

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

Кваліфікація: бакалавр з будівництва та цивільної інженерії. ПДАБА. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pgasa.dp.ua/wp-content/uploads/2022/01/ptsb-192-2021.pdf>

10. Liker, Jeffrey K. Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. New York: McGraw-Hill, 2004. –330 p.

Наталя АМІРУЛЛОЄВА

*кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри фундаментальних і
природничих дисциплін,
Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури
<https://orcid.org/0000-0002-3839-3976>*

**СУЧАСНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЧНИХ
ДИСЦИПЛІН У ТЕХНІЧНОМУ ЗВО**

Анотація. Показано взаємозв'язок між хімічною освітою та ефективністю роботи молодого інженера-будівельника. Розглянуто особливості викладання хімічних дисциплін у сучасних умовах, застосування різних методик навчання. Оцінюється співвідношення вкладу таких методів, як лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, та самостійної роботи студентів. Підкреслюється важливість експерименту як основного методу викладання природничих дисциплін і, як наслідок, залучення студентів до науково-дослідної роботи кафедри.

Показано актуальність дослідження закономірностей адсорбції водорозчинних поліелектролітів та їх асоціатів із поверхнево-активними речовинами корелюється з інгібуючою дією даних систем. Глибоке вивчення таких систем дає змогу створювати високоефективні інгібітори корозії, які демонструють високу ефективність у різних галузях, у тому числі і в будівельних технологіях.

Ключові слова: форми і методи навчання, лекційний експеримент, практичні завдання, наукова конференція, науково-дослідна робота студентів.

Вступ. Хімія в будівництві – це сучасна наука, що є системою знань про взаємозв'язок між складом, будовою та властивостями мінеральних та полімерних будівельних матеріалів. В основі отримання та експлуатації матеріалів, що застосовуються в нинішній будівельній галузі, лежать фізико-хімічні та хімічні процеси, розуміння та розкриття яких базується на фундаментальних законах хімії. Сучасне будівництво неможливо уявити без використання продуктів хімічної промисловості: конструкційних полімерних матеріалів, пластичних мас, синтетичних волокон, каучуків, латексів, в'язучих речовин та оздоблювальних матеріалів. Застосування в будівництві швидкотвердіючих бетонів і розчинів стало можливим після дослідження хімічних процесів, що перебігають між їхніми компонентами. Розуміння законів хімії та їх використання є важливим при вирішенні практичних завдань під час розробки нових рецептур бетону та їхнього подальшого застосування. Наприклад, зниження терміну служби та надійності найчастіше спричиняється такими хімічними процесами, як корозія металів, корозія бетону, деструкція полімерів [1]. Вимоги до сучасного інженера-будівельника постійно змінюються, а обсяг необхідних професійних знань, навпаки, зростає. Він визначається соціальним замовленням суспільства на висококваліфікованого фахівця, здатного брати активну професійну участь у вирішенні завдань реставрації та охорони пам'яток, реконструкції та будівництва будівель адміністративного та житлового фонду, будівництва та ремонту транспортних магістралей та міських автомобільних доріг, різних комунікацій; проєктування та зведення атомних та теплових електростанцій, хімічних комбінатів, силосних веж, заводів із виробництва будівельних матеріалів, сільськогосподарських об'єктів. До молодого інженера в будівельній сфері висуваються особливі вимоги, до яких, зокрема, належать: комплексне технічне мислення, логіка, здатність швидко приймати правильні технічні рішення, високий рівень теоретичної бази знань, раціональне розуміння не лише проблем проєктування та будівництва об'єктів, а й екологічних проблем сучасного суспільства.

Мета: показати основні форми та методи навчання, засновані на сучасному науково-технічному матеріалі, проаналізувати ефективність лекційного хімічного експерименту, який підвищує засвоєння матеріалу; розглянути організацію науково-дослідної роботи студентів при викладанні хімії в технічному ВНЗ.

1. Особливості методики викладання хімії в технічному ВНЗ

На сьогодні здійснення процесу навчання хімії студентів-першокурсників є важким завданням, тому що на будівельний факультет вступають абітурієнти, що мають часом досить низький рівень шкільної підготовки в галузі хімії. Великий обсяг одержуваної в процесі навчання інформації вимагає запровадження нових технологій навчання, що дозволяють не лише засвоїти, а й систематизувати отримані знання. Універсальних ефективних технологій та методів викладання не існує. Процес навчання може бути як активним (навчений бере участь у ньому як суб'єкт власного навчання), так і пасивним (навчений посідає місце лише об'єкта впливу викладача). До основних форм та методів навчання, що сприяють підвищенню його якості, належать лекції, засновані на сучасному науково-технічному матеріалі, конференції, диспути, узагальнюючі заняття, семінари, ділові та рольові ігри, захист рефератів, самостійна робота, а також практичні заняття та лабораторний практикум. Для студентів денної форми при усному викладі програмового матеріалу переважно використовуються словесні методи навчання. Серед них важливе місце посідають вузівські лекції, а також лабораторні та практичні заняття. Крім того, значне місце відведене самостійній роботі студентів. Наразі лекції не виступають в якості провідної ланки всього курсу навчання, а є способом викладання найважливіших розділів теоретичного матеріалу, що забезпечує цілісність і закінченість його у сприйнятті студентами. Лекції мають давати систематизовані основи наукових знань з хімії, розкривати стан та перспективи розвитку сучасної будівельної науки та хімічної технології, стимулювати активну пізнавальну діяльність студентів та сприяти формуванню творчого мислення. Деякі вчені вважають, що лекції потрібні в тому випадку, якщо немає сучасної літератури з дисципліни, що вивчається, або її недостатньо для забезпечення всіх студентів. Однак досвід роботи зі студентами різних факультетів

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

Придніпровської державної академії будівництва та архітектури свідчить про те, що відмова від лекції знижує науковий рівень підготовки учнів. Недоліки стислості лекційного курсу значною мірою можуть бути подолані правильною методикою та раціональною побудовою матеріалу, що вивчається [2].

Практика показує, що слід постійно підкреслювати практичне застосування того чи іншого розділу хімії. Наприклад, дослідження хімічного складу ґрунтових вод важливе в процесі проектування, будівництва та експлуатації будівель та споруд. Ґрунтові води певного хімічного складу постійно впливають на будівельні конструкції, викликаючи їх корозію (підвищений вміст вуглекислого газу у воді сприяє вуглекислотній корозії бетону, а високий вміст кисню збільшує швидкість корозії металевих конструкцій). Тому навчальним дисциплінам «Корозія і захист від корозії», «Фізична хімія та хімія силікатів», «Хімія з основами біогеохімії», «Аналітична хімія та санітарно-хімічний аналіз» надається особливе значення.

Хімія для студентів будівельних спеціальностей технічних вишів, з одного боку, є фундаментальною дисципліною, з іншого – непрофільною. Це одна з небагатьох дисциплін, яка включає лекційний експеримент як невід'ємну частину навчального процесу. У сучасних лекційних курсах загальної хімії відбувається перехід від описових прийомів до порівняльних; крім того, суттєво збільшується використання як інформаційного, так і проблемного методів викладання. Як показує практика, лекційний експеримент відіграє істотну роль у формуванні хімічних понять, його значення у вивченні хімії дуже велике. Кінцевою метою є навчити студентів застосовувати основні закони хімії до різних об'єктів професійної діяльності, вирішувати технологічні завдання, у тому числі й у нестандартних ситуаціях.

Вивчаючи на першому курсі хімію як непрофільну дисципліну, студенти будівельних спеціальностей дізнаються багато нового. Такі теми [3], як «Хімічна термодинаміка», «Хімічна кінетика», «Теорія розчинів», «Гальванічний елемент», «Корозія металів і захист від корозії», «Електроліз водних розчинів та розплавів електролітів», є вкрай важливими та безпосередньо пов'язані з майбутньою професійною діяльністю випускників нашої академії. Більшість із

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

перерахованих вище тем вивчалася з використанням практичного експерименту.

Як приклад розглянемо лекцію на тему «Вплив різних факторів на швидкість хімічних реакцій», що входить до розділу «Хімічна кінетика». Мета даної лекції – ознайомити студентів зі швидкістю хімічної реакції; розкрити вплив різноманітних чинників на швидкість хімічних реакцій; поглибити знання студентів про каталізатори; стимулювати пізнавальну діяльність студентів; сформувати у студентів вміння та навички уважно слухати та засвоювати матеріал.

Таким чином, лекційний експеримент значно підвищує засвоєння матеріалу, викликає живий інтерес студентів, робить лекцію більш ефективною, незважаючи на те, що є вторинним відносно тексту лекції. Для студентів будівельних спеціальностей видовищний та детально обговорений експеримент значною мірою сприяє формуванню основних понять та законів курсу хімії. Теоретичні знання в галузі хімії допомагають інженеру-випускнику в його практичній діяльності. Створення та застосування нових конструкційних матеріалів, розробка сучасних ресурсозберігаючих та безвідходних технологій, освоєння відновлюваних джерел енергії на даний час неможливі без глибоких хімічних знань.

Поряд із лекціями, що відповідають високим науково-методичним вимогам, сучасні навчальні технології передбачають для студентів будівельних спеціальностей розв'язання задач, виконання практичних та лабораторних завдань. Наприклад, під час роботи над темами «Хімія металів», «Корозія металів», «Електрохімія» рекомендується розглянути такі завдання [4]:

- На будівельному майданчику є вироби із заліза, цинку та міді. Які з металів (Fe, Zn, Cu) будуть руйнуватися в атмосфері вологого повітря? (Визначити на підставі обчислення зміни енергії Гіббса (ΔG) відповідних процесів).
- Назвати різні (хімічні та електрохімічні) способи отримання металів, навести конкретні приклади та скласти рівняння реакцій.
- Скласти схеми двох гальванічних елементів, в одній з яких цинк є анодом, а в іншій – катодом. Скласти рівняння відповідних електрохімічних процесів.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

- З метою підвищення корозійної стійкості покриття металевих виробів пасивують. Для цього деталі або частини металевих будівельних конструкцій занурюють у розчин, що містить 150 г/л хромового ангідриду та сульфатної кислоти. Після пасивації вироби промивають водою та сушать гарячим повітрям, після чого вони вважаються придатними до експлуатації. Складіть схеми відповідних хімічних реакцій. Запропонуйте свій спосіб пасивації металевих виробів.
- Розрахуйте електродний потенціал цинку, опущеного в розчин його солі з концентрацією йонів цинку 0,001 моль/л.
- У будівництві та промисловості дуже часто виникають ситуації контактування двох металів. Наприклад, алюміній іноді з'єднують із міддю. Який з металів буде піддаватися корозії, якщо утворена гальванопара потрапить у кислоту, воду чи луг? Складіть схему гальванічного елемента, який утворюється при цьому. Підрахуйте ЕРС та ΔG цього елемента за стандартних умов.
- Лудінню (покриття оловом) піддають жерсть для консервних банок, котлів, бідонів, самоварів, м'ясорубок, мідних проводів тощо. Електролітичне лудіння проводять у кислих та лужних розчинах. Олово в кислих розчинах утворює катіони, а в лужних – аніони. Складіть схему лудіння в кислому і лужному електроліті.
- До каналізаційного колектора, помилково побудованого із силікатної цегли, потрапляють промислові стічні води, що містять HCl у кількості 13 г на 1 м³ води. Розрахувати, скільки гашеного вапна розчиниться з цегляних стін колектора за місяць його експлуатації, якщо за добу через нього проходить 100 м³ стічних кислих вод, а в реакцію вступає 40 % кислоти, що міститься в них.

