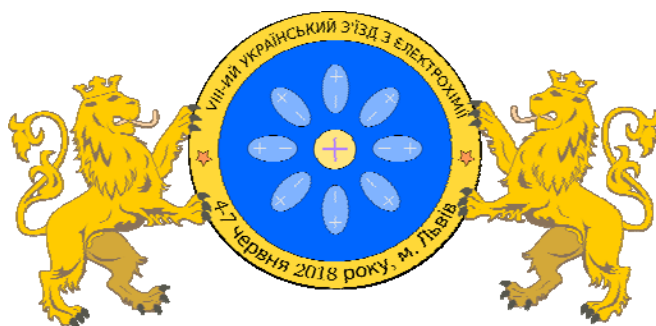


Міністерство освіти та науки України
Національна академія наук України
Наукова рада з проблеми «Електрохімія»
Львівський національний університет імені Івана Франка
Хімічний факультет
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАНУ



VIII Український з'їзд з електрохімії
та
VI Науково-практичний семінар
студентів, аспірантів і молодих учених
«Прикладні аспекти електрохімічного аналізу»,
Львів, 4–7 червня 2018 р.

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ЧАСТИНА 1



**Львівська
міська
рада**



***Програмний та організаційний комітети
VIII Українського з'їзду з електрохімії та
VI Науково-практичного семінару
студентів, аспірантів і молодих учених
«Прикладні аспекти електрохімічного аналізу»***

висловлюють щирю подяку

- ✓ ***Львівській міській раді,***
- ✓ ***Керівній Раді Програми “Львів науковий”,***
- ✓ ***Львівському комунальному підприємству
“Львівське конференц-бюро”***

***за плідну співпрацю,
а також інформаційну, фінансову та
організаційну підтримку:***

Міністерство освіти та науки України
Національна академія наук України
Наукова рада з проблеми «Електрохімія»
Львівський національний університет імені Івана Франка
Хімічний факультет
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАНУ

VIII Український з'їзд з електрохімії
та
VI Науково-практичний семінар
студентів, аспірантів і молодих учених
«Прикладні аспекти електрохімічного аналізу»,
присвячені
100-річчю Національної академії наук України
4–7 червня 2018 р.

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Частина 1

Львів – 2018

УДК 544.6

VIII Український з'їзд з електрохімії та VI Науково-практичний семінар студентів, аспірантів і молодих учених «Прикладні аспекти електрохімічного аналізу», присвячені 100-річчю Національної академії наук України (Львів, 4–7 червня 2018 р.) : Збірник наукових праць : В 2-х частинах : Ч. 1 / А. О. Омельчук, Р. Є. Гладішевський, О. В. Решетняк (ред.). – Львів: Дослідно-видавничий центр Наукового товариства ім. Шевченка, 2018. – 188 + *xi* с.

Збірник наукових праць містить статті, які відображають тематику доповідей зроблених на VIII-му Українському з'їзді з електрохімії та VI Науково-практичному семінарі студентів, аспірантів і молодих учених «Прикладні аспекти електрохімічного аналізу», які відбулися 4–7 червня 2018 року у Львівському національному університеті імені Івана Франка. До першої частини збірника увійшли результати досліджень, які доповідалися на секції «Фундаментальні проблеми електрохімії та електрохімічна кінетика». Статті відображають досягнення вчених-електрохіміків України за останні роки в царині фундаментальних досліджень. Вони присвячені питанням електрохімічної термодинаміки, теорії провідності розчинів та розплавів електролітів, кінетики та механізмів електрохімічних процесів, фотоелектрохімії, створенню наукових основ сучасних електрохімічних методів аналізу, технологій електрохімічних виробництв тощо.

В авторській редакції

Відповідальний за випуск: *Олександр РЕШЕТНЯК*
Комп'ютерне макетування: *Ярослав КОВАЛИШИН*

© Львівський національний університет
імені Івана Франка, 2018
© Інститут загальної та неорганічної хімії
імені В. І. Вернадського НАНУ, 2018

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

VIII Українського з'їзду з електрохімії та VI Науково-практичного семінару студентів, аспірантів і молодих учених «Прикладні аспекти електрохімічного аналізу», присвячених 100-річчю Національної академії наук України

Співголови:

Омельчук А. О. – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Гладишевський Р. Є.** – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів; **Решетняк О. В.** – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів.

Члени комітету:

Аксiментьєва О. І. – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів; **Андрійко О. О.** – Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ; **Байрачний Б. І.** – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків; **Барсуков В. З.** – Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ; **Берсірова О. Л.** – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Білоус А. Г.** – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Варгалюк В. Ф.** – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро; **Ведь М. В.** – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків; **Веліченко О. Б.** – Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро; **Галюс З.** – Варшавський університет, м. Варшава, Польща; **Данилов Ф. Й.** – Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро; **Дзензерський В. О.** – Інститут транспортних систем і технологій Національної академії наук України "Трансмаг", м. Дніпро; **Дікусар А. І.** – Інститут прикладної фізики Академії наук Молдови, м. Кишинів, Молдова; **Єдловські П.** – Університет Кароля Естерхазі, м. Егер, Угорщина; **Зінченко В. Ф.** – Фізико-хімічний інститут імені О. В. Богатського Національної академії наук України, м. Одеса; **Ідріссі А.** – Університет м. Лілль 1, Франція; **Каздобін К. О.** – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Калугін О. М.** – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків; **Кириллов С. О.** – Міжвідомче відділення електрохімічної енергетики Національної академії наук України, м. Київ; **Колбасов Г. Я.** – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Кошель М. Д.** – Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро; **Кошечко В. Г.** – Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського Національної академії наук України, м. Київ; **Кублановський В. С.** – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Ларін В. І.** – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків; **Лінючова О. В.** – Національний технічний університет України "Київський

політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ; **Малетін Ю. А.** – Інститут сорбції та проблем ендоекології Національної академії наук України, м. Київ; **Мчедлов-Петросян М. О.** – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків; **Панов Е. В.** – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Пірський Ю. К.** – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Похмурський В. І.** – Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів; **Пуд О. А.** – Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії Національної академії наук України, м. Київ; **Сахненко М. Д.** – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків; **Сейтонен А. П.** – *École normale supérieure Paris*, м. Париж, Франція; **Татішвілі Г.** – Тбіліський державний університет імені Іване Джавахішвілі, м. Тбілісі, Грузія; **Тульський Г. Г.** – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків; **Хома М. С.** – Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів; **Шольц Ф.** – Університет м. Грайфсвальд, Німеччина.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Співголови:

Омельчук А. О. – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ; **Решетняк О. В.** – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів.

