликата в защитните им свойства се обясняват с различната площ на съдържания хетероцикъл. (Публикация В11, С9).

Съединенията са изследвани и чрез метода на импедансната спектроскопия при стайна и по-високи температури. Резултатите са сравнени с данни, получени чрез метода на поляризационното съпротивление. При високи концентрации и ниски температури спектърът може да се опише добре със структурен модел на междуфазовата граница, съдържащ две времекопстанти – те са отнесени към зареждането на двойния слой, комбиниран с пренос на заряд – τ_d , и към адсорбцията – τ_a . И двата капацитета са моделирани

посредством СРЕ. При по-ниски концентрации абсорбционната времеконстанта намалява и става невъзможно да се разграничат двата процеса. Импедансният спектър добре се описва от прост структурен модел имащ една времеконстанта, но стойностите на капацитетите и съпротивленията ясно показват, че тези параметри съдържат в себе си параметрите на двата процеса. Подобно действа и температурата – при високи температури корозионният процес е ускорен (дължащо се на Арениусов ефект и на изместване на адсорбционното равновесие към десорбция). Отново моделът с две времеконстанти дегенерира в такъв с една времеконстанта. (*Публикация В12, С7*)

4. Квантовохимични методи. Йонизационен потенциал (публикации С4, С6, С8).

Йонизационният потенциал се разглежда като параметър, пряко свързан с електронната молекулна структура.

Изследвани са и сравнени инхибиторните ефекти на 10 амини. Изчислени са стойностите на йонизационните потенциали на тези съединения в сътрудничество с Университета в Бон, Институт по физикохимия и теоретична химия. Йонизационният потенциал е толкова по-нисък, колкото по-високо лежи енергетичното ниво на НОМО. Ето защо е потърсена корелация между него и защитните свойства на съединенията.

Йонизационният потенциал е изчислен, като е използван разширеният полуемпиричен квантов метод на Хюкел с три подхода: 1) като енергия на НОМО; 2) директно като разлика между енергиите на молекулата и енергията на едновалентен катион; 3) както в 2), но при оптимизирана геометрия. Установено е, че най-общо инхибиторните ефекти показват тенденция към нарастване с намаляване на стойността на йонизационния потенциал в рамките на изследваната серия амини. (*публикация С4*)

Потърсена е корелация и между друг параметър на молекулната структура - площта на адсорбираните молекули, защитния ефект и йонизационния потенциал. Корелацията е потърсена в рамките на две групи съединения – 10 сяра-съдържащи инхибитори и 13 производни на бензимидазола. Площта на молекулите е изчислена с помощта на софтуерния пакет Hyperchem. Класическата изотерма на Лангмюир е модифицирана, като повърхностната концентрация е заменена с инхибиторната ефективност Z , а концентрацията на разтвора – с площта на молекулата S (първи вариант) и с йонизационния потенциал IP (втори вариант). Експерименталното потвърждаване на двете модификации на изотермата показва, че адсорбцията и инхибиторната ефективност са пропорционални количествено. Не така видима е връзката между площта и

йонизационния потенциал на молекулата и концентрацията на инхибитора в разтвора с. В приложения подход се приема, че и трите фактора въздействат върху степента на адсорбция. Формалното потвърждение на модифицираните изотерми на Лангмюир показва, че адсорбцията е монослойна, енергията на Гибс не се променя с нарастване на степента на покриване на кородиращата повърхност и няма взаимодействие между адсорбираните частици. За двете групи съединения е установено, че степента на покриване на повърхността и инхибиторният ефект растат с увеличаването на площта на молекулата, както и с намаляване на йонизационния потенциал в повечето случаи.

(публикация С6)

Полуемпиричните квантовохимични методи AM1 и PM3 са използвани за изчисляване на параметри на структурата на молекулата в газообразно състояние като: обща енергия; енергия на най-високата заета молекулна орбитала (HOMO) и на най-ниската незаета молекулна орбитала (LUMO); частичен товар на хетеро-атомите в молекулата; диполен момент; площ на адсорбираната молекула. Изчисленията са направени за молекулната форма и протонираната форма на молекулата в кисела среда на три подбрани инхибитора. Стойностите на тези параметри са сравнени със стойностите на опитно определената инхибиторна ефективност по гравиметричен и потенциодинамичен метод. На базата на тези резултати са направени заключения за връзката между молекулната структура и инхибиторната ефективност. *(публикация С8)*

5. Адсорбция (публикации В1, С7, В6)

Изследвана е адсорбцията на бензимидазол и 2 негови производни (амино- и меркапробензимидазол) на нисковъглеродна стомана в кисела среда. Използван е методът, описан от С.Решетников и М.Плетнев за адсорбционни изследвания, при които след впръскване на инхибитор в приелектродното пространство се следи промяната на тока с времето на потенциостатиран при даден потенциал електрод. Авторът предлага детайлно анализиране на кинетичните адсорбционни данни, отчитащи както блокирането, така и забавянето на скоростта на корозия в резултат на изменение на адсорбционния ψ -потенциал (енергетичен механизъм). Това е метод за графична обработка на кривите ток-време и позволява да се разграничи енергетичен (ψ) и блокировъчен (θ) механизъм в случаите, когато един от тях е преобладаващ, да се направят заключения за металната повърхност – еднородна, равномерно нееднородна или експоненциално нееднородна. Установено е, че в ниски концентрации бензимидазолът блокира преди всичко повърхността, като това най-

вероятно става на енергийно най-изгодните адсорбционни места с близки енергии. С повишаване на концентрацията му се появява и ψ -ефект и при максималната концентрация става определящ. За всяко от изследваните вещества е определен типът на адсорбционната изотерма, преобладаващото действие на ψ или θ механизъм, адсорбционната нееднородност или нееднородността на металната повърхност (*Публикации C5, C8*).