Застосування комбінованих форм навчання, розгляд на практичних заняттях різнорівневих задач та розвивальних завдань, орієнтованих на закріплення хімічних знань, забезпечує підвищення інтелектуального рівня студентів та покращує якість навчання хімії. Крізь весь курс навчання має проходити ідея, сутність якої полягає в тому, що вивчення хімії сприяє пізнанню навколишнього середовища, що знання її законів нерозривно пов'язане з практичною діяльністю майбутніх випускників будівельних спеціальностей.

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ**

Крім того, у процесі викладання хімії великий резонанс у студентів отримали мініконференції під час лекційних занять. Студенти спеціальностей «Екологія» та «Водопостачання та водовідведення» готували реферати та презентації з таких актуальних тем:

- Сучасні екологічні матеріали для захисту деревини
- Антикоровий захист сталевих конструкцій лакофарбовими матеріалами
- Захист будівельних конструкцій від корозії сучасними полімерними матеріалами
- Сучасні фарби для горизонтальної розмітки автомобільних доріг
- Холодні пластики та термопластики для горизонтальної розмітки автомобільних доріг
- Сучасні фасадні фарби на основі стиролакрилових та акрилових кополімерів
- Мінеральні пігменти у виробництві фарб для внутрішніх та зовнішніх робіт
- Екологізація виробництв та охорона навколишнього середовища у будівництві
- Проблема «кислотних» дощів у сучасному будівництві. Оксиген, його сполуки. Глобальні біогеохімічні цикли Оксигену
- Хімічні властивості Сульфуру та його сполуки. Глобальні біогеохімічні цикли Сульфуру
- Нітроген і Фосфор, найважливіші сполуки, біологічна роль. Колообіги Нітрогену і Фосфору в природі
- Карбон і Силіцій: хімічні властивості і сполуки. Глобальний біогеохімічний цикл Карбону. Фотосинтез
- Біометали Na, K, Mg, Ca, властивості і сполуки
- Аналіз природних вод: проблеми визначення мікрокомпонентів мінеральної природи
- Аналіз природних вод: визначення токсичних органічних компонентів. Проблеми аналізу виробничих стічних вод
- Проблеми аналізу виробничих газоподібних викидів
- Аналіз ґрунтів: визначення макро- та мікрокомпонентів
- Аналіз будівельних матеріалів
- Проблеми аналізу геологічних об'єктів
- Аналіз полімерних матеріалів

– Хімічні методи в аналізі об'єктів довкілля.

Процес підготовки рефератів проходив при постійному контакті викладачів зі студентами, попередньо ретельно розглядалися всі розділи рефератів, вносилися коригування, проводилася орієнтація студентів на наукову та науково-методичну літературу, що рецензується.

Після заслуховування студентських рефератів на конференціях обговорювалися питання та сучасні технології захисту біосфери від промислових викидів, технологічні схеми очищення стічних вод різних виробництв, у тому числі і будівельних. Безперечно, що даний блок знань майбутні інженери-будівельники та інженери-екологи використовуватимуть у своїй професійній діяльності.

Застосування дистанційних технологій засобами MS Office 365 дає змогу студентам підготувати якісні презентації своїх доповідей. Оскільки хімічні дисципліни викладаються на початкових курсах і більшість студентів ще не має досвіду публічних виступів, дистанційні презентації дозволяють робити доповіді у психологічному комфорті, що також є важливим для сприйняття й опанування студентом нових тем.

Досвід проведення студентських мініконференцій з курсу «Хімія» позитивний: збільшився теоретичний рівень курсу, більш обґрунтованим і усвідомленим став підхід студентів до розв'язання практичних задач, підвищився інтерес до дисципліни. Після проведеного опитування з'ясувалося, що понад 80% студентів змінили свою думку про майбутню професію. Показаний вище підхід до керованої самостійної роботи дозволяє формувати у студентів технічних спеціальностей сучасний природничий світогляд, показувати зв'язок науки, будівельного виробництва та екологічних проблем сучасного суспільства, готувати інженерів, що йдуть у ногу з часом.

Сучасний інженер-будівельник у процесі своєї діяльності вирішує завдання як великомасштабного (проєктування та зведення об'єктів важкої промисловості: атомних та теплових електростанцій, хімічних комбінатів, силосних веж, екструдерів, заводів з виробництва будівельних матеріалів; сільськогосподарських об'єктів, адміністративних та житлових будівель), так і «малого» будівництва (реставрація та охорона пам'яток та історико-культурних об'єктів,

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ**

реконструкція будівель охорони здоров'я, адміністративного та житлового фонду, будівництво та ремонт транспортних магістралей та міських автомобільних доріг, будівництво та реконструкція різних комунікацій та гідротехнічних споруд).

Керівники будівельних організацій та проєктних інститутів вимагають, щоб молоді фахівці мали комплексне технічне мислення і здатність до логічних міркувань, хорошу теоретичну базу знань, раціональне розуміння не тільки проблем проєктування та будівництва об'єктів, виробництва будівельних матеріалів та виробів, але й інших пов'язаних із цим проблем, у тому числі екологічних. Глибокі знання в галузі фундаментальних природничих дисциплін, зокрема в галузі хімії, допомагають випускнику-інженеру у його практичній діяльності. Таким чином, хімії належить важлива роль у формуванні академічних та професійних компетенцій майбутнього інженера-будівельника.

2. Науково-дослідна робота студентів як різновид самостійної роботи

Важливим моментом в організації навчального процесу є науково-дослідна робота студентів. Саме у вищому навчальному закладі студенти починають серйозно займатися науковою роботою. Проведення науково-дослідної діяльності студентів створює позитивні результати: формується наукове мислення, а не просте накопичення знань. Дослідницька діяльність дає можливість розвинути свій інтелект у самостійній творчій діяльності з урахуванням індивідуальних особливостей та нахилів. Таким чином, дослідницька робота – чудове поле діяльності для студентів, при виконанні якої вирішуються практичні, суспільно значущі завдання, а також самореалізація особистості та формується гуманність стосовно навколишнього світу.

Студенти нашої академії брали участь у науково-дослідній роботі «Закономірності адсорбції та інгібуючої дії поліелектролітів та їх асоціатів на основі натрій алкілсульфонатів» [5]. У даній роботі досліджувалися фундаментальні аспекти кінетичних закономірностей адсорбції так званих поліелектролітів (ПЕ) та поліелектролітних комплексів (ПЕК) на різних поверхнях поділу фаз: метал – розчин, метал – повітря, розчин – повітря. Крім цього, аналізувались

інгібіторні властивості даних хімічних об'єктів, які є практичним застосуванням науково-дослідної роботи, що в першу чергу сприяє створенню нових екологічно чистих інгібіторів корозії металів. Це питання є актуальним у захисті металевих конструкцій від атмосферної корозії та корозії металоконструкцій у бетоні. Дослідження проводились як у навчальних лабораторіях Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, так і Науково-дослідного інституту Гальванохімії (м. Дніпро).

Основні закономірності адсорбції поліелектролітів (ПЕ) з водних розчинів сформульовані на основі даних, отриманих на пористих, як правило, оксидних сорбентах: різних компонентах ґрунту та хімічних волокнах. Незважаючи на розширення досліджень у галузі адсорбції водорозчинних полімерів, маємо дуже мало робіт, присвячених їх адсорбції на полікристалічних електродах. Адсорбція ПЕ на твердій поверхні – явище складніше, ніж адсорбція простих органічних речовин. У загальному випадку адсорбція ПЕ на поверхні твердих тіл визначається такими факторами: властивостями сорбенту (величина та знак заряду поверхні, гідрофільність); властивостями ПЕ (енергією адсорбції сегмента, ступенем полімеризації, щільністю та знаком заряду макромолекули, конформацією молекули та її зміною в об'ємі розчину та на поверхні сорбенту); взаємодією ПЕ з поверхнею сорбенту; властивостями розчину (склад, йонна сила). Характерною особливістю ПЕ є здатність адсорбуватись на однойменно зарядженій твердій поверхні. Адсорбція ПЕ у багатьох випадках є «незворотною». Десорбція поліелектроліту можлива лише за одночасного звільнення всіх адсорбованих сегментів [6].

Одним із центральних питань теорії адсорбції на твердих сорбентах є явище конформації адсорбованих ланцюгів [7]. У розчині молекули ПЕ часто мають конформацію розтягнутого статистичного клубка [8]. Конформація молекул може змінюватися залежно від сили електростатичної взаємодії та складу розчину. Згорнута в розчині у клубок молекула ПЕ змінює конформацію після того, як певна кількість її сегментів адсорбується на поверхні. Після встановлення контакту між одним із сегментів та поверхнею ймовірність адсорбції сусідніх сегментів збільшується. Дослідження поведінки довгого полімерного ланцюга в розчині колоїдних частинок [9] показали, що при їхньому фіксованому просторовому положенні молекула полімеру

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

виявляється адсорбованою на декількох частинках і приймає розтягнуту конформацію. Таким чином, розміри молекули значно перевищують розміри вільного клубка.

Слід зазначити, що механізм адсорбції водорозчинних полімерів на різних межах поділу фаз дуже складний і, на відміну від низькомолекулярних сполук, змінюється залежно від концентрації макромолекул у розчині. Це пов'язано як зі здатністю молекул ПЕ змінювати конформацію в об'ємі розчину і на електроді, так і зі схильністю макромолекул до агрегації між собою та іншими органічними речовинами. Крім того, при адсорбції полімеру через велику довжину гнучкого ланцюга з поверхнею сорбенту може зв'язуватися тільки частина сегментів. Інші фрагменти макромолекул можуть утворювати в поверхневому шарі петлі та хвости. Очевидно, для опису адсорбції полімерів слід застосовувати складніші ізотерми, зокрема, Хуве та Сільберберга [10].

У разі розведених розчинів ПЕ в поверхневому шарі повністю розгортається і практично всі сегменти контактують із поверхнею сорбенту. У цьому випадку адсорбція ПЕ підпорядковується, зазвичай, рівнянню Ленгмюра. В області середніх концентрацій ПЕ у розчині (напіврозбавлені розчини) статистичні клубки макромолекул починають перекриватися, що супроводжується їх стисканням та зменшенням у розмірах. При цьому реалізується агрегатний механізм адсорбції, критерієм застосування якого є концентрація полімеру, яка наближено дорівнює зворотному значенню характеристичної в'язкості. Очевидно, у всіх випадках через значні розміри макромолекул їх адсорбція істотно залежатиме від часу через уповільнений масоперенос та конформаційні зміни на поверхні сорбенту.