Заступники голови:

Аксіментьєва О. І., Дубенська Л. О. – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів.

Вчений секретар:

Глушак Т. С. – Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ.

Члени організаційного комітету:

Бодаковська Ю. В., Бойчишин Л. М., Герцик О. М., Горбенко Ю. Ю., Даниляк М.-О. М., Дмитрів Г. С., Дутка В. С., Жак О. В., Каличак Я. М., Ковалишин Я. С., Ковбуз М. С., Кунтий О. І., Макогон В. М., Остапович Б. Б., Переверзєва Т. Г., Ридчук П. В., Солтис М. М., Стеців Ю. А., Тимошук О. С., Хома М. С., Червінська Н. Р., Яцишин М. М.

ЗМІСТ

Секція 1. Фундаментальні проблеми електрохімії та електрохімічна кінетика

<i>Ірина Підручна, Веніамін Соловійов, Тетяна Кузнецова, Людмила Соляник.</i> Ресурсозбе- рігаючі способи переробки відходів твердих сплавів карбід вольфраму – кобальт . . .	1
<i>Анастасія Ковалик, Анна Борець, Оксана Тананайко.</i> Вольтамперометричні характер- ристики планарних вуглецевих електродів, модифікованих оксидом мангану(IV) . . .	4
<i>Алла Правда, Василь Ларін, Сергій Шаповалов.</i> Вплив трилону Б на процеси електро- відновлення в низькоконцентрованих розчинах $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	6
<i>Марина Манзюк, Тетяна Авдієнко, Микола Ніколенко.</i> Перспективи використання біамперометрії в аналізі благородних металів	9
<i>Мирослав Хома, Василь Івашків, Світлана Головей, Марян Чучман.</i> Корозійно-електро- хімічні властивості та наводнювання сталей різної структури в хлоридно-аце- татних розчинах за наявності сульфідвмісних плівок	12
<i>Галина Ничипорук, Зіновія Штурка, Михайло Солтис.</i> Деякі аспекти вивчення елек- трохімії у шкільному курсі хімії	15
<i>Мирослав Хома, Богдан Дацко, Василь Івашків.</i> Вплив концентрації сірководню на корозійно-електрохімічні властивості покриттів на основі цинку	17
<i>Mykola Blazheyevskii, Serhij Gubskii.</i> Coulometric determination of L-cystine by oxidation reaction with electrogenerated chlorine	20
<i>Vladimir Jelali.</i> Impedance of dependent stages of adsorption	23
<i>Людмила Ниркова.</i> Електрохімічні та корозійно-механічні властивості трубної сталі різної категорії міцності	26
<i>Сергій Дев'яткін.</i> Електрохімічний синтез силіцидів танталу з хлоридно-фторидних розплавів	29
<i>Svitlana Zahorulko, Olesia Shmychkova, Larisa Dmitrikova.</i> Electrochemical oxidation of substitutedphenoxy acetic acids on modified lead dioxide anodes	32
<i>Олена Лут, Олена Аксіментьєва, Олександр Шевченко.</i> Кінетика електрохімічного окиснення тирозину в кислому середовищі	35
<i>Віктор Зінченко.</i> Особливості електрохімії розплавлених систем з йонно-електро- ною провідністю	38
<i>Віктор Чергинець, Тетяна Реброва, Олександр Ребров, Олег Юрченко, Тамара Поно- маренко.</i> Потенціометричне дослідження перебігу процесу розкислення розтопів на основі хлоридів калію та стронцію у реактивному газовому середовищі	40
<i>Олександр Атапін, Володимир Нефедов.</i> Вплив факторів на параметри газових буль- башок, які виділяються при електролізі води	42
<i>Дмитро Патлун, Лариса Щербакова, Юрій Солонін.</i> Дослідження каталітичної актив- ності добавок в реакціях перетворення кисню на композитних катодах	45
<i>Тетяна Ненастіна, Марина Ведь, Микола Сахненко, Валерія Проскуріна, Юлія Сача- нова, Світлана Зюбанова.</i> Електрокаталітичне окиснення метанолу на тернарних сплавах кобальту	48
<i>Katherine D. Pershina, Konstantin A. Kazdobin.</i> Perspective materials for “green” electro- chemistry	51
<i>Олександра Савчук, Ірина Скнар, Юрій Скнар, Фелікс Данилов.</i> Фотокаталітична активність композитів Ni-TiO_2	54

