

идентичном политехническому институту – УПИ Свердловска, не сбылись.

Я должен быть благодарен судьбе за то, что, хотя я и не «попал» физически в ХПИ, на кафедру «Технической электрохимии» в начале 1963 года, эта «потеря» с лихвой была потом компенсирована нашими очень плотными многолетними научными контактами сотрудников НИИХ ХНУ с профессорско-преподавательским составом и молодыми исследователями этой кафедры. Поэтому мне представляется, что взаимные научные контакты, присутствие и общение на специализированных семинарах в ХПИ и ХНУ, реальная помощь ХПИ в экспериментах и на этапах представления и защит моих диссертаций стоит очень многого, и это многое реально значительно превосходит просто фантастическое желание юношеского периода моей жизни.

Поступила в редколлегию 15.05.10

УДК 621.35

М.Д. САХНЕНКО, докт. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ",
м. Харків, Україна

ОДА ЕЛЕКТРОХІМІЇ: ВІД ГАЛЬВАНОХІМІЧНИХ ПЕЛЮШОК ДО ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ДИЗАЙНУ

Проаналізовано деякі аспекти науково-технічної проблеми створення функціональних покриттів металами, сплавами і складними оксидами засобами електрохімії. Висвітлено окремі історичні аспекти розвитку цього напрямку на кафедрі технічної електрохімії НТУ "ХПИ" та внесок її співробітників у вирішення широкого кола технічних і технологічних завдань.

Проанализированы некоторые аспекты научно-технической проблемы создания функциональных покрытий металлами, сплавами и сложными оксидами электрохимическими способами. Освещены некоторые исторические аспекты развития этого направления на кафедре технической электрохимии НТУ "ХПИ" и вклад ее сотрудников в решение широкого круга технических и электрохимических задач.

Some aspects of the scientific-technical problem of metal, alloys and composite oxides functional coatings electrochemical synthesis are analyzed in the article. Some historical view on this direction evolution at the NTU "KhPI" Technical electrochemistry department as well as colleges' contribution in wide range of technical and electrochemical problems solving are described.

*Явление идей – как таинство рожденья:
Чужие – принимают с сомненьем,
А на свои – взираешь с умиленьем!*

Будь-який опис подій, з деяким зазіханням на історичність їх висвітлення, завжди несе суб'єктивне забарвлення – такий-собі автентичний Photo Shop. Існує спокуса скористатись поверхневим шаром своєї пам'яті, деяким аналогом гелмгольцівської складової ПЕШ, який дозволить оприлюднити розмаїття яскравих фактів, важливих подій і неординарних особистостей, там закарбованих, і авторові залишиться тільки проставити знаки пунктуації, надати подіям деякої хронологічності та провести ранжування значущості наведеного. А вже після цього милуватись творінням своїм і, затамувавши подих, спостерігати за реакцією читачів, щось на кшталт "ну як"? З огляду на кількадесятирічний термін спілкування з колегами, студентством, науковою спільнотою України і закордонними колегами, і врешті-решт – одностудентами, такий шлях вбачався би цілком прийнятним. Але залишимо історію – історикам, і зосередимо увагу на речах більш значущих для матінки – електрохімії, посилаючись на вищенаведений алгоритм лише за необхідності, тим паче, що видання, яке Ви – шановний читачу, тримаєте в руках, орієнтовано саме на нову генерацію науковців, чий творчий шлях ще попереду.

Існує декілька писаних, а в більшості – неписаних правил, яких варто дотримуватись в наукових дослідженнях. Надам деякі з них, "спровоковані" намаганням поділитись надбанням.

По-перше, рекомендовано приблизно раз на п'ять років змінювати напрям наукових досліджень, бо якщо цього не робити, то в кращому випадку Ви станете засновником наукової школи (що не так і погано), але багато чого залишиться поза вашою увагою, втратите можливість до творчого розвитку, не зможете реалізувати повною мірою свій науковий потенціал і т.і.

По-друге, прочитайте роман Д. Граніна "Зубр" і багато чого зрозумієте в професії науковця.

По-третьє, ознайомтесь з принципами системного аналізу (хоча мені не вдалось знайти бодай два різні видання, в яких співпадали б кількість і сенс тих принципів, але головні визначення – схожі), це надасть змогу зрозуміти методологію наукового пошуку краще, ніж знайомство з численними виданнями типу "Основи наукових досліджень".