Дослідження адсорбції ПЕ на металевих електродах у великому обсязі реалізовано на ртуті. Поверхнева активність олігомерів проявлялася в широкому діапазоні потенціалів і мала змішану дифузійно-кінетичну природу, що визначається масопереносом макромолекул до межі поділу фаз та їх конформаційними змінами на електроді.

Параметри адсорбції високомолекулярних солей піридинія на вісмутівому електроді свідчили на користь сегментної адсорбції макромолекул. При цьому спостерігалось збільшення адсорбції

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

макромолекул при переході від межі розчин-повітря до межі метал-розчин. Адсорбція полімерних солей піридинія адекватно описувалася ізотермою Ленгмюра. Встановлено, що при адсорбції полімерів на поверхні срібла з різних розчинників експериментальні ізотерми були також лінійні в координатах Ленгмюра. Спостерігається значне зниження ємності подвійного електричного шару у широкій області потенціалів при малих концентраціях поліетиленіміну, що вказує на високу адсорбційну активність на межі метал-розчин. Адсорбційна рівновага встановлювалася протягом кількох секунд. Автори вважають, що на електроді сферична молекула розкручувалася з утворенням деякого суцільного мономолекулярного шару через взаємодію функціональних груп із поверхнею металу. Методом вимірювання ємності мідного електрода показано, що полівініловий спирт знижує ємність подвійного шару в широкому діапазоні потенціалів.

У серії робіт [11, 12] отримано систематичні кількісні адсорбційні дані для різних поліелектролітів на цинковому, залізному, мідному, ртутному електродах та на межі розчин/повітря, аналіз яких дозволив зробити висновки:

- температура слабо впливає на адсорбційні характеристики олігомерів;
- зростання ступеня полімеризації призводить до збільшення константи адсорбційної рівноваги;
- на ртутному електроді та на межі розчин/повітря адсорбція ПЕ перебігає лише за рахунок взаємодії гідрофобних та функціональних груп олігомерів з розчинником;
- на полікристалічних електродах має місце суттєва специфічна взаємодія функціональних груп з поверхнею металів;
- специфічна взаємодія ПЕ з металом зростає за наявності у функціональних групах ненасичених зв'язків.

Багато високоефективних промислових інгібіторів кислотної корозії металів містять у складі водорозчинні нітрогенвмісні полімери, отримані конденсацією гексаметилентетраміну з аніліном, формальдегідом і бензиламіном, поліетиленполіаміни, поліетиленіміни, а також полімерні солі четвертинного амонію, які містять різні ароматичні групи. Разом з тим, найбільш використовуваними в різних технологіях поліелектролітами є

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

полімери на основі N,N-диметил-N,N-діаліламонійхлориду. Ці олігомери широко застосовуються в гальванотехніці для регулювання швидкості електроосадження цинку в лужному середовищі. Вони є високоефективними каталізаторами низки хімічних процесів. Крім того, вони є дестабілізаторами емульсій при очищенні стічних вод і в нафтовидобувній промисловості. Водні розчини кополімерів можуть також використовуватися як мастильно-охолоджувальна рідина при об'ємному холодному штампуванні металів і для інгібування корозії сталі в різних середовищах. Авторами роботи [13] синтезовано низку нових полімерних четвертинних амонієвих солей на основі морфоліну (ПЧАСМ) та показано можливість їх застосування в різних хіміко-технологічних процесах. У роботі проведено дослідження впливу синтезованих ПЧАСМ на сенситометричні характеристики чорно-білих галогенсрібних фотоматеріалів та встановлено вплив молекулярної маси на їхню фотографічну активність. Поліелектроліти цього класу добре зарекомендували себе як регулятори реологічних та фізико-механічних властивостей композицій триацетату целюлози. У роботі [14] при дослідженні кінетики коагуляції бентонітової глини встановлено високу коагулюючу здатність ПЧАСМ. Нові поліелектроліти цього класу мають гарну перспективу використання як основну діючу речовину при інгібуванні корозії сталі в агресивних середовищах. В останні роки спостерігається бурхливий розвиток синтезу нових водорозчинних азотовмісних поліелектролітів на основі гуанідину (ПГ), пов'язаний із широким спектром їх практичного застосування. Поліелектроліти цього класу можуть використовуватися як високоефективні коагулянти при очищенні води [15] як промотори адгезії металокорду до гуми, як бактерицидні препарати в медицині та сільському господарстві. Відомі факти використання полігексаметиленгуанідинів як інгібіторів корозії [16] та регулятора швидкості електроосадження металів, що пов'язано зі здатністю олігомеру добре адсорбуватися на різних металах. Висока адсорбційна активність поліалкіленгуанідинів може бути пов'язана з наявністю великої кількості гідрофобних (лінійний ланцюг алкільних фрагментів) та гідрофільних (гуанідинові фрагменти) складових молекули. Гідрофобні частини сприяють виштовхуванню молекули з об'єму розчину на межу поділу фаз (ефект гідрофобної гідратації), а наявність гуанідинових ланок забезпечує специфічну взаємодію з

поверхнею металів. Також було досліджено вплив фосфату полігексаметиленгуанідину (анавідину) на корозію сталі в нейтральних водних розчинах із різною агресивністю, що показало зниження швидкості корозії сталі марки Ст.3 у 20 разів. При спільному використанні анавідину та окислювача виявлено підвищення ступеня захисту сталі, що лягло в основу розробки інгібітора ІФХАН-43, що дозволяє досягати ступеня захисту 95% при робочій концентрації 75 мг/л. У роботі [17] розглянуто використання сполук ПГ як інгібіторів корозії у нафтопереробній промисловості. Авторами показано, що захисна дія ПГ залежить від природи протийону. Найбільшу ефективність в оборотній воді виявляли ПГ з фосфатом та гіроксидан-1,1-дифосфонатом протийонами. Катіони кальцію та цинку сприяли значному збільшенню ефективності солей ПГ. Фосфат ПГ у комплексі з нітритами та боратами проявляв синергетичний ефект, який пов'язувався з їхньою специфічною взаємодією. Завдяки значному позитивному заряду олігомери ПГ виявляють високі бактерицидні властивості та є ефективними як проти аеробної, так і анаеробної мікрофлори [18]. На основі полігексаметиленгуанідинфосфату розроблено комплексний інгібітор для агресивних середовищ, близьких до нейтральних [19], застосування якого дозволило зменшити швидкість корозії сталі до 0,005 мм/год. Полігексаметиленгуанідингідрат використовується як інгібітор корозії для слабо кислих та нейтральних середовищ при первинній переробці нафти. На основі полігексаметиленгуанідингідроксидетилідендифосфонату (ПГМГОЕДФ) створений інгібітор для систем оборотного водопостачання, застосування якого при концентрації 20 мг/л дозволило досягти зниження швидкості корозії до 0,021 мм/год, солевідкладень до 4 г/м², кількості бактерій – 4 КОЕ/мл. Водночас застосування інгібіторів на основі поліелектролітів обмежується складністю синтезу та високою вартістю продуктів, а також відсутністю сировинної бази для їх отримання в Україні. Крім того, чимало сучасних інгібіторів не відповідають чинним санітарно-гігієнічним вимогам.

З вищевикладеного випливає, що одним із найбільш перспективних напрямів при розробці високоефективних регуляторів швидкості електроосадження металів та промислових інгібіторів корозії є використання синтетичних водорозчинних полімерів через

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

їхню високу адсорбційну здатність на різних межах поділу фаз, низької токсичності та біорозкладності. Водночас у науковій літературі недостатньо представлені матеріали з адсорбції та інгібуючої дії цих сполук на полікристалічних електродах, на підставі яких можна було б судити про основні закономірності цих процесів. Крім того, можливість варіювання властивостями та будовою поліелектролітів обмежується, на жаль, складністю синтезу та високою вартістю ексклюзивних продуктів.

Вирішенням цієї проблеми може бути кероване конструювання безпосередньо в розчині асоціатів водорозчинних полімерів з йоногенними поверхнево-активними речовинами, так званих поліелектролітних комплексів. Утворення ПЕК, що відбувається за рахунок електростатичних та гідрофобних взаємодій макроїонів та частинок ПАР, призводить до зміни конформації макромолекул у розчині: переходу від клубкових або спіралеподібних структур до стрижнеподібних форм за рахунок збільшення жорсткості вуглеводневого ланцюга. Цей процес може супроводжуватися зміною гідрофільно-ліпофільного балансу макромолекули та збільшенням її адсорбційної здатності на різних межах поділу фаз. Очевидно, змінюючи природу поліелектроліту та низькомолекулярних ПАР, їх співвідношення та довжину вуглеводневого ланцюга, можна отримати ПЕК із різною структурною організацією, стабільністю та необхідними макроскопічними характеристиками для селективного впливу на окремі стадії електродних реакцій, що протікають в електрохімічних системах при електроосмосі. Такий підхід дозволить здійснити значний прогрес при створенні ефективних інгібіторів корозії, регуляторів швидкості електроосадження металів, а також нових коагулянтів та флокулянтів для технологій гідрометалургії та водопідготовки та промоторів адгезії металокорду та гуми у шинній промисловості.

Для формування ПЕК доцільно вибрати один із найбільш застосовуваних у різних технологіях катіоноактивний олігомер на основі диметилдіаліламонійхлориду. Крім того, синтез нових катіоноактивних поліелектролітів на основі четвертинних амонієвих солей морфоліну та похідних полігексаметиленгуанідингідрохлориду їх адсорбції та інгібуючої дії на різних межах поділу фаз та пошуку нових сфер застосування.

Регулювати адсорбційні та інгібіторні властивості обраних катіоноактивних олігомерів можна шляхом формування на їх основі поліелектролітних комплексів з аніонними поверхнево-активними речовинами (ПАР). Такі системи викликають у науковій літературі підвищений інтерес через високі показники констант утворення. В якості модельних аніонних ПАР використовували натрій бутил- і гептилсульфонати через простоту будови та можливість оцінки впливу довжини вуглеводневого ланцюга на асоціацію та адсорбційні властивості поліелектролітних комплексів.

При виборі електродних процесів орієнтувалися на такі фактори. Найбільш об'єктивна інформація про адсорбційні процеси та кінетичні явища за наявності поліелектролітів може бути отримана на ртутному електроді через загальновідомі його переваги: широкий діапазон потенціалів ідеальної поляризованості, високу відтворюваність поверхні та відсутність впливу стадії кристалізації. В області потенціалу нульового заряду ртуті перебігає процес розряду йонів кадмію, який і був обраний модельним. Для коректного зіставлення закономірностей процесів, що відбуваються на ртутному та полікристалічному електродах, доцільно дослідити розрядження йонів цинку на цинковому електроді, яке також проходить поблизу потенціалу нульового заряду полікристалічного електрода. Однак цинк належить до ртутєподібних металів із високою перенапругою при виділенні водню. У зв'язку з цим для перевірки основних закономірностей адсорбції та інгібуючої дії поліелектролітів та ПЕК було залучено процес йонізації заліза, що перебігає на електроді із заліза Армко.

