

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОХІМІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО

21–25 вересня 2015 року в Харкові відбувся черговий VII Український з'їзд з електрохімії, організований науковою радою НАН України з проблеми “Електрохімія”, Національним технічним університетом “Харківський політехнічний інститут”, Харківським національним університетом ім. В.Н.Каразіна й Інститутом загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАН України.

У роботі з'їзду взяли участь близько 120 делегатів (у тому числі більшість складу наукової ради з проблеми “Електрохімія”), серед яких члени Національної академії наук України, співробітники академічних інститутів і викладачі вузів, інженери, аспіранти майже з усіх регіонів: Києва, Харкова, Дніпропетровська, Львова, Одеси, Сум, Хмельницького, Кривого Рогу, Полтави, Сімферополя. Учасників привітали та побажали плідної роботи почесний ректор НТУ “ХПІ” член-кореспондент НАН України Л.Л.Товажнянський, проректор НТУ “ХПІ” професор Р.П.Мигущенко, проректор ХНУ ім. В.Н.Каразіна професор Ю.В.Холін, заступник голови наукової ради з проблеми “Електрохімія” професор Ф.Й.Данилов.

Наукова програма з'їзду включала понад півтори сотні доповідей з актуальних проблем сучасної електрохімії за наступними пріоритетними напрямками: хімічні джерела електричної енергії, електрохімічні методи аналізу (сенсори), нанoeлектрохімія, гальванічні процеси та функціональні покриття, новітні електродні матеріали, кінетика електродних процесів, електрокаталіз, електрохімія органічних сполук, високотемпературна електрохімія, теорія і практика іонних провідників, електрохімічні проблеми корозії і протикорозійного захисту металів та ін. Ці проблеми були розглянуті під час роботи пленарної сесії та 5 секцій, на яких було зроблено 62 доповіді, з них 8 — пленарні.

Пленарну сесію відкрив академік НАН України С.В.Волков (ІЗНХ НАНУ), який у своїй доповіді відзначив, що 2015 рік по праву ювілейний для електрохімії. В цьому році наукова громадськість відзначала ювілейні дати від дня народження видатних вчених, академіків — 150-річчя В.О.Кистяковського, 120-річчя О.Н.Фрумкіна і О.І.Бродського, 115-річчя Б.П.Нікольського, 105-річчя Я.М.Колотиркіна, 90-річчя О.М.Барабошкіна, 85-річчя О.В.Городиського. У 2015 році виповнилось 270 років від дня народження А.Вольфа, 230 років — Т.Гротгуса, 175 років — Ф.Кольрауша, 125 років від дня народження Я.Гейровського — вчених, які започаткували основи електрохімічної науки. Акцент було зроблено на актуальних для України проблемах сучасної електрохімії, здобутках і авторитеті вітчизняних вчених, про що свідчать особисті зустрічі доповідача з відомими

ми вченими на численних міжнародних наукових форумах, що відбувались на теренах колишнього СРСР, Японії, Франції, Італії, Угорщини, Ізраїлю тощо.

Про історію створення наукових шкіл Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” та досягнення хімічних кафедр йшлося у виступі члена-кореспондента НАН України Л.Л.Товажнянського (НТУ “ХПІ”). У вересні цього року відзначалась славетна дата — 130-річчя з дня заснування Харківського практичного технологічного інституту, який згодом перетворився на найсучасніший навчальний заклад — Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”. Традиції університету закладені такими видатними особистостями як лауреат Нобелівської премії академік Л.Д.Ландау, академіки М.М.Бекетов, П.Г.Будніков, А.К.Вальтер, О.М.Ляпунов, К.Д.Синельников, В.А.Стеклов, Г.Ф.Проскура, В.І.Атрощенко, А.С.Бережний, почесні доктори М.Є.Жуковський, Д.І.Менделєєв та багато інших. Зараз підготовка спеціалістів для хімічної галузі здійснюється в НТУ “ХПІ” на трьох факультетах з 17 спеціальностей.