По-четверте, при аналізі напрацьованого матеріалу не обмежуйтеся викладанням лише фактичної частини, а намагайтесь знайти закономірності,

зрозуміти внутрішні взаємозв'язки досліджуваного об'єкта, його поведінку у варіативних умовах, бо це вже шлях до прогнозу.

По-н'яте, читайте наукову періодику (на крайній випадок – знайомтесь з головними фаховими виданнями), і зрозумієте, що крім колег з інституту (університету) та Інтернету на вашій проблемі ще хтось розуміється, а терміни "моніторинг", "кластер", "дизайн" та ін. у вашому лексиконі з'являться не тому, що взимку було слизько... Крапка. Саме такі витoki зумовили сенс короткого історичного опису поглядів автора на ті науково-технічні проблеми, з якими довелось стикнутись під час роботи в Харківському політехнічному, та їх трансформацію.

Початок припадає на рік Олімпійських ігор в далекому Мехіко, коли весь спортивний світ був вражений рекордом Боба Бімона, який стрибнув у довжину на 8.90 м, а ми, група студентів-другокурсників, з не меншим захопленням знайомились з азами такої загадкової дисципліни як хімотроніка! Нехай з часом вона стала **хемотронікою**, надалі – молекулярною електронікою, а наші шляхи розійшлись, але логічний ланцюг понять **хімія – електрохімія – електроніка** був першим, тому запам'ятався назавжди. Після деяких реверансів у напрямку електричних властивостей молекул, дипольних моментів і т.і., лозунг "Electrochemistry – Forever!" став визначальним. Після завершення навчання і вступу до аспірантури була робота над дисертацією "Исследование и разработка полилигандного электролита лужения на основе протонированных пирофосфатных комплексов" під керівництвом проф. Ф.К. Андрющенка у співпраці з проф. В.В. Ореховою, яким я дуже вдячний за поштовх до наукового пошуку, плідні наукові дискусії, перші спільні публікації в журналі "Электрохимия" і знайомство з таким чудовим реагентом, як калію дифосфат. Проблема електроліту на основі протонованих дифосфатних комплексів, як, імовірно, і комплексів ряду інших багатоосновних кислот, виявилась цікавою з різних точок зору – вимірюваннями в широкому діапазоні рН вперше було визначено константи утворення декількох комплексів, екстремальний характер залежності від рН швидкості анодної реакції і стійкості робочих розчинів Sn (II) до окиснення, перехід якісних змін у системі в кількісні характеристики та інше, але найяскравішим виявився той факт, що означені зміни можна було наочно надати **орієнтованим графом станів електрохімічної системи**, який доволі чітко відбивав шляхи перетворень. З того часу моделі на графах нами багаторазово застосовувались для опису і формалізації електрохімічних систем, динаміки їх розвитку і відмови.