Разом з тим, із вищевикладеного випливає, що в науковій літературі представлена недостатня кількість систематичних даних щодо адсорбції ПЕ на полікристалічних електродах, на підставі яких можна було б встановити закономірності цього процесу і навчитися керувати ним.

3. Закономірності адсорбційної та інгібіторної дії поліелектролітів

При дослідженні адсорбційних та кінетичних явищ в умовах адсорбції поліелектролітів на металевих електродах методи вимірювання повинні бути високоінформативними та забезпечувати

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

можливість одночасної оцінки кінетичних параметрів реакції перенесення заряду та адсорбційних характеристик органічних речовин. Крім того, електрична дія на електрод повинна бути мінімальною, щоб у процесі вимірювання залишався стабільним стан поверхні електрода та адсорбційного шару. При цьому швидкість вимірювання параметрів процесів повинна бути настільки високою, щоб при реєстрації відгуку не відбувалося зміни поверхні та ступеня заповнення електрода, особливо в умовах нерівноважної адсорбції поліелектролітів та їх конформаційних змін у поверхневому шарі.

З вищевикладеного випливає, що основним джерелом інформації про параметри таких електрохімічних систем можуть бути релаксаційні методи: імпедансний і кулоностатичний. Крім цих двох методів, у роботі були використані постійнострумова вольтамперометрія, метод максимального тиску бульбашки, метод Вільгельмі, метод Кучери (дослідження адсорбції органічних речовин та кінетики електрохімічних процесів); фотокалориметрія (аналіз складу електролітів).

Очевидно, у разі полікристалічних електродів спосіб їх підготовки повинен забезпечувати добре відтворювану, відновлену і максимально однорідну поверхню, зміна якої в часі повинна протікати набагато повільніше, ніж процеси, що відбуваються на ній. Найбільш прийнятним способом підготовки є зріз поверхні полікристалічного електрода ножом з корунду в об'ємі робочого розчину.

3.1 Особливості будови подвійного електричного шару та адсорбції органічних сполук на різних електродах у метансульфонатному середовищі

Методом Кучери в різних фонових електролітах отримані залежності поверхневого натягу розчинів від потенціалу ртутного електрода, аналіз яких показав, що у метансульфонатному середовищі не відбувається зсув максимуму електрокапілярної кривої порівняно з перхлоратним і сульфатним розчинами. Це свідчить про відсутність поверхневої активності CH_3SO_3^- -аніонів. Порівняно з перхлоратним у метансульфонатному розчині спостерігається деяке зниження поверхневого натягу в області потенціалу нульового заряду ртуті. Для більш детального аналізу будови подвійного електричного шару у цих розчинах імпедансним методом отримано залежності ємності

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

подвійного електричного шару від потенціалу ртутного електрода (рис. 1).

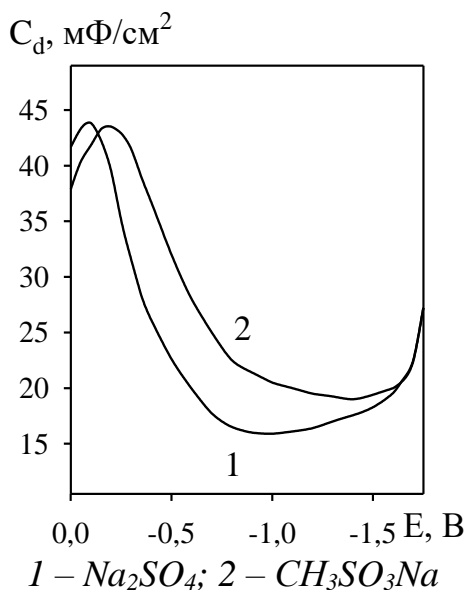


Рисунок 1. Залежність ємності подвійного електричного шару від потенціалу ртутного електрода в різних фонових електролітах

Аналіз цих даних показує, що в широкій області потенціалів ємність ртутного електрода при однаковій концентрації в метансульфонатному розчині вище, ніж у сульфатному, що, можливо, пов'язано з відмінностями у розмірах аніонів у поверхневому шарі.

На рис. 2 а представлені криві диференціальної ємності (пунктирні лінії), зняті в розчинах натрій метансульфонату різної концентрації на свинцевому електроді. По мірі розведення розчину на С,Е-кривих з'являється мінімум, який поглиблюється зі зменшенням концентрації розчину. Наявність мінімуму зазвичай пов'язують зі збільшенням дифузності подвійного електричного шару при малих величинах зарядів електрода. У проведених експериментах величина потенціалу, яка відповідає мінімуму ємності, для метансульфонатних розчинів різної концентрації не змінюється і становить $-0,69 \pm 0,02$ В.

Інтегруванням ємнісних кривих отримані залежності щільності заряду від потенціалу (рис. 2 б), подальше інтегрування яких дає електрокапілярні криві (рис.2 в). Форма $\Delta\sigma, E$ -залежностей дозволяє зробити висновок, що метансульфонат-аніони не виявляють значну специфічну адсорбованість на свинцевому електроді.

Розділ 3

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ

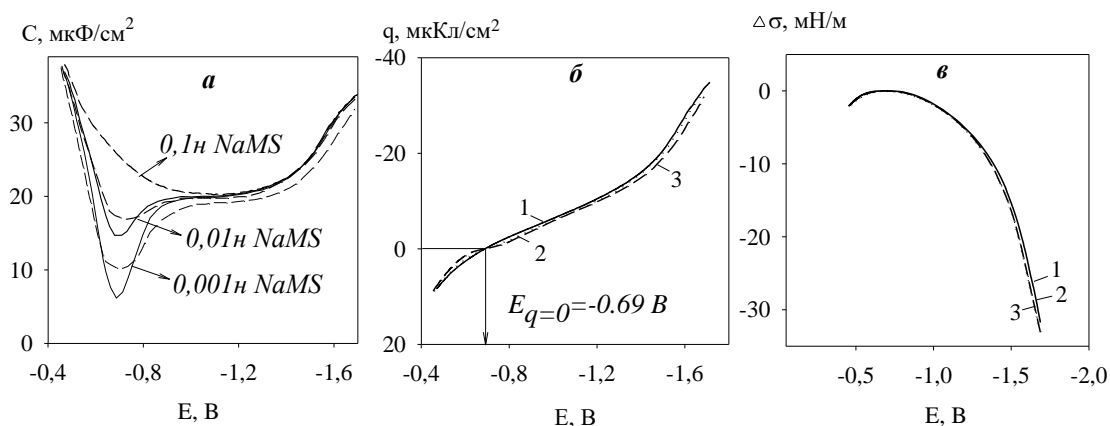


Рисунок 2. Криві диференціальної ємності (а) (пунктирна лінія – експериментальні дані, суцільна – теоретичні), щільності заряду (б) і електрокапілярні криві (в) свинцевого електрода в розчині NaCH_3SO_3 : 1 – 0,1 М; 2 – 0,01 М; 3 – 0,001 М розчин NaCH_3SO_3 .

Щоб переконатися в тому, що потенціал мінімуму відповідає потенціалу нульового заряду $E_{q=0}$ свинцевого електрода, було проведено кількісну перевірку відповідності експериментальних даних положенням теорії Грема. Згідно з цією теорією, при відсутності помітної специфічної адсорбції ПЕШ можна моделювати за допомогою двох послідовно з'єднаних конденсаторів з ємностями C_1 і C_2 , де C_1 – ємність щільного шару, а C_2 – ємність дифузного шару. Між ємністю електрода C і величинами C_1 і C_2 існує таке співвідношення:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}. \quad (1)$$

Ємність дифузного шару для водного розчину 1,1-валентного електроліту при 298 К визначається за формулою:

$$C_2 = 19,5\sqrt{138c + q^2}, \quad (2)$$

де c – молярна концентрація електроліту;

q – щільність поверхневого заряду.

При використанні рівняння (1) для аналізу результатів, отриманих на твердому електроді, поверхня якого не може розглядатися як ідеально гладка, необхідно враховувати, що всі величини в рівнянні (1) відносяться до одиниці істинної поверхні. Тому в (1) вводиться коефіцієнт шорсткості f і рівняння набуває вигляду:

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{fC_1} + \frac{1}{fC_2} \quad (3)$$

Експериментальні значення ємностей ПЕШ для електроліту з найбільшою концентрацією дозволяють отримати величини C_1 , розрахувати відповідно до (1) – (3) теоретичні C, E -криві і зіставити їх з експериментальними.

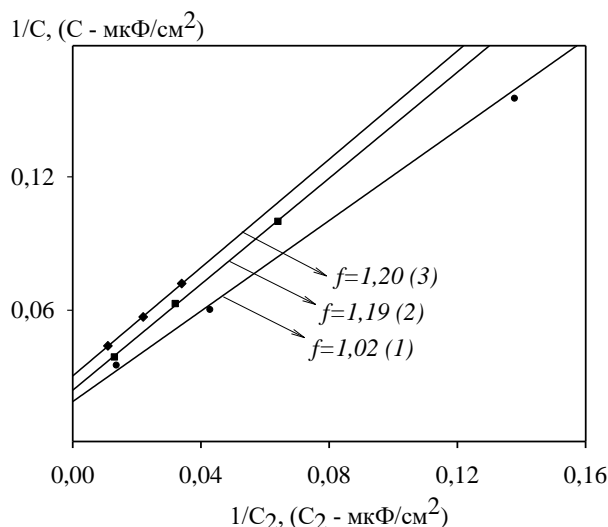


Рисунок 3. Залежності $1/C$ від $1/C_2$ свинцевого електрода в метансульфонатних розчинах, отримані при різних величинах потенціалу (В): 1 – $-0,69$ В; 2 – $-0,75$ В; 3 – $-0,80$ В

Як видно з рис. 2 а, розбіжності між теоретичними та експериментальними кривими диференціальної ємності незначні. Залежності експериментальних значень $1/C$ від обчислених величин $1/C_2$ лінійні (рис. 3) з нахилами, рівними f , які близькі до 1, що дозволяє зробити висновок про задовільну підготовку електрода перед експериментами.

Представлені дані підтверджують придатність теорії Грема для опису наших результатів і дають можливість розглядати потенціал мінімуму ємності ($-0,69$ В) як потенціал нульового заряду свинцевого електрода.

У таблиці 1 порівняно значення $E_{q=0}$ свинцю, представлені в літературі для різних розчинів, із значенням потенціалу нульового заряду, отриманого в даній роботі.