“Історія, сьогодення та перспектива розвитку електрохімічної науки в НТУ “ХПІ” та ХНУ ім. В.Н.Каразіна — тема доповіді Б.І.Байрачного, В.І.Ларіна, Г.Г.Тулського (НТУ “ХПІ”, ХНУ). Б.І.Байрачний розповів про провідних вчених кафедр, яка була заснована у 1930 році, їх основні здобутки в галузі електрохімічних виробництв: електроосадження металів і сплавів, анодне окислювання алюмінію, титану, цирконію (професор Н.А.Марченко); впровадження на акумуляторних заводах технології виробництва від'ємної маси залізо-нікелевих лужних акумуляторів (професор Ф.К.Андрющенко); розробка полілігандних електролітів осадження цинку, нікелю, срібла, олова та сплавів (професор В.В.Орехова); інтенсифікація процесів електролізу з отриманням хлору і водню (професор А.К.Горбачов).

У доповіді М.Д.Сахненка та М.В.Ведь (НТУ “ХПІ”) проаналізовано філософські аспекти проблеми синтезу гальванічних сплавів з синергетичними властивостями, визначено передумови прояву ефекту при формуванні покриттів багатоконпонентними сплавами, на прикладі подвійних та тернарних сплавів заліза проілюстровано вплив головних чинників електролізу на склад і морфологію покриттів.

“Композиційні матеріали на основі оксидів титану, модифікованих платиною: отримання, фізико-хімічні властивості та електрокаталітична активність” — тема повідомлення О.Б.Величенка, О.І.Касьян (УДХТУ). Автори показали, що склад, фізико-хімічні і напівпровідникові властивості, а також електрокаталітична активність одержаних композитів

залежить від природи матеріалу підложки, товщини платинового покриття і температури обробки. Запропоновано використовувати пік відновлення сполук платини, що містять кисень, як кореляційний параметр для прогнозування електрокаталітичної активності.

Доповідь М.О.Мчедлова-Петросяна від колективу співавторів Ю.Т.М.Аль-Шуучі, Н.Н.Камневої, С.В.Шеховцова, А.І.Мариніна, А.П.Кришталі (ХНУ, Національний університет харчових технологій) присвячена дослідженню колоїдно-хімічних властивостей золей фуллерену-60 в ацетонітрилі та його сумішах з бензолом і толуолом, а також ряді інших органічних розчинників. На відміну від водних колоїдних розчинів фуллеренів організми надзвичайно чутливі навіть до найменших добавок електролітів, що викликають коагуляцію при концентраціях у середньому на два-три порядки менших порогів швидкої коагуляції, встановлених для гідрозолей. Як і у випадку гідрозолей, коагуляція від'ємно заряджених колоїдних часток електролітами відбувається у відповідності з правилом Шульце-Гарді. Дані про порогові швидкої коагуляції і результати електрофоретичного титрування розглянуті в термінах теорії Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека.

Про взаємозв'язок швидкості корозійного руйнування конструкційних матеріалів (зокрема сталі 17ГІСУ) та ступеня наводнювання в присутності сірководню йшлося у доповіді М.С.Хоми, М.Р.Чучмана, Б.М.Дацко (ФМІ НАНУ). У розчинах, насичених сірководнем, незалежно від рН та швидкості корозії концентрація водню в сталі 17ГІСУ досягає максимальних значень ~29.9...34.0 мл/100 г М. За відсутності H_2S наводнювання сталі в 4–7 разів менше і дифузійно-рухливий водень складає всього ~30–50 % від сумарного його вмісту.

Огляд О.М.Калугіна, представлений від авторів Б.А.Мареха, Ю.В.Ворошилова, Е.В.Лукінова, В.А.Коверга, А.Ідріссі, А.К.Адья (ХНУ, Університет природничих наук і технологій, Ліль, Франція, Університет Аберті Данді, Великобританія) стосувався сучасного використання іонних рідин та їх бінарних сумішей з молекулярними рідинами в різноманітних галузях електрохімії. Представлено результати експериментального дослідження і молекулярного моделювання мікроскопічної будови, розглянута роль специфіки міжчасткових взаємодій у формуванні транспортних властивостей відповідних систем.