Наступним етапом наукових досліджень, який на десяток років “заволодів розумом”, став *електрохімічний моніторинг протикорозійних лакофарбових та полімерних покриттів*, при роботі над яким сформувався перелік правил наукового пошуку, частина з яких наведена вище. Під час заглиблення в проблему виявилось, що для електрохімії тут існує сила-силенна галузей застосування – електрохімія полімерів, їх селективна провідність і проникність, катодне відшарування, контроль дифузійних і сорбційних процесів, а також межі метал – полімер, зокрема адгезійної взаємодії та руйнування і т.і. У 80-х – 90-х роках над вирішенням цієї низки завдань працював колектив, до складу якого входили (за абеткою): О.В. Богоявленська – людина з золотими руками, витонченим художнім (і не тільки!) смаком, яка цього року захистила дисертацію; М.В. Вєдь – доброзичлива і енергійна, талановита і цілеспрямована, з неабияким почуттям гумору (обидві дисертації – кандидатську і докторську – захистила достроково!); О.П. Поспєлов – знавець балету і термодинаміки, Мацуди і Шопєнгауєра, теорії дифузії і японської мови (особистість непересічна!); Т.П. Ярошок – фахівець з металоксидних мікроелектродів, вентильних металів, історії і архітектури Харкова, голова профбюро і багаторічний співавтор публікацій. Значна кількість публікацій, оприлюднена в той час у провідних виданнях ("Електрохімія", "ЖПХ", "УХЖ", "Защита металлов", "ЛКМ" та ін.), містить ґрунтовні розв'язки окремих аспектів наведеної проблеми. Так, зокрема, було вирішено завдання з електрохімічної неруйнівної діагностики міжфазової межі "метал – полімер" і визначення площі порушення адгезії. Були побудовані математичні моделі для опису хронограм зміни діелектричної проникності гетерогенної системи адгезований полімер – розчин електроліту при експозиції виробів із захисними лакофарбовими покриттями в контактї з агресивними середовищами, запропоновано алгоритм обробки результатів вимірювання спектрів електродного імпедансу і визначення площі неадгезії. Застосування теорії графів і теорії випадкових процесів для опису динаміки руйнування таких систем дозволило провести їх формалізацію і побудувати прогностичні залежності, які у явному вигляді пов'язували критерії відмови з надійністю і терміном дії захисних покриттів в умовах експлуатації. Підґрунтям такої моделі була теоретично висунута і експериментально доведена гіпотеза про структуру системи метал – полімерне покриття в контактї з розчинами електролітів як сукупність дискретних фрагментів, що різняться природою фаз, ступенем локалізації елементарних процесів і окремих стадій, та їх імовірністю і інтенсивністю.

Таким чином було побудовано логічний ланцюг *складові електродного імпедансу – питома площа втрати адгезії – інтенсивність відмови покриву – термін служби в умовах експлуатації* та надано в явному вигляді аналітичні співвідношення між його окремими ланками. Означені напрацювання не втратили свої значущості і сьогодні, про що свідчить зацікавленість в публікаціях і запрошення на міжнародні конференції з доповідями саме з проблематики моніторингу та прогнозування терміну служби органічних покривів.

Кроком *назустріч сьогоденню* стала участь у виконанні двох проектів УНТЦ у співпраці з науковцями ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна та ХНУ ім. В.Н. Каразіна. В цих проектах послідовно розвивались ідеї створення високопровідних матеріалів на основі широкого класу іон-радикальних солей (так званих "синтетичних металів"), а також наноструктурних матеріалів для сенсорних елементів неінвазивної діагностики. Необхідно відзначити плідну співпрацю з науковцями ФТІНТ (Г.В. Камарчук, В.А. Хоткевич, О.С. Пишкін) та ХНУ (А.В. Кравченко, В.А. Стародуб), творчі стосунки з якими взаємобогачували, а також колегами-політехніками – Ю.Л. Александровим, М.В. Ведь, О.П. Поспеловим. Так, спільно з М.В. Ведь і В.В. Штефан одержано результати, що склали підґрунтя стратегії електрохімічного синтезу високопровідних синтетичних металів (які виявились чудовими модельними об'єктами для опрацювання технології електрокристалізації, хоча з ними електрохіміки майже не працюють!), а з Г.В. Камарчуком і А.В. Кравченко створено електрохімічний мікрогенератор нітроген (II) оксиду.

В поточний час напрямком творчого пошуку наукової групи є *електрохімічний дизайн функціональних матеріалів*, головним чином – протикорозійних і каталітично-активних (КМ), не тільки за першим принципом організації досліджень, а й відповідно до нагальних потреб сьогодення. Під впливом тематики корозійно-електрохімічного забарвлення, чому певною мірою сприяла багаторічна співпраця з проф. Е.А. Лунарською з Інституту фізичної хімії АН Польщі (в її лабораторії стажувались магістри, які згодом стали кандидатами наук К.В. Нікіфоров і С.Г. Желавський), вектор пошуку змістився в напрямку анодних процесів. Це розширило методологічний спектр засобів електрохімічного дизайну і сприяло пошуку шляхів створення функціональних матеріалів (ФМ), в дещо іншій площині, серед яких:

– електрохімічне формування покривів складними і змішаними оксидами на сплавах Al і Ti в режимах мікроплазмового оксидування;

- гальванохімічна обробка схильних до пасивації металів для розвинення поверхні (сплави Al, Ti, Zr, нержавіючі сталі) або підвищення корозійного опору (сплави системи Al-Cu) за рахунок гомогенізації поверхні;
- електрохімічний синтез і діагностика КМ для систем знешкодження газоподібних викидів хімічної промисловості і автотранспорту;
- створення металевих, оксидних, композитних і модифікованих електродних матеріалів.