Таблиця 1

Потенціали нульового заряду свинцевого електрода

Розчин	$E_{q=0}$, В
0,001 н NaF	-0,56
0,001 н HCl	-0,69
0,1 н NaBr	-0,63
0,1 н NaI	-0,76
0,001 н Na ₂ SO ₄	-0,59
0,001 н NaCH ₃ SO ₃	-0,69

Відомо, що серед аніонів специфічна адсорбованість найменше виражена для F⁻, HF²⁻, BF⁴⁻, PF⁶⁻, а також для деяких двозарядних аніонів, таких як SO₄²⁻ і CO₃²⁻. Значення $E_{q=0}$ свинцю в метансульфонатному розчині є більш негативним, ніж у випадку фторидного і сульфатного розчинів, однак більш позитивне в порівнянні з розчином, що містить специфічно адсорбовані йодид-йони. Оскільки незалежність $E_{q=0}$ від концентрації метансульфонатного розчину свідчить про відсутність значної специфічної адсорбції CH₃SO₃⁻-аніонів, ми припустили, що спостережуваний зсув потенціалу нульового заряду в негативну область порівняно зі значеннями, наведеними в літературі, пов'язаний з різною природою використовуваних електродів.

З ємнісних кривих (рис. 3.4) випливає, що значення $E_{q=0}$ в досліджених електролітах практично збігаються. З урахуванням несиметричності сульфатного електроліту можна прийти до висновку, що хоча метансульфонат-йони і проявляють трохи більшу адсорбованість на свинці, ніж SO₄²⁻-йони, це не може бути причиною розбіжності даних нашої роботи з [20].

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ

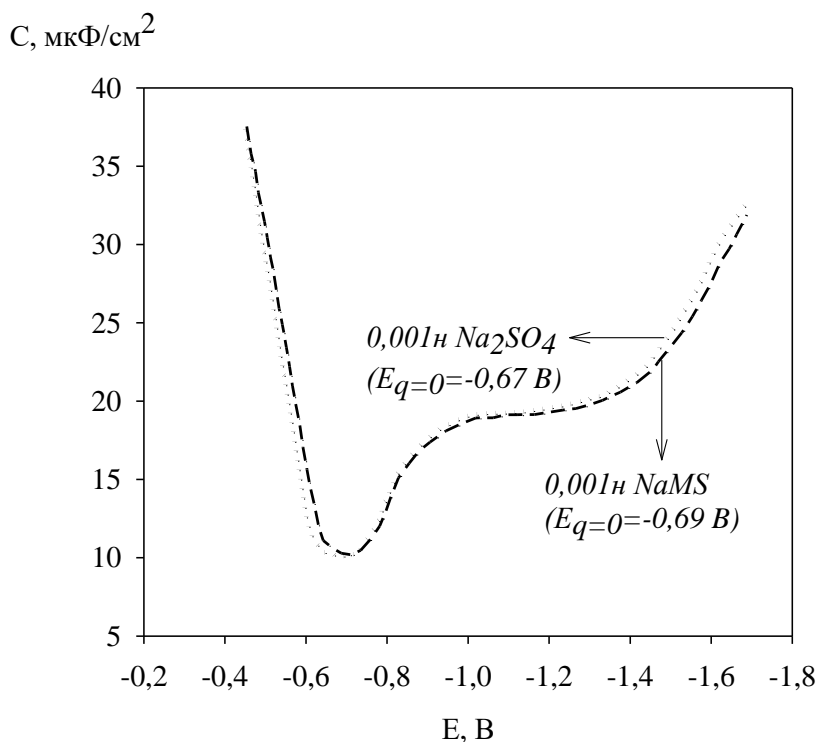


Рисунок 4. Криві диференціальної ємності свинцевого електрода в розчинах натрій метансульфонату і натрій сульфату

Пояснити спостережуваний зсув $E_{q=0}$ можна тією обставиною, що в цій роботі в якості робочого електрода використовувалося гальванічне свинцеве покриття, яке на відміну від оплавленого свинцю напевно володіє вираженою текстурою, тобто характеризується виходом на поверхню певних кристалічних граней, що відрізняються значеннями відповідних потенціалів нульового заряду.

Аліфатичні спирти є вдалим модельним об'єктом для виявлення специфіки адсорбції органічних сполук з метансульфонатного середовища, оскільки вони мають просту будову, близьку до сферичної конфігурацію і для них є вичерпні адсорбційні дані в сульфатних розчинах на різних електродах.

У зв'язку з цим у цьому розділі було досліджено адсорбцію бутилового спирту і натрій бутилсульфонату на Hg , Zn , Cd і Pb електродах в метансульфонатному середовищі. Криві на рис. 5 мають чіткі катодні піки адсорбції-десорбції, висота яких зростає при збільшенні концентрації органічного адсорбата.

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

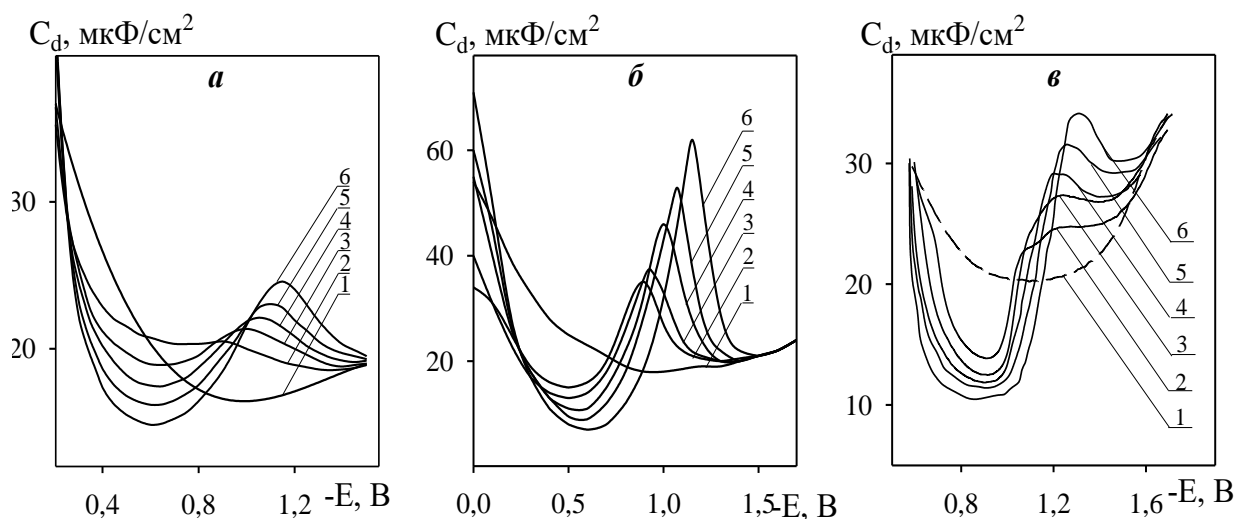


Рисунок 5. Залежність ємності ПЕШ від потенціалу ртутного та свинцевого електродів при адсорбції натрій бутилсульфонату (а) і бутилового спирту (б, в): Фон – 0,1 М NaCH_3SO_3 , $T = 298 \text{ K}$, електроди: Hg (а, б), Pb (в) а) 1 – без добавки; 2 – 0,2 М; 3 – 0,4 М; 4 – 0,6 М; 5 – 0,8 М; 6 – 1 М; б і в) 1 – без добавки; 2 – 0,05 М; 3 – 0,06 М; 4 – 0,07 М; 5 – 0,08 М; 6 – 0,1 М

Анодні піки відсутні через вузьку область «ідеальної» поляризованості електродів. Зворотним інтегруванням C_d, E -кривих, проведеним від потенціалу, де всі криві сходилися, були отримано залежності заряду електрода від потенціалу, на підставі яких визначено $E_q=0$ при різних концентраціях органічного адсорбату. Екстраполяцією залежності $E_q=0$ від концентрації добавок отримано значення граничного адсорбційного стрибка потенціалу (E_N), які співпали з аналогічними параметрами, знайденими при перетині з віссю абсцис прямої, проведеної через точку з координатами (E_m, q_m) і нахилом, рівним граничній адсорбційній ємності (C'_d).

На рис. 6, 7 представлені ізотерми адсорбції бутилового спирту і натрій бутилсульфонату з метансульфонатного розчину, які виявилися лінійними в координатах ізотерми Фрумкіна.

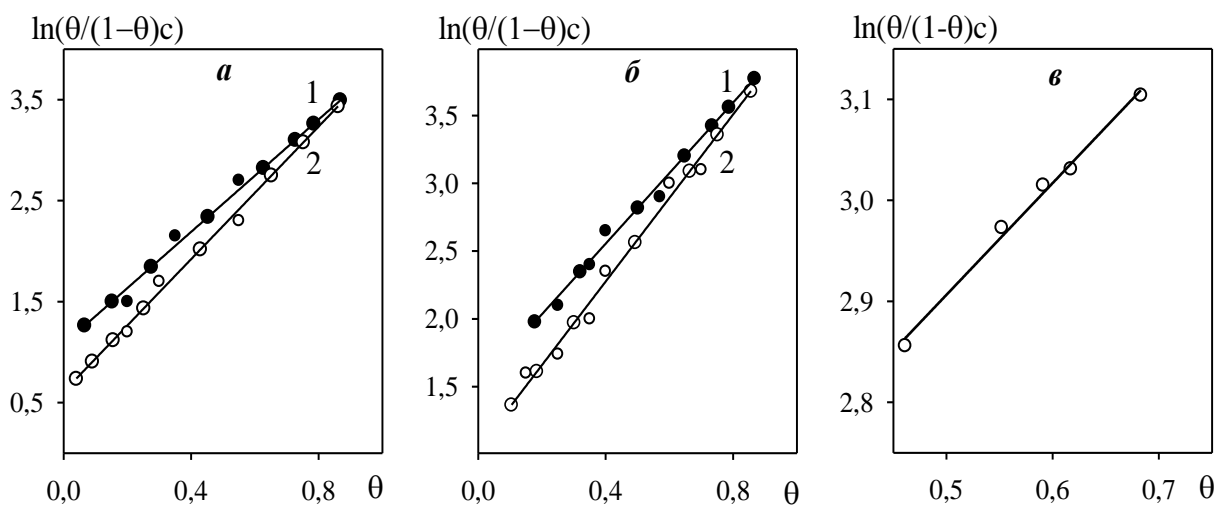


Рисунок 6. Ізотерми адсорбції бутилового спирту на цинковому (а), кадмієвому (б) електроді в $0,5 \text{ M Na}_2\text{SO}_4$ (1) і $1 \text{ M NaCH}_3\text{SO}_3$ (2) та на свинцевому електроді (в) в $0,1 \text{ M NaCH}_3\text{SO}_3$