Доповідь члена-кореспондента НАН України А.О.Омельчука “Фторид-іонні джерела струму” була представлена співавтором Р.М.Пшеничним на засіданні секції “Електрохімічна енергетика та моніторинг довкілля”. В ній йшлося про концепцію створення хімічних джерел струму на основі твердих електролітів з високою уніполярною фторид-іонною провідністю. В якості твердих електролітів запропоновано використовувати тверді розчини гетеровалентного заміщення на основі фторидів олова та свинцю, а як

електродні матеріали — композиції на основі фторидів РЗЕ і деяких перехідних металів різних ступенів окиснення, фторованого вуглецю та високодисперсних матеріалів. Для систем такого типу характерна висока питома енергія та ємність.

Секція “Функціональні покриття”. В ключовій доповіді Ю.Є.Скнара і Ф.Й.Данилова (УДХТУ) надано аналіз результатів досліджень закономірностей кінетики електровідновлення іонів металів сімейства заліза з метансульфонатних електролітів. Встановлено і експериментально обґрунтовано механізм електроосадження металів та їх сплавів, вивчено структуру і фізико-хімічні властивості отриманих покриттів із метансульфонатних електролітів. Застосування метансульфонатних електролітів було також висвітлено в низці доповідей з УДХТУ: Т.В.Лук'яненко, О.Б.Шмичкової, О.Б.Величенка “Вплив іонних добавок на електроосадження діоксиду свинцю з метансульфонатних електролітів”; А.В.Цуркан, О.О.Васильєвої, В.С.Проценка, Ф.Й.Данилова “Електрохімічне осаження композиційних покриттів на основі заліза з метансульфонатного електроліту” та ін.

Загалом на секції було представлено 13 доповідей, серед яких слід відзначити доповіді фахівців з НТУ “ХПІ” про функціональні покриття металами і сплавами (Д.С.Андрощук, М.Д.Сахненко, В.О.Хижняк, М.М.Проскурін “Формування каталітичних покриттів на сплавах алюмінію плазмово-електролітичним оксидуванням”, Г.В.Каракуркчі, М.В.Ведь, Ю.І.Єрмоленко, Л.П.Фоміна “Функціональні покриття сплавами заліза з молібденом і вольфрамом”, В.В.Штефан, Б.І.Байрачний “Функціональні покриття в ядерній енергетиці”), з ІЗНХ НАНУ доповіді В.С.Кублановського, В.М.Никитенка, С.В.Бика “Енергетичні параметри розряду комплексонатів паладію(II)”, О.Л.Берсирівої “Електрохімія наноструктурованих тонких плівок суперсплавів Zr_{6-8} -металів”.

Секція “Розчини електролітів”. Із зацікавленням був зустрінутий представлений Г.О.Цирліною (Московський державний університет ім. М.В.Ломоносова, РФ) огляд низки оригінальних робіт, в яких приводяться закономірності електрохімічного синтезу поліоксометалатів, а також явищ, що їх супроводжують: адсорбції та переносу електронів. Адсорбція поліоксометалатів на межі розділу твердий і рідкий електрод / розчин обумовлює самозбірку з утворенням компактних шарів, стабілізованих сумісною адсорбцією менших катіонів. Наведено приклади для ізополіаніонів з низькою симетрією, гетерополіаніонів, а також для високосиметричних поліоксометалатів Кеггін-типу.