<i>Маргарита Горобець, Святослав Кириллов.</i> Іонний та молекулярний склад електролітних розчинів для літій-іонних джерел струму	57
<i>Сергій Кулешов, Інесса Новоселова, Олена Федоришена.</i> Особливості електровідновлення дивольфрамат-аніона і діоксиду вуглецю в хлоридному розплаві	60
<i>Юрій Пірський, Оксана Крупеннікова, Геннадій Долинський, Олена Лавриненко.</i> Електровідновлення кисню на оболонкових нанокompозитах FeFe_2O_4 & Ag^0	63
<i>Лілія Дубенська, Соломія Писаревська, Оксана Стронціцька, Сергій Плотиця, Любомир Шворц.</i> Вольтамперометричне визначення деяких місцевих анестетиків як альтернатива традиційним методам їхнього аналізу	66
<i>Yuliya Vyshnevskaya, Igor Brazhnyk.</i> Kinetic regularities of the surface modification processes with phase metalorganic layers	69
<i>Роман Петришин, Зіновій Яремко, Михайло Солтис.</i> Подвійний електричний шар у висококонцентрованих нанодисперсних системах	72
<i>Валентина Потоцька, Ольга Гічан, Ігор Скрипун, Анатолій Омельчук.</i> Аналіз дифузійного імпедансу Варбурга приелектродного шару обмеженої товщини	75
<i>Олександр Решетняк, Оксана Добровецька, Іван Салдан, Юрій Семенюк, Орест Кунтий, Іванна Мерцало.</i> Каталітична активність наночастинок Pd-Au щодо електроокиснення метанолу у 0,5 М водному розчині NaOH	78
<i>Олександр Величенко, Тетяна Лук'яненко.</i> Вплив ПАР та поліелектролітів на електроосадження, склад та властивості композиційних матеріалів на основі PbO_2	81
<i>Віра Костів, Христина Влад, Михайло Яцишин, Роман Серкіз, Ольга Єзерська, Наталія Пандяк, Олександр Решетняк.</i> Електрохімічне осадження поліаніліну на алюмініймісні електроди різної природи з водного розчину сульфатної кислоти	84
<i>Olha Sarkhman, Lilia Dubenska, Lubomir Švorc.</i> Perspective electrochemical sensor for determination of dipyrindamole based on miniaturized boron-doped diamond electrode	87
<i>Сергій Кулешов, Олена Федоришена, Інесса Новоселова.</i> Каталітична активність електролітичного карбиду вольфраму в реакції виділення водню	90
<i>Борис Скіп, Дмитро Баб'юк, Ярина Мотовиліна.</i> Обробка та аналіз даних циклічної вольтамперометрії методом головних компонент	93
<i>Дмитро Сидоров, Олександр Пуд.</i> Електрохімічний синтез полі(3-метилтіофену-ко-3,4-етилендіокситіофену)	96
<i>Едуард Стезеряньський, Анатолій Омельчук.</i> Кінетика електрохімічного відновлення іонних ПАР	99
<i>Тетяна Кузнецова, Наталія Соловійова, Анатолій Омельчук, Веніамін Соловійов.</i> Антиоксидантна активність мелатоніну і глутатіону на основі порівняльного аналізу результатів квантовохімічних та електрохімічних досліджень	101
<i>Оксана Бойко, Микола Блажеєвський, Лілія Дубенська.</i> Використання реагенту оксону для полярографічного визначення фамотидину	104
<i>Ігор Чернюх, Денис Калін, Орест Перевізнак, Христина Мідянка, Лілія Базиляк, Олександр Решетняк.</i> Амперометричний сенсор для визначення гідразину на основі нанокompозиту паладій-поліанілін	106
<i>Марія Ходикіна, Костянтин Каздобін, Анатолій Беспалюк.</i> Рослинна сировина як основа для створення систем перетворення енергії	109
<i>Олена Аксіментьєва, Оксана Конопельник, Ігор Оленич, Дмитро Польовий, Юлія Горбенко, Анна Михалець.</i> Фізико-хімія електрооптичних явищ у спряжених полімерних системах	112

<i>Юрій Солонін, Оксана Галій, Катерина Грайворонська, Світлана Петровська.</i> Вплив хімічного стану поверхні витриманого на повітрі сплаву Zr-Mn-Cr-Ni-Al на електрохімічні властивості	115
<i>Mykola Moroz, Fiseha Tesfaye, Pavlo Demchenko, Myroslava Prokhorenko, Daniel Lindberg, Olexandr Reshetnyak, Leena Hupa.</i> Determination of the thermodynamic properties of the Ag ₇ SnSe ₅ I superionic phase by the solid-state electrochemical cell method . . .	118
<i>Тетяна Лук'яненко, Олександр Величенко.</i> Кристалізація пльомбум діоксиду	121
<i>Nina Chornenka, Yan Voloshin, Valery Kalinichenko, Irina Belaya, Margarita Bugaenko, Alexey Loktev, Alexey Dedov.</i> Electrochemical properties of the iron (II) clathrochelates with terminal (poly)aromatic group(s)	124
<i>Федір Манілевич, Андрій Куций, Леонід Козін.</i> Закономірності виділення водню з розчину сірчаної кислоти на катодах на основі монокарбиду вольфраму з добавками металів Ib, IVb, та Vb підгруп	127
<i>Михайло Яцишин, Вікторія Макогон, Юлія Стеців, Олег Верещакін, Олександр Решетняк.</i> Електропровідність композитів глауконіт/поліанілін та плівок поліаніліну, осаджених на полімерних субстратах	130
<i>Фелікс Данилов, Вячеслав Проценко.</i> Електроосадження покриттів з нового типу іонних рідин – низькотемпературних евтектичних розчинників	133
<i>Sofiia Tvorynska, Liliya Stelmakh, Anna Marushchak, Liliya Dubenska.</i> Rare elements electrochemistry: study on the electrochemical behaviours and determination of Ho(III) and Y(III) ions at Mercury electrode using mordant blue 13	136
<i>Артур Гусейнов, Оксана Тананайко.</i> Вольтамперометричний біосенсор третього покоління для визначення гідроген пероксиду в молоці	139
<i>Олександр Решетняк, Наталя Давиденко.</i> Застосування композитів поліаніліну з вторинно-модифікованими частинками срібла як платформ глюкозних амперометричних сенсорів	141
<i>Ярина Мотовиліна, Дмитро Баб'юк, Борис Скін.</i> Електрохімічна поведінка <i>n</i> -аміносаліцилової кислоти та її електрохімічна полімеризація	144
<i>Viktor Bulavin, Ivan V'yunyuk.</i> Near solvation of singly charged anions in primary alcohols	147
<i>Леонід Суса, Юрій Рудик, Ярослав Кирилів.</i> Гетерогенна кристалізація з розчинів електролітів на поверхні алюмосилікатних сорбентів під впливом мікрохвильового випромінювання	150
<i>В'ячеслав Барсуков.</i> Особливості електрохімічних процесів у системах з твердофазним реагентом	153
<i>Ольга Овчаренко, Микола Сахненко, Світлана Руднева, Олексій Матикін, Максим Волобуєв.</i> Кінетичні закономірності електросадження композиційних систем	156
<i>Вікторія Карабцова, Анастасія Рябчунова, Олег Калугін.</i> Мікроскопічна будова бінарних систем іонна рідина – пропіленкарбонат	159
<i>Михайло Ткачук, Василь Нечипорук, Віталій Міщенчук, Валентина Юзькова.</i> Врахування нерівноважності дифузного шару при описанні макрокінетики електродного процесу	162
<i>Богдан Остапович, Галина Ожйівська.</i> Катодні матеріали для ЛХДС на основі композитів (поліпірол + поліанілін) – MnO ₂	165
<i>Наталя Петришин, Орест Перевізник, Олександр Решетняк.</i> Електрохімічно одержані співполімери аніліну та ізомерних меркаптоанілінів як основа Au-полімерних композитів з електрокаталітичними властивостями	168