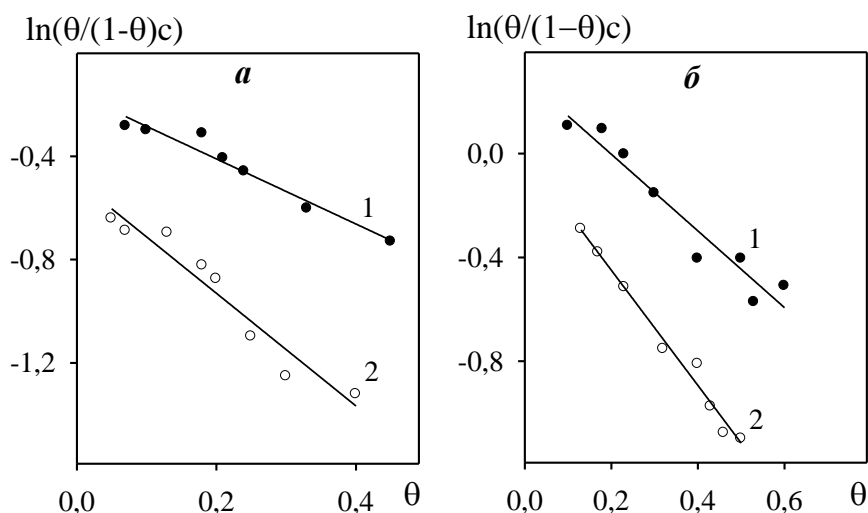


Рисунок 7. Ізотерми адсорбції натрій бутилсульфонату на цинковому (а) і кадмієвому (б) електроді в $0,5 \text{ M Na}_2\text{SO}_4$ (1) і $1 \text{ M NaCH}_3\text{SO}_3$ (2)

Повний розрахунок адсорбційних характеристик і ємнісних кривих проведено відповідно до теорії Дамаскіна Б.Б. При адсорбції бутилового спирту і натрій бутилсульфонату з метансульфонатного середовища порівняно з сульфатними розчинами (табл. 2–4) зменшується значення константи адсорбційної рівноваги (окрім свинцевого електрода), збільшується значення граничної адсорбційної ємності та атракційної постійної (для свинцевого електрода постійна атракції дещо зменшується). Аналіз представлених у табл. 2–4 параметрів показує, що на твердих електродах порівняно з ртуттю

Розділ 3

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

найбільш істотно змінюються величини констант адсорбційної рівноваги B , C'_d і E_N , проте на свинцевому електроді зміна цих параметрів не така суттєва.

Таблиця 2

Адсорбційні параметри бутилового спирту на різних електродах в метансульфонатному розчині ($T = 298K$, 1 н $NaCH_3SO_3$ + 0,05 н МСК)

Електрод	a_0	B_0 , л/моль	C'_d , мкФ/см ²	E_N , В	$\Gamma_\infty 10^{10}$, моль/см ²	$-\Delta G^0_0$, кДж/моль
Hg	1,4	8,5	6,3	0,25	3,8	15,3
Cd	1,5	2,8	9,5	0,05	3,0	12,5
Zn	1,6	1,8	11,9	0,09	2,8	11,5
Pb*	1,1	10,3	5,5	0,22	–	15,7

Таблиця 3

Адсорбційні параметри бутилового спирту на різних електродах в сульфатному розчині ($T = 298 K$, фоновий електроліт – 1 н Na_2SO_4 + 0,05н H_2SO_4)

Електрод	a_0	B_0 , л/моль	C'_d , мкФ/см ²	E_N , В	$\Gamma_\infty 10^{10}$, моль/см ²	$-\Delta G^0_0$, кДж/моль
Hg	1,2	13,6	5,2	0,22	3,8	16,4
Cd	1,3	4,6	7,8	0,04	1,7	13,7
Zn	1,4	2,9	10,6	0,05	1,5	12,6
Pb*	1,2	10,0	4,9	0,24	–	15,6

Примітка. *0,1н Na_2SO_4 + 0,01н H_2SO_4

Таблиця 4

Адсорбційні параметри натрій бутилсульфонату на різних електродах ($T = 298 K$)

Електрод	1 М $NaCH_3SO_3$			0,5 М Na_2SO_4		
	a	B , л/моль	$-\Delta G^0_0$, кДж/моль	a	B , л/моль	$-\Delta G^0_0$, кДж/моль
Zn	-1,13	0,63	8,8	-0,96	0,99	10,0
Cd	-1,10	0,96	9,9	-0,90	1,53	11,0
Hg	-1,12	0,98	10,0	-0,94	2,1	11,8

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

Зменшення величини V і зростання C'_d для цинкового та кадмієвого електродів пов'язані з підвищеною гідрофільністю поверхні електродів. Зменшення значень E_N може бути обумовлено зміною орієнтації диполів органічної речовини і розчинника у поверхневому шарі. Останнє відбувається через специфічну взаємодію функціональної групи адсорбата з електродом, яка можлива при позитивно зарядженій поверхні електрода поблизу $E_{q=0}$.

Очевидно, першою і необхідною умовою прогнозування ефективності дії органічної речовини на перенесення заряду є визначення її поверхневої концентрації. Для оцінки поверхневої концентрації органічних речовин на межі поділу фаз необхідно знати величину вільної енергії адсорбції і вид ізотерми. У загальному випадку величина стандартної вільної енергії адсорбції [21] дорівнює

$$\Delta G_0^0 = \Delta G_A^0 + \Delta G_B^0 - \Delta G_C^0, \quad (4)$$

де ΔG_A^0 – стандартна вільна енергія адсорбції органічного адсорбата на межі розчин/повітря;

ΔG_B^0 , ΔG_C^0 – енергія зв'язку твердої поверхні з адсорбатом і розчинником відповідно.

Значення першого члена в рівнянні (4) пов'язане з ефектом гідрофобної гідратації та ентропійною тенденцією виштовхування органічної молекули на межу поділу фаз. Вільну енергію Гіббса ΔG_A^0 можна оцінити за співвідношенням:

$$\Delta G_A^0 = RT \ln \frac{P_{\text{ПАВ}}}{P_{\text{H}_2\text{O}}^n} + RT \ln \frac{C_\infty}{55,5}, \quad (5)$$

де $P_{\text{ПАВ}}$, $P_{\text{H}_2\text{O}}$ – тиск насиченої пари органічної речовини та води;

n – стехіометричний коефіцієнт;

C_∞ – розчинність органічної сполуки.

З рівняння (5) випливає, що адсорбція органічних молекул зростає зі зменшенням їх розчинності. Для оцінки розчинності речовин у різних середовищах використовуються відомості про полярності фаз. Зручним критерієм полярності служить так званий ψ -фактор. Для його розрахунку необхідно володіти мінімальними відомостями про фізико-хімічні властивості речовини: температуру кипіння T_k (К) та молярний об'єм рідини при цій температурі V_k (см³/моль):

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

$$\psi = 0,1 \ln T_k - 0,122 \ln V_k + 0,006 \quad (6)$$

За допомогою цього параметра можна здійснити прогноз розчинності й адсорбційної поведінки речовин на міжфазових межах, визначених інтенсивністю міжмолекулярних взаємодій. Залежність стандартної вільної енергії адсорбції аліфатичних спиртів, кислот і амінів на кордоні водний розчин/повітря від їх ψ -фактора ($\psi_{\text{ПАВ}}$) носить лінійний характер і може бути виражена співвідношенням:

$$\Delta G_A^0 = (0.241 - \psi_{\text{ПАВ}} \ln R) \cdot 100 \quad (7)$$

Очевидно, у відсутності специфічної взаємодії між металом і адсорбатом подібна залежність буде виконуватися при адсорбції ПАР на металах. Для прогнозування значення вільної енергії адсорбції за допомогою програми HyperChem Professional було розраховано об'єм молекули бутилового спирту і натрій бутилсульфонату та розраховано ψ -фактор (табл. 5).

Таблиця 5
Параметри розрахунку стандартної вільної енергії

ПАР	$V_{\text{молекули}}, \text{см}^3$	$V_m, \text{см}^3/\text{моль}$	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	$-\Delta G^0_0, \text{кДж/моль}$
$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	$1,68 \cdot 10^{-22}$	101	118	15,7
$\text{C}_4\text{H}_9\text{SO}_3\text{Na}$	$1,50 \cdot 10^{-22}$	90	158	10,6

Отримані результати (табл. 5) свідчать про те, що розраховані значення ΔG^0_0 добре узгоджуються з аналогічними величинами, які було отримано на підставі експериментальних даних (табл.2–4).

3.2 Кінетика реакцій йонного перенесення на різних електродах і вплив адсорбції органічних сполук на перенесення заряду в метансульфонатних розчинах

Залежності струмів обміну (I_0) від концентрації електроактивних йонів (c_0) при розрядженні йонів цинку і кадмію на амальгамних електродах у різних фонових електролітах, які були отримано з використанням кулоностатичного методу, є лінійними в логарифмічних координатах для всіх досліджених процесів. Розрахунок уявної стандартної константи швидкості (k_s) та коефіцієнту перенесення (α) проводився з використанням відомого рівняння:

Розділ 3

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

$$I_0 = nF k_s c_O^{(1-\alpha)} c_R^\alpha \quad (11)$$

Для полікристалічних електродів у разі реакцій йонного перенесення прийнято вважати $c_R^\alpha = 1$. Із цих залежностей відповідно до рівняння (11) були знайдено коефіцієнти перенесення і розраховано константи швидкості (табл. 7–9).

Таблиця 7

Кінетичні параметри реакції Cd(II)/Cd(Hg)

Фон	C_d , мкФ/см ²	k_s , см/с	ΔH^\ddagger , кДж/моль	A см/с	α
HClO ₄	31	0,20	21,7	$5,4 \cdot 10^2$	0,25
МСК	28	0,17	24,0	$3,4 \cdot 10^2$	0,30
H ₂ SO ₄	26	0,13	30,1	$2,6 \cdot 10^4$	0,25

Таблиця 8

Кінетичні параметри реакції Zn(II)/Zn(Hg)

Фон Фон	C_d , мкФ/см ²	k_s , см/с	ΔH^\ddagger , кДж/моль	A см/с	α
HClO ₄	15,3	$4,1 \cdot 10^{-3}$	39,1	$2,9 \cdot 10^4$	0,35
МСК	15,4	$3,8 \cdot 10^{-3}$	30,2	$2,2 \cdot 10^3$	0,35

Таблиця 9

Кінетичні характеристики РІП на полікристалічних електродах

Реакція	E_p , В	Фон	$E_{q=0}$, В	k_s , см/с	α	ΔH_0^\ddagger , кДж/моль	* Q мкКл/см ²	A_s см/с
Zn(II)/Zn	-0,98	Na ₂ SO ₄	-0,95	$3,1 \cdot 10^{-5}$	0,49	33,2	-1,0	$2,1 \cdot 10^1$
		NaCH ₃ SO ₃	-0,95	$4,1 \cdot 10^{-5}$	0,51	39,1	-2,4	$2,9 \cdot 10^1$
Cd(II)/Cd	-0,56	Na ₂ SO ₄	-1,00	$4,9 \cdot 10^{-4}$	0,55	32,1	25,2	$2,3 \cdot 10^2$
		NaCH ₃ SO ₃	-1,00	$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,51	31,2	31,2	$3,9 \cdot 10^2$

Примітка. * Q – заряд електрода при E_p (значення Q отримані інтегруванням C_d, E -залежностей)

Виявилося, що у всіх випадках вимірювані константи швидкості реакцій у метансульфонатних середовищах значно вище, ніж у сульфатних, і нижче, ніж у перхлоратних розчинах. Крім того, спостерігається істотне зменшення швидкості одних і тих самих реакцій при переході від амальгамних до полікристалічних електродів.