Синтезу нових алкілсульфідних клатрохелатів заліза і кобальту (II), модифікованих термінальними поліароматичними групами, вивченню їх електрохімічних і адсорбційних властивостей, отриманню нових гібридних вуглецевих матеріалів, що містять клатрохелати, було присвячено повідомлення Н.В.Чорненької від колективу авторів — Д.О.Орансько-

го, С.А.Григор'єва, В.В.Новікова, Я.З.Волошина, О.А. Варзацького (ІЗНХ НАНУ, Інститут елементоорганічних сполук ім. О.Н.Несмеянова РАН). Вивчення впливу катіонного складу розчину на електрохімічне відновлення лінійних тіосульфатних комплексів міді (I) та срібла (I) — тема доповіді Е.А.Стезеряньського, І.А.Гур'янової-Доскоц, А.О.Омельчука (ІЗНХ НАНУ). Показано, що електрохімічно активною при відновленні таких комплексів є іонна пара $\{Cat[M(S_2O_3)_2]\}^{2-}$. Отримані під керівництвом О.М.Калугіна (ХНУ) результати з будови і фізико-хімічних властивостей іонних рідин як особливого класу електролітів були представлені у трьох повідомленнях: “Асоціація та міжкатіонні взаємодії в розчинах солей літію в пропіленкарбонаті, γ -бутиролактоні і суміші пропіленкарбонату з 1,2-диметоксіетаном (1:1)”;

“Електропровідність розчинів імідазолієвих іонних рідин у пропіленкарбонаті в широкому інтервалі концентрацій”;

“Структура та розподіл електронної густини в іонній парі $[Bmim][PF_6]$ ”. В.В.Полтавець, В.Ф. Варгалюк представили результати дослідження процесу електроокислення іонів на платиновому електроді в перхлоратному електроліті із застосуванням як традиційно електрохімічних методів, так і квантово-хімічного моделювання, а О.В.Демчишина від колективу авторів — В.Ф.Варгалюка, В.А.Полонського, Л.В.Борщевич — доповіла про електрохімічні властивості монозамішених аквакомплексів нікелю (ДНУ). Виступ В.В.Матвеева (УДХТУ) стосувався підстав теорії перекристалізації твердих реагентів при електрохімічних реакціях; А.Т.Ходько (Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАНУ) навів дані з порівняльного вивчення методом кріомікроскопії електрокінетичних явищ у воді і водних розчинах кріопротекторів; “Термодинаміка конверсії іонів літію на катіоні Цундела в *n*-спиртах і у воді” — тема повідомлення В.І.Булавина, І.Н.В'юник (НТУ “ХПІ”, ХНУ).

Секція “Електрохімічна енергетика і моніторинг довкілля”. Принципи і методи створення метал-вуглецевих композитних матеріалів як електрокатализаторів паливних елементів представив Ю.К.Пірський (ІЗНХ НАНУ). Проведені дослідження і аналіз літературних даних стали підґрунтям для визначення природи і типу активних центрів композиційних електрокатализаторів відновлення кисню. Про методику високотемпературного синтезу (450–700 °С) нанокомпозиту $C/LiFePO_4$ — катодного матеріалу для літій-іонного акумулятора, його структуру, електрохімічні властивості йшла мова у доповіді Е.В.Панова від колективу співавторів О.В.Потапенка, Ю.О.Гарасенка, М.Т.Картеля, В.А.Галагуза (ІЗНХ НАНУ, ІХП НАНУ). Можливість використання спектроскопії електрохімічного імпедансу в дослідженні ефектів розряду елементів $Li||LiMn_2O_4$ — тема доповіді К.Д.Першиної (МБЕЕ НАНУ). Ю.В.Погоренко (ІЗНХ НАНУ) розповіла про дослідження провідності та іонної рухливості твердих розчинів $Pb_{1-x}Ln_xSn_{4+x}$,

отриманих методом твердофазного синтезу. Показано відповідність одержаних сполук вимогам, що пред'являють до твердих електролітів, можливість їх використання для створення електрохімічних пристроїв різного функціонального призначення. М.Д.Кошель (УДХТУ) привів результати дослідження електрохімічних властивостей композитних електродів, виготовлених на основі синтезованого первинного гідроксиду заліза-2, методами потенціодинамічного і гальваностатичного циклування.