<i>Anastasiia Riabchunova, Ievgeniia Gavriukova, Alina Kyrychenko, Oleg Kalugin.</i> Electrical conductivity of the binary systems room temperature ionic liquid / propylene carbonate	171
<i>Ярослав Ковалишин, Мирослава Коновська, Олександр Решетняк, Іван Салдан.</i> Синтез та властивості композитів на основі поліаніліну та терморозширеного графіту	174
<i>Ульяна Ціко, Вероніка Дожджаник, Михайло Яцишин, Нестор Герман, Сергій Корній, Олександр Решетняк.</i> Електропровідні властивості механохімічно та хімічно синтезованих композитів цеоліт/поліанілін	177
<i>Олег Калугін.</i> Іонна рухомість та динаміка сольватованого іона в електролітних розчинах: від феноменології до мікроскопічного опису	180
<i>Володимир Дутка, Олена Аксіментьєва, Ярослав Ковальський, Наталія Ощановська, Галина Галечко, Ельза Білосорочка.</i> Електропровідність полімер-полімерних та полімер-мінеральних композитів	182
<i>Лідія Бойчишин.</i> Електрохімічна імпедансна спектроскопія у дослідженнях між фазової межі АМС / корозійне середовище	185

Секція 2. Хімічна енергетика та технічна електрохімія

<i>Анатолій Білоус.</i> Літійпровідні тверді електроліти на основі оксидних систем	191
<i>Марія Чабан, Людмила Рождественська, Юлія Дзязько.</i> Електродеіонізація літій-вмісних розчинів з використанням іоніту TiO_2-MnO_2	194
<i>Natalia Chubar, Cristina Avramut.</i> Polarographic determination of the most bioavailable species of heavy metals in environmental samples	197
<i>Sviatoslav Kirillov.</i> Materials for lithium-ion battery: current landscape	200
<i>Ігор Кобаса, Оксана Сема, Любомира Одосії, Юлія Кропельницька.</i> Електрохімічні та енергетичні характеристики катіонних поліметинових барвників-сенсibilізаторів	203
<i>Софія Кобилянська, Володимир Хоменко, В'ячеслав Барсуков, Дмитро Демчук, Анатолій Білоус.</i> Твердотільний літійовий акумулятор на керамічному твердому електроліті зі структурою Nasicon	206
<i>Світлана Кочетова, Сергій Дев'яткін.</i> Електрохімічна поведінка оксиду молібдену та його сполук в карбамідних розплавах	209
<i>Анастасія Койчева, Катерина Бевзюк, Костянтин Плюта, Олександр Чеботарьов, Денис Снігур.</i> Силікагель, імпрегнований хлоридом цетилпіридинію, як модифікатор вугільно-пастового електроду для сумісного визначення деяких азобарвників	211
<i>Євген Коломієць, Тетяна Мальцева, Юлія Дзязько.</i> Органо-неорганічні іоніти для вибіркової електродеіонізації розведених водних розчинів	214
<i>Юрій Пірський, Тарас Панчишин, Ярослав Колосовський.</i> Високоєфективний електролізер на основі протонпровідної мембрани для генерації водню та кисню	217
<i>Олег Посудієвський, Ольга Козаренко, Вячеслав Дядюк, Вячеслав Кошечко, Віталій Походенко.</i> Механохімічне одержання та електрохімічні властивості нових гібридних нанокompозитів на основі двовимірних структур та поліаніліну як електродів суперконденсаторів	220
<i>Валерій Кублановський, Наталія Глоба, Василь Нікітенко, Євген Бабенков, Юрій Шматок.</i> Дослідження електрохімічних параметрів тонких плівок олова як анодних матеріалів літій-іонних акумуляторів	223
<i>Анатолій Омельчук, Лариса Грицай.</i> Електрохімічне відновлення оксидів тугоплавких металів	226