В цих роботах, орієнтованих на розв'язання завдань гетерофазового та електрокаталізу (підвищення хімічного опору або питомої поверхні металевих носіїв, створення варіативних каталітичних шарів за єдиною методологією, обґрунтування експрес-методів оцінки активності КМ і т.і.), було створено наукові основи електрохімічного синтезу функціональних покриттів сплавами металів d^{4-9} та змішаними оксидами і доведено високу ефективність електрохімічних технологій на всіх етапах технологічних процесів створення КМ, тобто їх електрохімічного дизайну.

Деяке уявлення про його системність (третій принцип) дає схема синтезу ФМ (рисунок), яка відбиває пріоритети і уподобання авторів (патенти на способи синтезу і/або складу електролітів).

Цікавим фактом, який доповнює цю доволі строкату схему, є обґрунтована нами можливість прогнозування каталітичної активності сплавів на підставі властивостей сплавотвірних елементів (докладно висвітлено у монографії: *Ведь М.В., Сахненко М.Д.*

Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами : електрохімічний синтез, прогнозування властивостей. – Харків: НТУ "ХПІ", 2010. – 272 с.), що дозволяє апріорі надавати відповідь на головне питання "сплавотвірців" – чи слід очікувати синергізму властивостей, чи праця – марна?

Неоціненним у створення такого погляду є, крім поймаєнаних раніше, внесок Ю.Л. Александрова, І.І. Степанової, Т.О. Ненастіної, Т.М. Байрачної, В.О. Савченко, О.С. Шепеленка, М.В. Баніної – без яких і схема була б неповною, і дискусії нецікавими, і синергізм би кудись подівся, і не отримала лабораторія неофіційну назву "ЛЕДИ" – аббревіатура від *Лабораторія електрохімічного дизайну*.

Активному налагодженню творчих стосунків з колегами сприяє участь автора у роботі Наукової ради з проблеми "Електрохімія" НАН України та Міжвідомчої науково-технічної ради з проблем корозії і протикорозійного захисту металів при Президії НАН України, Експертній раді з хімічних тех-

нологій ВАК та Методичній комісії з Хімічної технології та хімічної інженерії МОН України.