Про новий електрохімічний сенсор на основі кремнезему, модифікованого 1-метилімідазолій хлоридом, йшлося у повідомленні А.Пантелеймонова, О.Ткаченко, М.Онїжук, Ю.Холіна, Й.Гушикема (ХНУ, Державний університет Кампінас, Бразилія). Ще кілька доповідей, що стосувалися моніторингу довкілля, були зроблені Г.С.Васильєвим, Ю.С.Герасименко (НТУУ “КПІ”), Д.О.Сидоровим, О.А.Пудом, П.Є.Дуборіз (ІБОНХ НАНУ), В.Р.Івашківим, М.С.Хоною, М.Р.Чучман, Е.І.Личківським (ФМІ НАНУ).

Секція “Фундаментальні проблеми електрохімії”. Від ІЗНХ НАНУ було представлено 5 доповідей: про фотоелектрохімічні та електрокаталітичні властивості наноструктурованих напівпровідникових електродів йшлося у повідомленні Г.Я.Колбасова, С.В.Волкова, І.А.Русецького, В.С.Воробець, І.А.Слободянюка; про дослідження процесу дифузії при інтерналяції літію в катод $C/LiFePO_4$ методами циклічної вольтамперометрії і спектроскопії імпедансу — у доповіді Е.В.Панова, О.В.Потапенка, В.А.Галагуза; тема повідомлення К.О.Каздобіна, К.Д.Першиної — “Спектроскопія електрохімічного імпедансу: моделювання багатофазних процесів”; М.О.Данилов розповів про методи отримання каталітичних електродних матеріалів і результати дослідження їх характеристик у джерелах струму; О.С.Крупнікова — про наногетероструктурні катализатори електровідновлення кисню на основі вуглецевих трубок і 3d-металів.

Про дослідження початкових стадій електрокристалізації міді з водних розчинів із застосуванням квантово-хімічного моделювання і методу хронопотенціометрії йшла мова у повідомленні В.А.Полонського, В.Ф.Варгалюка, С.І.Оковитого, О.С.Стець, А.І.Щукіна (ДНУ); колективом авторів — О.І.Кунтій, О.Я.Добровецька, І.В.Салдан, О.В.Решетняк, І.Л.Левчук, С.А.Корній (НУ “Львівська політехніка, ЛНУ, ФМІ НАНУ) — запропоновано метод одержання наноструктурних біметалевих систем імпультним електролізом у середовищі органічних аprotонних розчинників, встановлено залежність вмісту компонентів в осаді від значення катодного потенціалу та складу електроліту; “Електропровідність тонких шарів водних розчинів електролітів на межі з повітрям” — тема повідомлення Д.Г.Корольчука, В.Г.Нефедова (УДХТУ).

Секція “Технічна електрохімія”. Доповідь Ф.Д.Манілевича, Л.Х.Козіна, О.І.Лісогора, А.В.Куцого

(ІЗНХ НАНУ) стосувалась вивчення закономірностей катодного виділення водню на електродах, виготовлених на основі порошку карбиду вольфраму. Показано перспективність використання таких електродів при отриманні водню електролізом водних розчинів, для підвищення активності електродів на основі карбиду вольфраму в кислих електролітах автори пропонують використовувати добавки срібла, в лужних — ванадію. Про синтез у нітратних розплавах нанокристалічних оксидів феруму, а також їх літійованих форм йшлося у доповіді Е.В.Панова, С.М.Мальваного, О.В.Потапенка (ІЗНХ НАНУ). Проведене тестування електродів із синтезованого $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ показало можливість їх застосування як анодного матеріалу літій-іонних акумуляторів. Вдосконаленню сульфатнокислотного методу електрохімічного синтезу водню було присвячено повідомлення Г.Г.Тульського, Л.І.Скаткова, В.П.Гомозова, С.А.Лещенко. Обґрунтовано проведення депляризації анодного процесу за рахунок окиснення SO_2 . Випробування лабораторного електролізера підтвердили ефективність сульфатнокислотного циклу отримання водню в порівнянні з водно-лужним. Ю.С.Дзязько від колективу співавторів з ІЗНХ НАНУ, НУХТ, Інституту фізичної хімії та електрохімії ім. О.Н.Фрумкіна РАН представила результати дослідження електродіалізного знесолення молочної сироватки. Встановлено взаємозв'язок між морфологією і функціональними властивостями органо-неорганічних мембран, що використовувались у процесі розділення. Знайдено оптимальні умови процесу електродіалізу. Усні повідомлення на секції були також зроблені молодими дослідниками: А.Г.Атапіним, Д.В.Гиренко (УДХТУ), А.О.Правдою (ХНУ), Л.В.Грицай, Л.А.Молотовською (ІЗНХ НАНУ), Д.Ю.Ушаповським, О.Л.Смирновою (НТУУ“КПІ”), О.Я.Добровецькою (НУ “Львівська політехніка”).