<i>Юрій Пірський, Тарас Панчишин, Олександр Тупчієнко.</i> Вплив синтезу нанорозмірних платинових каталізаторів на електрохімічні характеристики паливної комірки	229
<i>Ігор Пацай.</i> Універсальний потенціостат-гальваностат на основі мікроконтролера C8051F410	232
<i>Ігор Пацай, Ігор Полюжін.</i> Потенціостат MTEchCOR-410 для дослідження корозійних процесів	234
<i>Костянтин Плюта, Денис Снігур, Олександр Чеботарьов.</i> Вольтамперометричне визначення морину на електрохімічно активованому вугільно-пастовому електроді	237
<i>Anna Potapenko, Sviatoslav Kirillov.</i> High rate properties of core/shell lithium manganese spinels	240
<i>Mykola Sakhnenko, Maryna Ved', Hanna Karakurkchi, Olexandr Galak, Maxym Volobuev, Svitlana Rudneva.</i> Mixed titania with Co(Mn) nano-composite coatings	243
<i>Андрій Слюзар, Ярослав Калимон, Іванна Мерцало, Роксоляна Буклів.</i> Циклічна вольтамперометрія хінгдронного окисника-каталізатора на різних електродних потенціалах	246
<i>Наталія Смик, Ольга Запорожець, Богдана Копаниця.</i> Потенціометричне визначення співвідношення $\text{NO}_3^- / \text{NO}_2^-$ для оцінки якості води в морських акваріумах	249
<i>Олександр Стремецький, Алла Ганзюк.</i> Осадження сульфідів цинку електролізом з сірко-графітовим катодом	251
<i>Марина Ведь, Микола Сахненко, Ірина Єрмоленко.</i> Фазовий склад електролітичних сплавів заліза і кобальту з тугоплавкими металами	254
<i>Тетяна Білоус, Геннадій Тульський.</i> Вибір промоторів для електрохімічного синтезу пероксиоцтової кислоти	257
<i>Lina Bobrova, Dmytro Holubtsov.</i> Electrodeposition of chromium-carbon coatings using electrolyte on the basis of deep eutectic solvents	260
<i>Марія Бофанова, Олександр Поспелов, Анна Герус, Геннадій Камарчук, Микола Сахненко, Марина Ведь, Олександр Плетньов.</i> Моделювання точково-контактної динамічної системи	263
<i>Сергій Водолажченко, Лариса Ляшок, Валерій Гомозов, Леонід Скатков.</i> Електрохімічний синтез пористого кристалічного оксиду танталу	267
<i>Денис Ганич, Олександр Букет.</i> Електрохімічний діод: переваги і проблеми	270
<i>Наталія Глоба, Віталій Сірош, Святослав Кирилов.</i> Заряд-розрядні характеристики FeS_2 в сіль-сольватних електролітах	273
<i>Олександр Давиденко, Володимир Ледовських.</i> Електрохімічна регенерація спрацьованих олиव	276
<i>Євгенія Заверач, Олег Цех.</i> Електроосаджені нікель-мідні сплави як каталізатори окиснення метанолу у лужному середовищі	279
<i>Ганна Каракуркчі, Микола Сахненко, Марина Ведь, Андрій Горохівський.</i> Особливості плазмово-електролітичної обробки силумінів у лужних електролітах	282
<i>Vadym Kovalenko, Valerii Kotok, Aleksei Sykchin, Boris Ananchenko, Andrei Burkov, Stefano Deabate, Mehdi Ahmad, Francois Henn, Jean-Louis Bantignies, Nikolai Nikolenko.</i> Study of parameters which definite the electrochemical properties of nickel hydroxides for a hybrid supercapacitors	285
<i>Геннадій Колбасов, Ігор Русецький, Іван Слободянюк, Лариса Щербакова, Михайло Данилов, Віталій Смілик, Юрій Солонін.</i> Модифіковані електроди на основі графенових матеріалів для отримання «сонячного» водню	288

<i>Геннадій Колбасов, Віра Воробець, Світлана Обловатна, Сергій Карпенко, Наталія Смірнова, Оксана Ліннік.</i> Електродні матеріали для електрохімічного мульти-сенсора селену та кисню	291
<i>Alexandr Kravchenko, Radyslav Pantelejmonov, Katherine Pershina.</i> Effect electrolyte redox activity on thermoelectric properties of the Fe-Fe ₃ O ₄ -C electrochemical system	294
<i>Сергій Куксенко, Юрій Тарасенко.</i> Алюмінієва фольга як багатофункціональний матеріал для високоенергоємних літій-іонних акумуляторів із низькою собівартістю виготовлення	297
<i>Ярослав Курись, Денис Мазур, Олена Парійська.</i> Біфункціональні Co-N-C електрокаталізатори, що одержані з використанням спряжених полімерів, для процесів відновлення кисню та виділення водню	300
<i>Денис Мазур, Ярослав Курись, Вячеслав Кошечко, Віталій Походенко.</i> Наноконпозиційний електрокаталізатор виділення водню на основі MoS _x , полі-о-фенілендіаміну та відновленого оксиду графену	303
<i>Антоніна Майзеліс, Борис Байрачний.</i> Можливості анадної вольтамперометрії при аналізі плівок сплавів	306
<i>Віктор Малишев, Ангеліна Габ, Наталія Ускова.</i> Електрохімічне дослідження зародження кристалів карбідів молибдену та вольфраму в оксидних розплавах	309
<i>Andrii Manulov, Viktoriia Shtefan, Hanna Luchnyk, Rostyslav Pankratov.</i> Complex testing of the device for the electrochemical generation of the antiseptic	311
<i>Вадим Матвеев.</i> Закон Пейкерта. Теорія і перевірка	314
<i>Ольга Матрунчик, Альона Тульська, Світлана Дерібо, Сергій Леценко.</i> Анодні процеси в електрохімічному синтезі метансульфонової кислоти	317
<i>Лілія Молотовська, Дмитро Шахнін, Віктор Малишев, Джуліус Шустер.</i> Силіциди хрому: методи одержання та оксидаційна здатність	320
<i>Kseniia Kovalenko, Vadym Kovalenko, Valerii Kotok, Aleksei Sykchin, Boris Ananchenko, Andrei Burkov, Oleksand Baskevich, Nikolai Nikolenko.</i> Solid state mechanochemical synthesis of Ni, Ni-Co and Ni-Al hydroxide from hydrate and anhydrous precursors as an hybrid supercapacitors active substance	323
<i>Сергій Нестеренко, Леонід Банніков.</i> Дослідження розчинів миш'яково-содового сіркоочищення методом циклічної вольтамперометрії	326
<i>Володимир Оприск, Юрій Вербовицький, Віталій Штендер, Павло Лютий, Ігор Завалій.</i> Вплив елементного заміщення на електрохімічні характеристики сплавів R _{1-x} R _x 'MgNi _{1-y} Co _y (R, R' = La, Pr, Nb)	329
<i>Марина Османова, Геннадій Тульський, Лариса Ляшок, Ігор Колупаєв.</i> Електрохімічна поведінка псевдосплаву WC – Co в розчинах сульфатної кислоти	332
<i>Вадим Галагуз, Сергій Мальований, Едуард Панов.</i> Раманівська спектроскопія наноконпозиту LiFePO ₄ /C та його електрохімічні властивості	335
<i>Сергій Мальований, Едуард Панов, Вадим Галагуз, Олена Генкіна, Тамара Глушак.</i> Синтез наноконпозитів C/Fe ₃ O ₄ , C/Fe ₂ CrO ₄ , C/Li _{0.5} Fe _{1.5} CrO ₄ , C/MoO ₂ та властивості анодних матеріалів на їх основі	338
<i>Олексій Пиліпенко, Олена Андрущенко, Ольга Мизенко.</i> Одержання оксидних плівок на сплаві ВТ6 в умовах анодної поляризації у розчинах органічних кислот	341
<i>Катерина Плотнікова, Лілія Дубенська.</i> Перевірка надійності методики полярографічного визначення метронідазолу	344