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

Зі зростанням температури швидкість усіх досліджених реакцій електровідновлення йонів металів на амальгамних і оновлюваних зрізом твердих електродах підвищувалася.

З позицій теорії уповільненого розряду при постійних об'ємних концентраціях реагентів константа швидкості реакції $Ox + ne = Red$ дорівнює:

$$k_s^0 = \chi \frac{kT}{h} \exp\left(-\frac{\Delta G_0^\#}{RT}\right) = \chi \frac{kT}{h} \exp\left(\frac{\Delta S_0^\#}{RT}\right) \exp\left(-\frac{\Delta H_0^\#}{RT}\right) = A_s \exp\left(-\frac{\Delta H_0^\#}{RT}\right), \quad (12)$$

де – абсолютна гетерогенна константа швидкості, яка не залежить від природи матеріалу електрода, проте визначається станом розчинника в реакційній зоні, що відбивається на величинах ентропії ($\Delta S_0^\#$) і ентальпії ($\Delta H_0^\#$) активації.

Розрахунок уявного значення ентальпії активації ($\Delta H_0^\#$) і передекспоненційного множника (A) (див. табл.2–4) проводився за залежністю швидкості реакції від температури з використанням рівняння (12). Виявилось, що значення ентальпії активації для одних і тих самих реакцій на твердих і амальгамних електродах близькі за значенням.

Основною умовою інгібування електродних реакцій органічними речовинами є адсорбція останніх на поверхні електрода, яка характеризується ступенем заповнення (θ). Цей параметр є ключовим, оскільки визначає умови зміни механізму електродної реакції, характеризує один із факторів інгібування (частку блокованої органічним адсорбатом поверхні електрода), а також використовується при оцінці різного роду взаємодій у поверхневому шарі.

Для оцінювання специфіки механізму інгібуючої дії бутилового спирту і натрій бутилсульфонату в метансульфонатних розчинах кінетичні дані доцільно порівняти в умовах постійного заповнення поверхні електроду (рис. 15). У цих умовах максимальну інгібуючу дію має бутиловий спирт на амальгамному електроді. Наведені дані свідчать, що натрій алкілсульфонати при малих ступенях заповнення прискорюють розряд йонів металів, а при високих інгібують процес перенесення заряду. Слід зазначити, що при розрядженні йонів цинку та кадмію в метансульфонатному розчині залежності інгібуючої дії бутилового спирту і натрій бутилсульфонату від ступенів заповнення амальгамного і полікристалічного електродів ідентичні отриманим у сульфатних середовищах (рис. 15).

Встановлено, що при протіканні однакових процесів на твердих електродах інгібуючий ефект органічних речовин в умовах постійного заповнення поверхні електрода виявляється значно нижчим, ніж на амальгамних електродах (рис. 15).

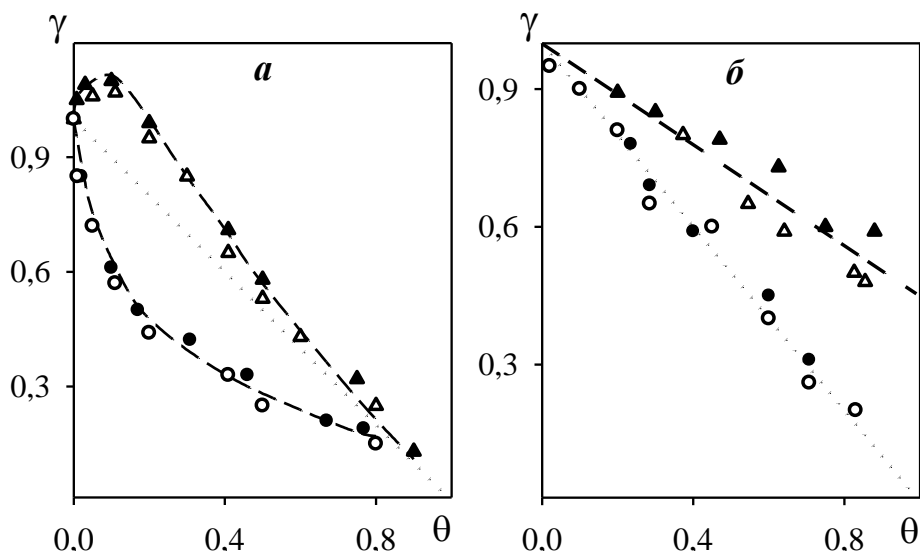


Рисунок 15. Залежність відносної константи швидкості при розрядженні йонів $Cd(II)$ на амальгамному кадмієвому електроді (а) і йонів $Zn(II)$ на полікристалічному цинковому електроді (б) від ступеня заповнення поверхні бутіловим спиртом (\circ – $1\text{ M NaCH}_3\text{SO}_3$, \bullet – $0,5\text{ M Na}_2\text{SO}_4$) і натрій бутілсульфонатом (Δ – $1\text{ M NaCH}_3\text{SO}_3$, \blacktriangle – $0,5\text{ M Na}_2\text{SO}_4$)

У загальному випадку залежність ступеня інгібування (γ) електродної реакції органічним адсорбатом від θ при незначній швидкості реакції, що протікає через адсорбційний шар ($K_{S,\theta=1} \ll K_{S,0}$), включає два члени

$$\ln \gamma_{\theta} = r \ln(1 - \theta) - f(\theta), \quad (13)$$

де вираз $r \ln(1 - \theta) = \Delta(\Delta S^{\#})/R$ пов'язаний зі зміною конфігураційної ентропії активації (стеричний фактор);

$f(\theta)$ відображає можливі взаємодії активованого комплексу в поверхневому шарі (активаційний фактор);

r – коефіцієнт заміщення розчинника електроактивним компонентом на поверхні електрода.

Відзначимо, що в багатьох випадках значення активаційного фактора інгібування наближається до нуля і співвідношення (13) переходить у відоме рівняння «блокування»:

$$\gamma = 1 - \theta \quad (14)$$

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

Це співвідношення виконується при розрядженні йонів цинку на полікристалічних електродах в умовах адсорбції бутилового спирту з метансульфонатних розчинів (рис. 15).

При оцінці впливу адсорбції бутилового спирту на кінетику розрядження йонів кадмію на амальгамних електродах у метансульфонатному розчині рівняння блокування не виконується, і для прогнозування інгібуючого ефекту органічного адсорбату слід враховувати активаційний фактор гальмування.

При $r = 1$ відповідно до рівняння (13) кінетичні та адсорбційні дані можна побудувати в координатах $\ln((1-\theta)/\gamma), \theta$ та отримати залежність активаційного фактора гальмування від заповнення поверхні електрода органічним адсорбатом (рис. 16).

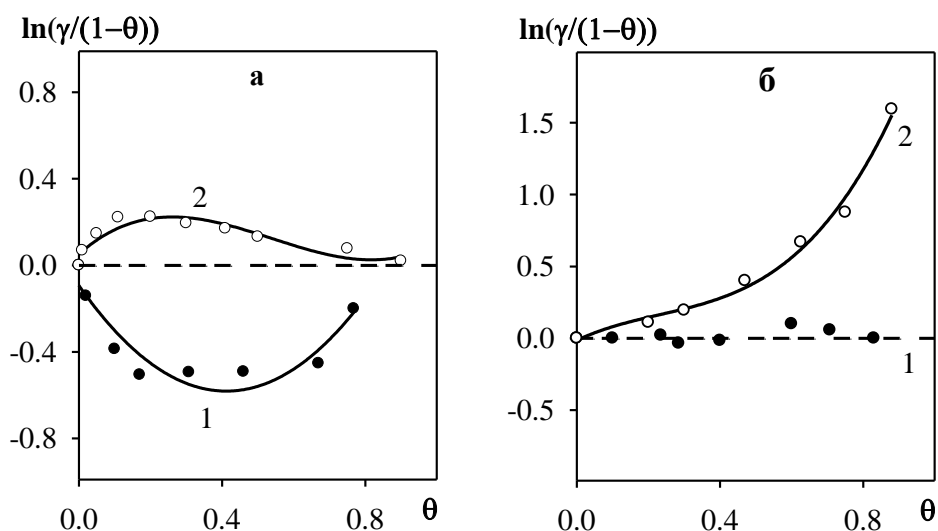


Рис. 16. Залежність активаційного фактора інгібування реакції $Zn(II)/Zn$ від ступеню заповнення амальгамного (а) і полікристалічного (б) цинкових електродів: 1 – бутиловий спирт, 2 – натрій бутилсульфонат

Аналіз цих даних показав, що на амальгамному електроді у присутності бутилового спирту активаційна складова мала істотне значення і сприяла додатковому гальмуванню при розрядженні йонів цинку і кадмію. Це призводило до істотного відхилення від моделі «блокування» (14).

У разі натрій алкілсульфонатів активаційний фактор інгібування мав екстремальну залежність (рис.16) і при малих заповненнях сприяв прискоренню електродних реакцій. Зниження інгібуючої дії органічних речовин на полікристалічному електроді може бути

пов'язане зі зменшенням електростатичної взаємодії реагенту з органічним адсорбатом у поверхневому шарі. Це може бути спричинене підвищеною гідрофільністю цинку і наявністю прошарку води між електродом і органічним адсорбатом, що призводить до зменшення енергії електростатичної взаємодії.

3.3 Інгібітори на основі катіоноактивних поліелектролітів при кислотному видаленні окалини

Процеси травлення сталі на металургійних підприємствах здійснюються у 20%-них розчинах хлоридної та сульфатної кислот за наявності інгібіторів корозії при температурах 313 К та 353 К відповідно. При цьому промислові інгібітори корозії повинні відповідати таким основним вимогам:

- забезпечувати високий ступінь захисту металу, який згідно з класифікацією технічних інгібіторів корозії для процесів кислотного травлення має бути не нижчим за 94,4% ($m \geq 15$);
- зберігати свої властивості при виготовленні кислоти та накопиченні в ній солей заліза;
- не знижувати якість поверхні та фізико-механічні властивості протруєного металу;
- бути екологічно безпечними; мати необхідну сировинну базу їхнього виробництва.

Для оцінки відповідності вимогам галузевих стандартів проведено комплексні дослідження технологічних властивостей інгібітору ПЕК у розчинах хлоридної та сульфатної кислот. Аналіз експериментальних даних показує, що зі зростанням концентрації інгібітора ПЕК різко падає швидкість розчинення сталі Ст.3 в 20%-них розчинах хлоридної та сульфатної кислот.

Допустимі значення коефіцієнта гальмування при травленні сталі в розчинах хлоридної та сульфатної кислот ($m \geq 15$) досягаються при концентраціях інгібітора ПЕК, що перевищують 1 г/л. Підвищення температури при мінімальних концентраціях інгібітора в сульфатній кислоті знижує значення коефіцієнта гальмування. При високих концентраціях інгібітора (≥ 2 г/л) значення m слабо залежить від температури. У розчинах хлоридної кислоти мала місце екстремальна залежність коефіцієнта від температури. Складна залежність інгібуючої дії ПЕК від температури пов'язана із зміною конформації макрочасток обсягом розчину. Очевидно, з точки зору стабільності

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

роботи інгібітора за різних температур, робочу концентрацію слід підтримувати на рівні 2 г/л. Подальше підвищення концентрації інгібітора недоцільне з економічних міркувань.