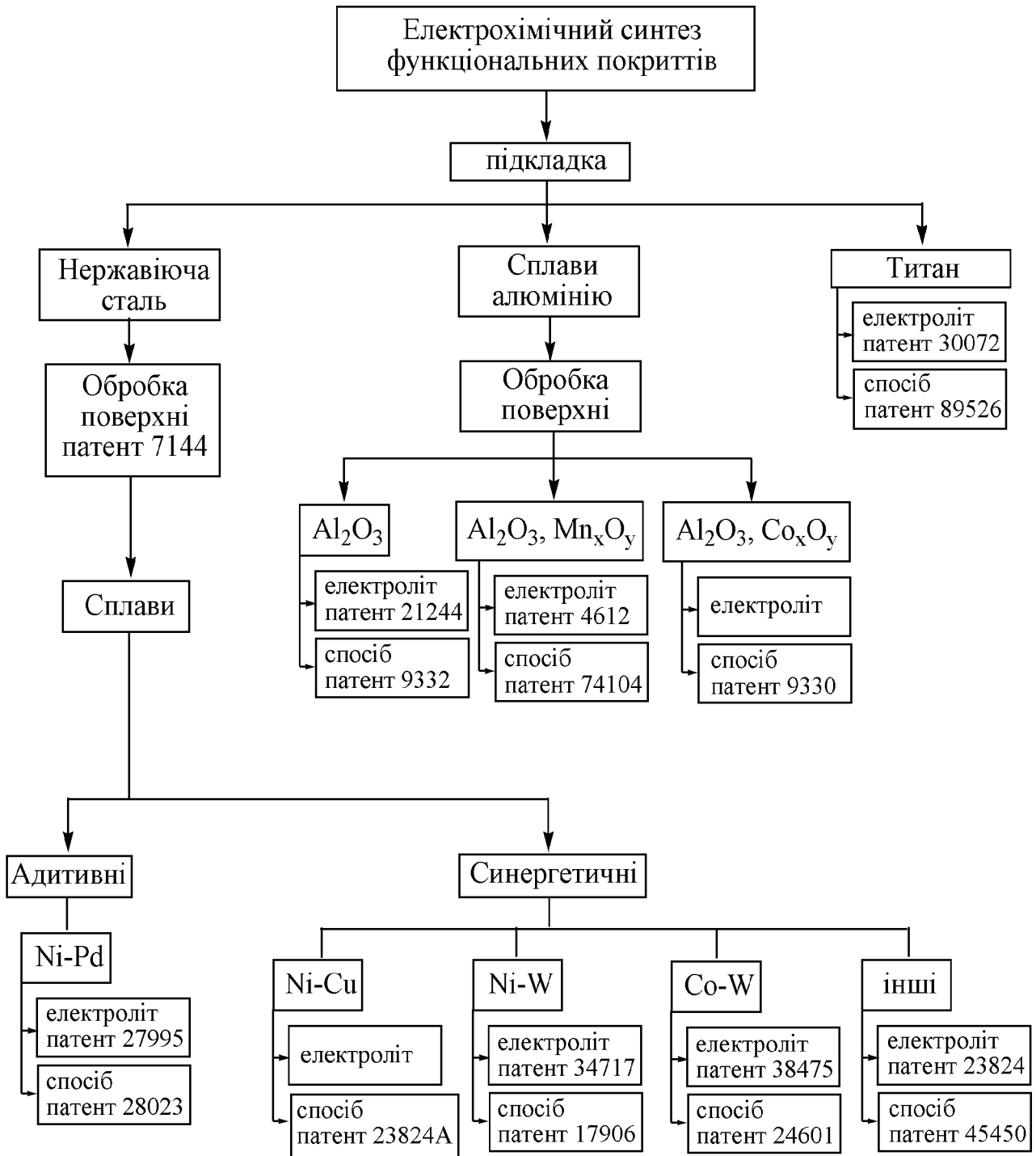


Рисунок – Узагальнена схема електрохімічного синтезу функціональних покриттів металами, сплавами і складними оксидами

Результати нашої діяльності висвітлено у 400 наукових публікаціях, серед яких 50 патентів і авторських свідоцтв, майже 150 матеріалів доповідей,

оприлюднених на наукових форумах – від регіональних до закордонних (Польща, Росія, Велика Британія, Болгарія, Австралія, Німеччина, Білорусь, Мальта та ін.).

Розповсюдженню наукового доробку сприяє як багаторічна робота міського науково-технічного семінару "Досягнення технічної електрохімії – виробництву" для представників підприємств, організація якого неможлива без доц. В.М. Артеменко та інж. Т.П. Кулікової, так і започаткована 2008 року на базі НТУ "ХПІ" Всеукраїнська науково-технічна конференція "Молодіжний електрохімічний форум", ініціаторами якого стали проф. М.В. Ведь, доц. В.В. Штефан, м.н.с. О.С. Шепеленко, аспіранти Т.О. Ненастіна, В.О. Савченко та Т.М. Байрачна.

Що ж до останньої – творча активність довела її аж до Бостона, де вона проходить стажування в університеті за підтримки фонду Фулбрайта, яке виборола завдяки своїй наполегливості і працездатності.

А що ж до історії – то, як кажуть в Україні:
"У кожної нації – свої номінації"!

Надійшла до редколегії 11.05.10

УДК 541.135:669.064

Л.В. ЛЯШОК, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», г. Харків, Україна

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ

Розглянуто досягнення роботи та впровадження наукових розробок творчого колективу галузевої лабораторії технічної електрохімії. Показано найважливіші проблеми, завдання сучасної технічної та прикладної електрохімії, а також перспективи подальших розробок в галузі нанотехнології та створення електродних матеріалів із заданими властивостями.

Рассмотрены достижения работы и внедрения научных разработок творческого коллектива отраслевой лаборатории технической электрохимии. Показаны важнейшие проблемы, задачи современной технической и прикладной электрохимии, а также перспективы дальнейших разработок в области нанотехнологии и создания электродных материалов с заданными свойствами.