<i>Юлія Погоренко, Роман Пшеничний, Тамара Павленко, Анатолій Омельчук.</i> Залежність фторид-іонної провідності від типу кристалічної структури	347
<i>Anna Kityk, Dmytro Bogdanov, Vyacheslav Protsenko.</i> Electrochemical deposition of composite Ni-TiO ₂ coatings from an electrolyte based on deep eutectic solvent	350
<i>Наталія Руденко, Юлія Желавська, Борис Байрачний.</i> Синтез водню розчиненням сплаву алюмінію (АМГ) в лужнохлоридних розчинах	353
<i>Катерина Рутковська, Володимир Байрачний, Ірина Сінкевич, Сергій Самойленко.</i> Застосування газодифузійного катода в електрохімічному синтезі гіпохлориту натрію	356
<i>Олена Парійська.</i> Со-N-C електрокаталізатори відновлення кисню на основі N-вмісних спряжених полімерів та електрохімічно одержаних графенових матеріалів	359
<i>Олег Рябокiнь, Катерина Перишина.</i> Оцінка механічних пошкоджень поверхні електродів хімічних джерел струму методом спектроскопії електрохімічного імпедансу	362
<i>Євгеній Самойлов, Василь Ларін, Сергій Шаповалов.</i> Складові термічних ефектів електрохімічної реакції	365
<i>Дмитро Сидоренко, Вадим Тютюник, Володимир Калугін, Ніна Опалева.</i> Особливості хімічного розчинення алюмінію в розчинах різного складу і технологічних параметрів процесу	368
<i>Сергій Тарасов, Олександр Буряк, Вячеслав Скосар.</i> Установка для екологічного оздоровлення прісних водних систем	371
<i>Наталія Ускова, Ангеліна Габ, Віктор Малишев, Марсель Гон-Ескар.</i> Синтез інтерметалідів нікель (кобальт) - молібден (вольфрам) електролізом оксидних розплавів	374
<i>Сергій Фоманюк, Віталій Смілик, Ігор Русецький, Геннадій Колбасов.</i> Електроосадження та фотоелектрохімічні властивості плівок $\text{BiVO}_4/\text{WO}_3$	377
<i>Євгеній Болдирєв, Сергій Фоманюк, Геннадій Колбасов.</i> Наноструктурований композитний матеріал на основі оксидних сполук хрому та молібдену, допованих літєм	380
<i>Володимир Хоменко.</i> Сучасні композиційні матеріали для високоенергоємних літєвих джерел струму	382
<i>Юрій Шматок, Наталія Глоба, Святослав Кириллов.</i> Електрохімічні характеристики Co_3O_4 як анодного матеріалу для літій-іонних та натрій-іонних акумуляторів	385
<i>Лариса Щербакова, Дмитро Кравчук, Юрій Солонін.</i> Електрохімічні і смнісні характеристики електродів на основі $\text{Ni}(\text{OH})_2$ залежно від їх структури та складу	388
<i>Оксана Герцик, Тетяна Переверзева, Мирослава Ковбуз, Ольга Єзерська, Софія Шурко, Надія Сеньків.</i> Електрохімічні характеристики модифікованих аморфних сплавів Fe-Me-(Si)B у водних розчинах з різним рН	391
<i>Марія-Олена Даниляк, Лідія Бойчишин, Василь Андрусик, Христина Хруцик, Алла Лема.</i> Дослідження корозійної стійкості АМС $\text{Fe}_{82}\text{Nb}_2\text{B}_{14}\text{RE}_2$ (RE = Y, Gd, Tb, Dy) у лужному середовищі	394
<i>Ульяна Ціко, Марія Сидорко, Михайло Яцишин, Наталія Думанчук, Алла Лема, Олександр Решетняк.</i> Електропровідні властивості композитів каолініт/поліанілін	396
<i>Мар'яна Шепіда.</i> Нанесення наноструктурованих осадів срібла на поверхню кремнію гальванічним заміщенням	399
<i>Орест Кунтий, Андрій Киця, Олена Карпенко, Артур Мазур.</i> Електрохімічний синтез "розчинів" наночастинок срібла, стабілізованих синтетичними та природними ПАР	402
<i>Артур Мазур, Галина Зозуля, Андрій Киця, Марія Мандич, Юлія Леськів, Альона Бондаренко.</i> Електрохімічне одержаних колоїдних розчинів наночастинок срібла стабілізованих поліакрилатом	405