Предложен е метод за едновременно определяне на трите параметъра на Фрумкиновата изотерма – атракционна константа, константата B и максималната степен на покриване, основаващ се на използването на SOLVER-опцията на Excel (нелинейно оптимизиране). Основната разлика между този метод и оптимизационната процедура, предложена от Дамаскин се състои във включването на γ (частта от общата повърхност на метала, която може да бъде покрита с адсорбирани частици) и използването на Excel, вместо съставянето на сложна компютърна програма. Статистическият анализ показва, че отклоненията между експерименталните и изчислените степени на покриване при дадена концентрация са нормално разпределени и имат средно ниво 0 в рамките на доверителния интервал. Това показва, че избраната изотерма добре описва инхибиторното действие на съединенията. (*Публикация B4*).

6. Кинетика (публикации B6)

Изследвана е кинетиката на процеса на корозия на нисковъглеродна стомана в солна киселина (1М и 2М) и в присъствие на инхибитори. Използван е гравиметричен метод. Представена е динамиката на корозионния процес за период от приблизително 30 ч. Намерено е, че кинетиката на процеса в отсъствие на инхибитор за изследвания период от време може да се опише с експоненциално уравнение за самоускоряващи се реакции. В присъствие на инхибитор динамиката на корозионния процес се описва с кинетично уравнение от нулев порядък. Изчислени са стойностите на константите и някои основни кинетични характеристики – начална скорост на корозия, време, за което скоростта на корозия нараства два пъти, време, за което теглото на образца намалява два пъти. Ускоряването на процес на корозия в отсъствие на инхибитор е обяснено с увеличаване на броя на микрокатодите в процеса на разтваряне на металната повърхност.

7. Анодни оксидни слоеве върху алуминий (публикации B5,B8)

Изследвана е кинетиката на реанодиране (запълване на порести анодни филми) върху Al. Запълването е извършено в боратен електролит. Въз основа на данни за порестостта на матрицата е изчислена стойността на реалната плътност на тока, протичащ през дъното на

порите по време на запълването им. Изчислена е стойността на интензитета на полета по време на реанодирането. Проверена е възможността за прилагане на уравнението на Günterschultze-Betz при реанодиране на порести алуминиеви матрици. Определени са константите в това уравнение. (*публикация B5*).

Комплексни анодни филми, формирани чрез реанодиране на порести филми са характеризирани и чрез метода на импедансната спектроскопия. Установено е, че получените спектри могат добре да се опишат с проста еквивалентна схема, съдържаща постоянен фазов елемент CPE. Представени са стойностите на параметрите на еквивалентната схема, както и информация за някои диелектрични характеристики на тези филми. Установено е намаляване на повърхностната нееднородност със запълването в сравнение с порестата матрица. (*публикация B8*).

Обобщение

От подробно изследваните над 20 органични съединения, за целите на проучванията са синтезирани и изследвани за първи път като инхибитори в кисела среда 12 съединения. Открити са съединения с много добри, някои дори с уникални инхибиторни свойства, които могат да намерят място в практиката.

Тъй като инхибиторите са сравнявани по своята ефективност, голямо внимание е обърнато на надеждността на експерименталните данни. Резултатите от най-малко 5 експеримента са обработени статистически, дадено е и средното квадратично отклонение. Това е едно достойнство на работите, тъй като за сравнение в литературата, отнасяща се до тематиката, почти напълно липсват данни за възпроизводимост.

От всичките 23 публикации, обект на настоящата справка **две** (B10 и B14) са **самостоятелни**. В **15** от тях кандидатката е **първи** съавтор, в **5** е **втори**, в **2** е **трети** и в **1** е на четвърто място. Общият импакт-фактор на тези публикации е 18,022, а индивидуалният – 8,66.

Върху включените в справката публикации са забелязани **918** цитата. Цитирани са 17 работи, 7 от които са в български списания.

Една от публикациите (B1) е цитирана **415** пъти. От **цялата база данни** на Scopus (22 489 документа) се вижда, че тя е на **трето място** в света по брой цитирания в областта **корозионни инхибитори**. (Виж: Приложение – цитати-цяла база данни)

Ако базата данни се стесно от 2003 г. (когато е излязла статията) до сега – 11 252 документа, тогава тя е на **първо място**. Статията **(ВЗ)** има 173 цитирания и е на 11-то място. (Виж: Приложение- цитати -2003 – 2013).

Изготвила справката:

1.09.2013 г.

доц. д-р Ангелина Попова