Таким чином, можна зробити висновок, що відповідно до класифікації інгібіторів за показниками ефективності інгібітор ПЕК належить до 3 групи з хорошою ефективністю, бал 4. У процесі видалення технологічної окалини концентрація кислоти в травильному розчині зменшується і в ньому накопичуються йони заліза, що може призвести до зміни ефективності дії інгібітора. Експериментальні дані свідчать про зменшення ступеня захисту сталі інгібітором при зниженні концентрацій соляної та сірчаної кислот. Цей ефект пов'язаний із зменшенням швидкості розчинення сталі в неінгібованих кислотах у міру зменшення їх концентрації, тоді як швидкість розчинення сталі в інгібованих середовищах залишається практично без змін. Отже, у процесі травлення під час вироблення кислоти немає зменшення ефективності дії інгібітора, лише знижуються швидкості розчинення металу в чистих кислотах.

В останні роки при рекомендації інгібіторів кислотної корозії до промислового використання велика увага приділяється їх екологічним та гігієнічним властивостям. Наведені в роботі [22] підсумки досліджень з проблеми «Токсикологія та гігієна праці» (Інгібітори корозії металів) показали, що більшість хімічних сполук, що використовуються як інгібітори кислотної корозії, належать до класу високонебезпечних речовин. Виявлено залежність між структурою та дією на організм людини в амінів поліметиленового ряду, азолів та аміноспиртів. Інгібітори здатні проникати через неушкоджену шкіру та викликати загальнотоксичні та місцеві ефекти. Порівняння санітарно-токсикологічних властивостей інгібіторів кислотної корозії показує, що найсильніший вплив на організм людини має інгібітор ХОСП-10. Значно менш небезпечним у порівнянні з ХОСП-10 є інгібітор I-1-B. Але найменший клас небезпеки має інгібітор ПЕК на основі асоціатів поліметиленгуанідинів. Низький клас небезпеки інгібітора ПЕК значно розширює сферу його застосування, порівняно з іншими інгібіторами.

Порівняння інгібітора ПЕК із найбільш поширеними інгібіторами кислотного травлення сталі свідчить, що з ефективності дії в розчині хлоридної кислоти він значно перевищує наявні аналоги. У розчині

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ**

сульфатної кислоти захисні властивості інгібітора ПЕК наближаються до таких для ХОСП-10. При цьому орієнтовна вартість інгібітора ПЕК приблизно в 3 рази нижча за інгібітор ХОСП-10.

Таким чином, катіоноактивні поліелектроліти та їх асоціати з алкілсульфонатами натрію виявляють властивості інгібіторів кислотної корозії сталі змішаного типу. Найбільший ефект гальмування поліелектролітних комплексів під час розчинення сталі у кислому середовищі проти базових олігомерів пов'язаний із підвищеною адсорбційною здатністю асоціатів, тобто зі стеричним фактором гальмування.

Висновки. 1. Ефективність лекцій, практичних занять та лабораторних робіт залежить від загальної концепції побудови навчального матеріалу та дає можливість студенту застосувати набуті знання при виконанні самостійної роботи.

2. Лекційний хімічний експеримент підвищує засвоєння матеріалу, викликає живий інтерес студентів, робить лекцію більш ефективною.

3. Організація науково-дослідної діяльності студентів створює позитивні результати: формується наукове мислення, розвивається інтелект у самостійній творчій діяльності з урахуванням індивідуальних особливостей та нахилів.

4. Підсумовуючи результати експериментальних досліджень, можна сформулювати висновки даної науково-дослідної роботи:

Метансульфонат-аніони володіють слабкою специфічною адсорбованістю на ртуті, цинку, кадмії та свинцю (подібно сульфат-аніонам) і не змінюють потенціал нульового заряду металів.

Адсорбція н-бутанола і натрій бутилсульфонату з метансульфонатного електроліту на різних електродах описується рівнянням ізотерми Фрумкіна. У порівнянні з сульфатним середовищем показано невелике зменшення констант адсорбційної рівноваги і зростання атракційної взаємодії у поверхневому шарі.

Показано, що перенапруження реакції електровідновлення іонів нікелю(II) та феруму(II) зростає в ряді аніонів $\text{ClO}_4^- < \text{CH}_3\text{SO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$. Цьому ряду відповідає зменшення концентрації електроактивних частинок у приелектродному шарі.

Встановлено, що бутиловий спирт проявляє високу інгібуючу дію при перенесенні заряду на амальгамних електродах у

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

метансульфонатному середовищі, а екстремальна залежність ступеня інгібування розрядження йонів кадмію від ступеня заповнення амальгамного електрода бутилсульфонат-аніонами в метансульфонатних розчинах обумовлена зміною співвідношення стеричного й активаційного факторів гальмування.

Виявлено зниження інгібуючих ефектів бутилового спирту і бутилсульфонату натрію на полікристалічному електроді в порівнянні з амальгамним в умовах постійного заповнення, пов'язане з підвищеною гідрофільністю цинку.

Встановлено, що сульфуровмісні органічні речовини інгібують електровідновлення йонів нікелю(II) із метансульфонатного електроліту, практично не змінюючи механізм процесу. Показано, що інгібуючий ефект у метансульфонатному електроліті переважає ті значення, що відповідають сульфатному електроліту.

Доведено, що інгібітор на основі поліелектролітних комплексів за ефективністю перевищує мінімально допустимий галузевий стандарт у широкому інтервалі температур, при травленні різних марок сталі, при виробленні кислоти і накопиченні в розчині солей заліза. Інгібітор перешкоджає водневій крихкості металу при травленні, має високу ефективність у розчинах соляної та сірчаної кислот і має найменший клас небезпеки порівняно з аналогами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нікогосян, Н. І. Аналіз сучасних методів забезпечення якості будівельної продукції / Н. І. Нікогосян, С. В. Матвієвський, М. В. Балацький // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – Вип. 34. – К.: КНУБА, 2015. – С. 13 – 20.

2. О. С. Методика викладання хімії у вищих навчальних закладах: Підруч. для студентів хім. спеціальностей вищих навчальних закладів I-IV рівнів акредитації. – Мелітополь, 2014. – 91с.

3. Робоча програма навчальної дисципліни «Хімія» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітнього ступеня бакалавра. – Дніпро: ПДАБА, 2021. – 8 с.

4. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Корозія і захист матеріалів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» освітньої програми «Матеріалознавство» денної та заочної форми навчання / Укладачі: Аміруллоєва Н. В., Голубченко Т. М. – Дніпро: ПДАБА, 2022. – 16 с.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

5. Аміруллоєва, Н. В. Закономірності адсорбції та інгібувальної дії катионоактивних поліелектролітів та їх асоціатів з натрій алкілсульфонатами: дис... канд. хім. наук: 02.00.05 – Електрохімія. – Дніпропетровськ, 2011. – 146 с.
6. Методика навчання військово-прикладного семиборства старшокласників у позаурочній діяльності: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізична культура, основи здоров'я). Луцьк, 2018. 232 с.
7. Холмберг К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К.Холмберг, Б.Йенсон, Б.Кренберг, Б.Лидман; Пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.
8. Petzold G. Preparation and characterization of different polyelectrolyte complexes and their application as flocculants / G. Petzold, A. Nebel, H.-M. Buchhammer, [et al.] // Colloid Polymer Science. – 1998. – Vol. 276, № 2. – P.125–130.
9. Brilliantov N. V. Chain collapse and counterion condensation in dilute polyelectrolyte solution / N. V. Brilliantov, D. V. Kuznetsov, R. Klein // Physical Review Letters. – 1988. – Vol. 81, №7. – P. 1433–1436.
10. Klimov D.K. Study of polymer chain in a solution of colloidal particles / D.K. Klimov, A.R. Khokhlov // Polymer. – 1992. – Vol. 33, №10. – P.2177–2181.
11. Hoeve C. A. J. Density distribution of polymer segments in the vicinity of an adsorbing interface / C. A. J. Hoeve // The Journal of Chemical Physics. – 1965. – Vol. 43, № 9. – P. 3007–3008.
12. Образцов В. Б. Особенности адсорбции водорастворимых полимеров / В. Б. Образцов // Вопросы химии и химической технологии. – 1999. – № 1. – С. 250–252.
13. Образцов В. Адсорбція і інгібувальною дія олігомерів поліакіленгуанідину на залізі / В. Образцов, В. Мінін, О. Алексеев // Вісник Львівського університету. Серія хім. – 2002. – № 42, ч. 1. – С. 66–69.
14. Свердликовская О. С. Синтез и исследование свойств четвертичных аммониевых солей на основе морфолина / О. С. Свердликовская, М. В. Бурмистр, В. Х. Шапка // Вопросы химии и химической технологии. – 2006. – № 5. – С. 148–153.
15. Свердліковська О. С. Коагулююча здатність поліелектролітів катионного типу на основі тетрагідро-1,4-оксазину / О. С. Свердліковська, М. В. Бурмістр, В. Х. Шапка // Вопросы химии и химической технологии. – 2007. – №2. – С.114–117.
16. Образцов В. Ингибиторы кислотной коррозии стали : проблемы и перспективы / В. Образцов, Ф. Данилов // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2004. – Т.2, №4. – С. 757–762.
17. Образцов, В. Інгібувальною та деемульгуючою дія поліелектролітів при первинній переробці нафти / В. Образцов, Р. Старов, Н. Аміруллоєва, Є. Атанов // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2012. – № 9. – С. 232–237.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ

18. Obraztsov, V.B. Influence of zinc ions on the inhibiting properties of polyhexamethylene guanidine [Text] / V.B. Obraztsov, E.D. Rublova, N.V. Amirulloeva // Materials Science. – 2013. – Vol. 49, № 3. – P. 326–333.

19. Образцов, В. Поліелектроліти – інгібітори корозії та солевідкладення у нейтральних середовищах / В. Образцов, Є. Рубльова, Н. Аміруллоєва, Ю. Сіліна // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2012. – № 9. – С. 197–202.

20. The differential capacitance of polycrystalline lead in some aqueous electrolytes [Text] / J. Carr, N. Hampson, S. Holley, R. Taylor // J. Electroanalyt. Chem. – 1971. Vol. 32. – P. 345-352.

21. Дамаскин Б. Б. Электродные процессы в растворах органических соединений / [Дамаскин Б. Б., Некрасов Л. Н., Петрий О. А. и др.]. – М. : МГУ, 1985. – 311 с.

22. Промислова токсикологія: досвід наукової діяльності, екскурс в минуле, реалії сьогодення і перспективи / Трахтенберг І. М., Коршун М. М., Дмитруха Н. М., Краснокутська Л. М., Короленко Т. К., Козлов К. П. // Український журнал з проблем медицини праці. – 2008, 4(16). – С. 3 – 12.