<i>Галина Зозуля. Модифікація поверхні металів і напівпровідників наноструктурами методом гальванічного заміщення</i>	408
<i>Марія Лопачак, Лідія Бойчишин. Корозійні властивості аморфних сплавів на основі кобальту легованих Ст і Fe в 0,3% розчині натрій хлориду</i>	411
<i>Авторський покажчик</i>	413
<i>Index of Authors</i>	416

УДК 544.72 (628.349.08)

Леонід СИСА, Юрій РУДИК, Ярослав КИРИЛІВ

**ГЕТЕРОГЕННА КРИСТАЛІЗАЦІЯ З РОЗЧИНІВ ЕЛЕКТРОЛІТІВ
НА ПОВЕРХНІ АЛЮМОСИЛКАТНИХ СОРБЕНТІВ
ПІД ВПЛИВОМ МІКРОХВИЛЬОВОГО ОПРОМІНЕННЯ**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів, Україна, e-mail: teacher_leon@ukr.net*

Перспективним напрямком сучасної електрохімії є вивчення взаємодії надвисоко-кочастотного електромагнітного випромінювання (НВЧ ЕМВ, або мікрохвиль) із різними матеріалами. На даний час виявлено, що мікрохвильове випромінювання здатне в десятки і сотні разів прискорювати значну кількість хімічних реакцій, спричиняти швидке об'ємне нагрівання рідких і твердих зразків, ефективно видаляти вологу з твердих, у тім числі і з високопористих речовин, модифікувати Властивості різних сорбентів [1].

У своїх попередніх роботах автори повідомляли про покращення сорбційних характеристик природного глинистого сорбенту бентоніту після опромінення мікрохвилями суспензії на його основі. Серед іншого, досліджувався процес вилучення у такий спосіб деяких важких металів з водних розчинів [2 та ін.].

Пізніше, при детальнішому вивченні відпрацьованого (насиченого металами) бентоніту методом скануючої електронної мікроскопії (СЕМ; мікроскоп РЕММА-102-02) було виявлено, що на поверхні бентоніту утворилась значна кількість мікрочастинки нової фази (рис. 1, б), яких не було на СЕМ-фотографії нативного зразка сорбенту (рис. 1, а). Зокрема, коли як модельний розчин для вивчення процесу сорбційної очистки було використано водний розчин $ZnSO_4$, то після мікрохвильового опромінення робочої суспензії, відстоювання, відділення та висушу-

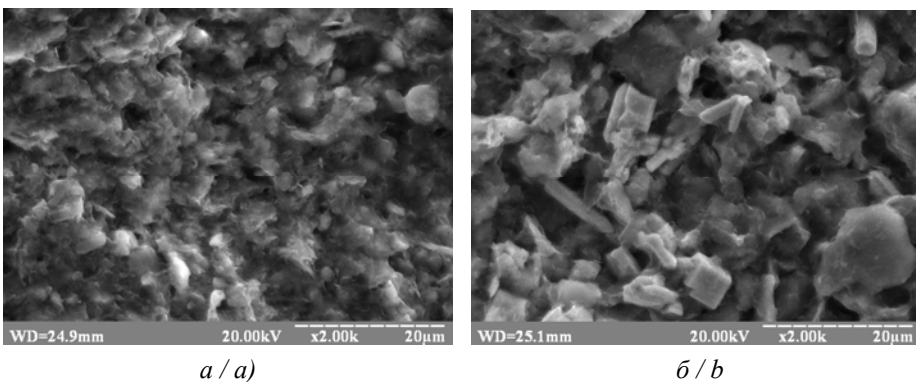


Рис. 1. Мікрофотографії зразків бентоніту: а) нативного; б) опроміненого мікрохвилями у водному розчині $ZnSO_4$

Fig. 1. Micrographs of bentonite samples: a) native; b) irradiated with microwaves in aqueous solution of $ZnSO_4$

вання бентоніту при 90 °С, на його поверхні знайдено ограничені мікрочастинки (рис. 1, б). За допомогою енергодисперсійного аналізу (ЕДА; той же мікроскоп) встановлено, що вони є індивідуальною сполукою цинку. Методом рентгенофазового аналізу порошку (РФА; дифрактометр ДРОН-3.0) виявлено, що нова фаза (мікрочастинки) – це гідратований полісилікат Цинку $Zn_4[Si_2O_7][OH]_2$.

Як відомо, центр кристалізації (зародок) – це просторова комбінація іонів, в якій відстані між центрами сусідніх іонів рівні відповідним параметрам майбутньої кристалічної решітки, а сам характер їх розташування відповідає формі майбутньої кристалічної решітки, але при цьому зв'язку між іонами відсутні. Центр кристалізації може виникнути тільки в тих мікрооб'ємах, склад і будова яких відповідають за складом і будовою структурі заново утвореної твердої речовини.

Серед теорій зародження кристалів з розчинів окреме місце займає вчення про вплив електричного та магнітного полів на цей процес. Зокрема, досить детально розроблені положення про кристалізацію неорганічних солей з водних розчинів на стаціонарних електродах під впливом постійного або змінного струму [3].

Багатьма дослідниками відмічається, що мікрохвилі спричиняють інтенсивні коливання сорбованих молекул (диполів) води. У випадку вологих алюмосилікатних сорбентів (в т.ч. глинистих) це призводить до випаровування води, а також до часткового руйнування поверхневих частин алюмосилікатного каркасу та розриву зв'язків у «сіольних» групах $\equiv Si-OH$.