Оргкомітетом з'їзду відзначено, що кращі доповіді від молодих вчених були представлені Р.М.Пшеничним, О.Я.Добровецькою, Г.В.Каракуркчі, Л.В.Грицай, А.Г.Атапіним, Ю.В.Погоренко. Що стосується стендової сесії, то з 30 постерів комісією були визначені наступні: перше місце — В.В.Штефан,

О.Ю.Смірнова, Т.В.Школьникова, Т.В.Мельник, А.С.Єпифанова, Т.Н.Токайчук, А.В.Креч, С.В.Шевякін, О.О.Смірнов, В.А.Зук, Р.А.Рудь “Модельні уявлення про механізм електрохімічного синтезу функціональних покриттів” (НТУ“ХПІ”, Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, ПАО “Коннектор”, ПАО “Укрнафтохімпроект”, Науково-технічний комплекс “Ядерний паливний цикл” ХФТІ); друге місце — І.А.Новосолова, О.М.Федоришена, С.В.Кулешов, М.О.Карпушин “Електрохімічний синтез нанодисперсних порошоків карбиду вольфраму для електрокаталізу” (ІЗНХ НАНУ); Т.М.Панчишин, О.С.Крупеннікова, О.С.Тупчієнко, Ю.К.Пірський “Лабораторний воднево-кисневий паливний елемент з полімерно протонпровідною мембраною” (ІЗНХ НАНУ); третє місце — І.С.Вовчинський, О.М.Калугін “Молекулярно-динамічне моделювання розчинів тетрафтороборату 1-1'-спіробіпірролідінію в ацетонітрилі” (ХНУ); Л.В.Сусь, О.І.Кунтій, І.В.Салдан, О.В.Решетняк, С.А.Корній “Осадження нанорозмірних частинок золота імпульсним електролізом у середовищі органічних апротонних розчинників” (НУ “Львівська політехніка”, ЛНУ, ФМІ НАНУ).

Підводячи підсумки, академік С.В.Волков відзначив, що, незважаючи на важкі часи, наука продовжує розвиватися, електрохімія живе в фундаментальній, технічній та прикладній частинах. Можливо, наступний з'їзд слід присвятити саме прикладним аспектам електрохімії. Заступник голови наукової ради професор Ф.Й.Данилов зауважив, що тематика з'їзду відповідала всім напрямкам світової науки, на жаль, темпи розвитку електрохімії в Україні гальмуються відсутністю нового обладнання, що не дає змоги проводити дослідження на світовому рівні.

На з'їзді було затверджено звіт наукової ради з проблеми “Електрохімія” за роки після проведення VI з'їзду, роботу визнано задовільною. Наступний VIII з'їзд заплановано провести у 2018 році.

Висловлено подяку оргкомітету, співробітникам НТУ “ХПІ”, НТУ ім. В.Н.Каразіна за бездоганну організацію роботи форуму, прекрасно оформлений збірник наукових праць, зустріч з майстрами художньої самодіяльності на чудовій концертній програмі.

Т.С. Глушак