Останній процес, а також гідроліз утворених при руйнуванні каркасу силікат-іонів SiO_3^{2-} , призводить до збільшення кількості «вільних» гідроксильних груп (тобто, до зростання рН розчину). Внаслідок таких перетворень зростають кількість та розміри мікропор на поверхні алюмосилікатних сорбентів, а це, у свою чергу, покращує їх сорбційні параметри [4].

На думку авторів, мікрохвильове опромінення суспензії сприяє набагато інтенсивнішому, ніж просто теплове, перемішуванню, та виникненню біля поверхні сорбенту складних фазових композицій: молекули води, сульфат-іони, гідроксид-іони, силікат-іони, іони металів. У короткі моменти часу створюються саме ті сприятливі умови, коли у певних мікрооб'ємах розчину виникає той же хімічний склад і наближена псевдокристалічна будова (метафаза), які відповідають за складом і будовою майбутній твердій речовині.

Очевидно, що з даного набору іонів найбільш ймовірним є утворення саме складних гідратованих силікатів металів. Утворення в таких умовах кристалів сульфату або гідроксиду Цинку малоімовірні (хоча такі варіанти також перевірялись за даними РФА) через значне розбавлення розчину.

Ще одним важливим фактором на користь виникнення та росту у цих умовах мікрочастинки полісилікатів Цинку є наявність у безпосередній близькості до цих мікрооб'ємів (метафази) твердої поверхні сорбенту. Кристалічні фази, які складають основу бентоніту (монтморилоніт, кварц, хлорит, гідрослюда тощо) володіють тими ж самими кристалохімічними структурними мотивами, що й майбутній полісилікат, тому цілком можуть виконувати роль своєрідної «псевдозатравки».

Не можна також виключати гіпотезу про те, що значний вклад у цей процес вносить посилення теплових коливань (фононів) «приповерхневих» іонів у структурі алюмосилікатів під дією НВЧ ЕМВ.

Враховуючи сказане вище, можна стверджувати, що енергійне перемішування мікрооб'ємів розчину солі металу узгодженими коливаннями сорбованих диполів води під дією мікрохвиль створюють енергетично вигідні фазово-іонні комбінації поблизу поверхні твердих алюмосилікатів. Така ситуація здатна значно покращити стеричний фактор для подолання енергетичного бар'єру при переході від рідкої (або псевдокристалічної) метафази до зародку повноцінного кристалу полісилікату металу.

Цей факт може мати реальне практичне застосування. Зокрема, сорбційне вилучення іонів важких металів з водних розчинів (наприклад, очистка стічних вод) під впливом мікрохвильового опромінення може відбуватись не тільки за схемами моно- або полішарової адсорбції, а й одночасної кристалізації складних солей цих металів на поверхні алюмосилікатного сорбенту.

1. Бердоносів С.С., Бердоносова Д.Г., Знаменська І.В. Мікрохвильове излучение в химической практике // Хим. технология. – 2000. – № 3. – С. 2–8.
2. Суса Л. В., Рудик Ю. І., Концур А. З. Аналіз ізотерм адсорбції іонів цинку на бентоніті після обробки його надвисокочастотним випромінюванням // Екологічна безпека. – 2017. – № 2 (24). – С. 45–51.
3. Chiang Pen-Pon and Donohue M. D. A kinetic approach to crystallization from ionic solution. I. Crystal growth // J. Colloid. Interface Sci. – 1988. – Vol. 122, Is. 1. – P. 230–250.
4. Surendra B.S., Veerabhadraswamy M., Anil kumar H.G., Kendagannaswamy B.K., Nagaswarupa H.P., Prashanth S.C. Microwave assisted physico-chemical modification of Bentonite clay: characterization and photocatalytic activity // Materials Today: Proceedings. – 2017. – Vol. 4. – P. 11727–11736.

Leonid Sysa, Yuriy Rudyk, Yaroslav Kyryliv

HETEROGENEOUS CRYSTALLIZATION FROM ELECTROLYTES ON THE SURFACE OF ALUMINOUS SORBENTS ON INFLUENCE OF MICROWAVE IRRADIATION

*Lviv State University of Life Safety
vul. Kleparivska, 35, Lviv, 79007, Ukraine. E-mail: teacher_leon@ukr.net*

The effects of microwaves treatment of an aqueous suspension of clay sorbent bentonite with a model solution of zinc sulfate are studied. The microstructure of the surface of bentonite after sorption cleaning was studied by scanning electron microscopy, energy dispersive and X-ray phase analysis. It is shown that the microcrystals formed on the surface of the sorbent are complex hydrated zinc polysilicate. A possible mechanism for the formation of crystal nuclei under the action of microwaves is proposed.

Key words: microwaves, electrolytes, heterogeneous crystallization, aluminous sorbents

Наукове видання

**VIII Український з'їзд з електрохімії та
VI Науково-практичний семінар студентів, аспірантів і молодих
учених «Прикладні аспекти електрохімічного аналізу»,
присвячені 100-річчю Національної академії наук України
(Львів, 4–7 червня 2018 року):
Збірник наукових праць : в 2-х частинах**

Частина 1

Підписано до друку 11.05.2018 р.
Формат 70×100 $\frac{1}{16}$. Папір офсетний №1.
Умовн. друк. арк. 15,28. Обл.-вид. арк. 11,84.
Тираж 120. Замовлення 05-01/18

Львівський національний університет імені Івана Франка,
Хімічний факультет
79005 Львів, вул. Кирила і Мефодія, 6

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського
Національної академії наук України
03142 Київ, просп. Академіка Палладіна, 32/34

Видруковано в Дослідно-видавничому центрі
Наукового товариства ім. Шевченка
79008 Львів, вул. Винниченка, 26