

**Міністерство освіти і науки України
ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти»
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Гірничо-металургійний інститут Таджикистану
Киргизький національний університет імені Ж. Баласагіна
Південно-Казахстанський державний університет імені М. Ауєзова**



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

**XI Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та
молодих учених**

«ХІМІЯ І СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

ТОМ I

*06-07 грудня 2023 р.
м. Дніпро, Україна*

**УДК 54(06)
X 46**

*Друкується за рішенням Вченої Ради ДВНЗ УДХТУ
(протокол № 14 від 30.11.2023 р.)*

ISBN 978-617-8234-14-0

ХІ Міжнародна науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія і сучасні технології» / тези доповідей, 06-07 грудня. – У 6-и томах. – Т. І. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ. – 2023. – 116 с.

Режим доступу: <https://udhtu.edu.ua/viddil-ndrs/studentskinaukovizahodu>

В збірнику надані тези доповідей ХІ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія і сучасні технології», присвяченої вирішенню сучасних фундаментальних, теоретичних і практичних проблем в області неорганічної, фізичної, аналітичної хімії, технології неорганічних речовин, гібридних і наноматеріалів, технології води та промислової екології.

Збірник розрахований для використання робітниками хімічної промисловості, науковими співробітниками, аспірантами та студентами спеціальностей хімічного профілю.

УДК 54(06)

ISBN 978-617-8234-14-0

© ДВНЗ УДХТУ

ПРОГРАМНИЙ НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова комітету:

Сухий К.М., д.т.н., професор, в.о. ректора Українського державного університету науки і технологій

Члени комітету:

Зайчук О.В., д.т.н., професор, голова комісії з реорганізації ДВНЗ УДХТУ, перший проректор Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

Рижова О.П., д.т.н., професор, заступник голови з реорганізації ДВНЗ УДХТУ, проректор з науково-педагогічної роботи Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

Харченко О.В., д.х.н., професор, помічник ректора з наукової роботи Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

Азізов Р.О., д.т.н., професор, Таджицький технічний університет ім. академіка М.С. Осімі (Таджикистан)

Разиков З.А., д.т.н., професор кафедри екології Гірничо-металургійного інституту (Бустон, Таджикистан)

Саримзакова Р.К., д.х.н., професор, завідувач кафедри органічної хімії та освітніх технологій Киргизького національного університету ім. Ж. Баласагіна (Киргизстан)

Жекєєв М.К., д.т.н., професор кафедри хімічної технології неорганічних речовин Південно-Казахстанського державного університету ім. М. Ауезова, завідувач лабораторії «Проблеми екології» НДІ «Екологія та біотехнологія» (Шимкент, Казахстан)

Ратнавіра Харша, Dr.Ing., професор Норвезького університету природничих наук (Осло, Норвегія), Віце-президент Європейської Водної Асоціації, засновник та голова компанії DOSCON AS

Варгалюк В.Ф., д.х.н., заслужений діяч науки і техніки України, академік Академії вищої освіти України, професор кафедри фізичної, органічної та неорганічної хімії Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (Дніпро, Україна)

Коптєва С.Д., к.х.н., доцент, декан хімічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (Дніпро, Україна)

Вчений секретар наукового комітету:

Скиба М.І., д.т.н., професор кафедри технології неорганічних речовин та екології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

THE SCIENTIFIC COMMITTEE OF THE CONFERENCE

Committee Chairman:

K.M. Sukhyi, Doctor of Technical Sciences, Professor, acting Rector of the Ukrainian State University of Science and Technology

Committee members:

O.V. Zaichuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Commission for the Reorganization of SHEI USUCT, First Vice-Rector of the State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology" (Dnipro, Ukraine)

O.P. Ryzhova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Chairman for the Reorganization of SHEI USUCT, Vice-rector for scientific and pedagogical work of the State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology" (Dnipro, Ukraine)

O.V. Kharchenko, Doctor of Chemistry, Professor, Assistant to the Rector for Scientific Work of the State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology" (Dnipro, Ukraine)

R.O. Azizov, Doctor of Technical Sciences, Professor of Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi (Tajikistan)

Z.A. Razikov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan (Buston, Tajikistan)

R.K. Sarymzakova, Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of Organic Chemistry and Educational Technologies of Kyrgyz National University after J. Balasagina (Kyrgyzstan)

M.K. Zhekeiev, Doctor of Technical Sciences, Professor of South Kazakhstan State University named after M. Auezov, head of the laboratory "Problems of Ecology" of the Research Institute of Ecology and Biotechnology (Shymkent, Kazakhstan)

H. Ratnavira, Dr.Ing., Professor, Norwegian University of Natural Sciences (Oslo, Norway), Vice-President of the European Water Association, founder and chairman of DOSCON AS

V.F. Varhaliuk, Doctor of Chemistry, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Academician of the Academy of Higher Education of Ukraine, Professor of the Department of Physical, Organic and Inorganic Chemistry of Oles Honchar Dnipro National University (Dnipro, Ukraine)

S.D. Koptieva, Ph.D., Associate Professor Dean of the Faculty of Chemistry of Oles Honchar Dnipro National University (Dnipro, Ukraine)

Scientific Secretary of the Scientific Committee:

M.I. Skyba, Doctor of Technical Sciences, Professor, of the Department of Technology of Inorganic Substances and Ecology of the State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology" (Dnipro, Ukraine)

ЗМІСТ

НЕОРГАНІЧНА, ФІЗИЧНА Й АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

INORGANIC, PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMISTRY

FORMATION AND STABILITY OF HETEROMETAL COMPLEXES CO(III)-NI(II) WITH AMINO ALCOHOLS IN METHANOL SOLUTIONS <i>Kuzevanova I.S., Zulfigarov A.O, Potaskalov V.A., Vlasenko N.E, Kovalenko I.V., Andriiko A.A.</i>	13
STUDY OF THE EMISSION OF HYPOCHLOROUS ACID FROM SODIUM HYPOCHLORITE SOLUTIONS INTO THE AIR <i>Murashevych B., Lebed O., Buzhanska P.</i>	14
РОЗРАХУНОК ТЕРМОДИНАМІЧНОГО ДОБУТКУ РОЗЧИННОСТІ ДИГІДРАТУ СУЛЬФАТУ КАЛЬЦІЮ <i>Гаєвський В.Р.</i>	16
ІДЕНТИФІКАЦІЯ, ХІМІЧНИЙ СКЛАД ТА АНТИБАКТЕРІАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ЕТАНОЛЬНИХ ЕКСТРАКТІВ САМШИТУ ВІЧНОЗЕЛЕНОГО <i>Давиденко П.О., Кулішенко О.М., Боровик І.М., Зажарський В.В.....</i>	18
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ Е 110 У САШЕ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЗАСТУДИ <i>Дмухайло А.В., Король Р.О., Трухим М.В., Ольшанецька Ю.В., Дубенська Л.О.</i>	20
СОЛЬВАТОХРОМНІ ВЛАСТИВОСТІ НІЛЬСЬКОГО ЧЕРВОНОГО. СПІВСТАВЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ <i>Іванов В.В., Христенко І.В.....</i>	22
ФІЗИКО-ХІМІЧНЕ ПІДГРУНТЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ФОТОКАТАЛІТИЧНИХ КОНВЕРТОРІВ <i>Індигов С.М., Сахненко М.Д., Майба М.В.</i>	23
ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ДЕСТРУКЦІЯ ПОХІДНИХ ФЕНОКСИОЦТОВОЇ КИСЛОТИ <i>Книш В.О., Velichenko Yu.O., Шмичкова О.Б., Лук'яненко Т.В.....</i>	25
ПІДБІР ТА ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ОДНОЧАСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОФІЛЬНИХ ГЕРБІЦИДІВ ГРУПИ ПІКОЛІНОВОЇ КИСЛОТИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПАРАМЕТРУ ГІЛЬДЕБРАНДА <i>Крулікевич М.М., Чубірка Є.М., Дзьоба І.Р.</i>	27

СИНТЕЗ ТА ВИВЧЕННЯ 4f-ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ КОМПЛЕКСІВ ЕДТА-ПОХІДНИХ ТЕТРАФЕНІЛПОРФІРИНУ З ЛАНТАНІДАМИ <i>Лінник В.В., Семенішин М.М.</i>	29
СИНТЕЗ І КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА СОЛЕЙ З ІЗОПОЛІ- ([W ₁₂ O ₄₀ (OH) ₂] ¹⁰⁻) ТА ГЕТЕРОПОЛІ- ([LN(W ₅ O ₁₈) ₂] ⁹⁻) АНІОНАМИ <i>Марійчак О.Ю., Розанцев Г.М., Радіо С.В.</i>	30
ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ АНОДНЕ ОБРОБЛЕННЯ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКАХ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛЕВОЇ ПОВЕРХНІ <i>Махота Д.О., Яковенко О.О., Бутиріна Т.Є., Кітик А.А., Проценко В.С...</i>	32
ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВОК СПРЯЖЕНИХ ПОЛІАМІНОАРЕНІВ <i>Мосейчук Т.О., Мартинюк Г.В., Яцков М.В.</i>	33
ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ЕКСТРАКТИВНИХ РЕЧОВИН У НАСТОЙКАХ РОСЛИН РОДУ TAGETES <i>Постол М.В.</i>	34
ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОБАЛЬТОВИХ АМОΡФНИХ СПЛАВІВ У ЛУЖНИХ РОЗЧИНАХ <i>Слободний В.А., Столярчук М.Р., Герцик О.М., Пандяк Н.Л.</i>	35
ЕЛЕКТРОЛІТИЧНЕ ОСАДЖЕННЯ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ <i>Сухацький О.Д., Боброва Л.С., Бутиріна Т.Є., Проценко В.С.</i>	36
ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРИ НА ОСНОВІ СУБОКСИДІВ ТИТАНУ <i>Ткаченко О.І., Книш В.О., Шмичкова О.Б., Лук'яненко Т.В.</i>	38
ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗОВМІСНОГО КОАГУЛЯНТУ З ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ БОКСИТІВ МЕТОДОМ БАЙЄРА <i>Фартосюк Т.В., Кузьменко А.В.</i>	40
СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КРЕМНЕЗЕМНИХ МАТЕРІАЛІВ, МОДИФІКОВАНИХ ФОСФОНОВИМИ ГРУППАМИ <i>Христенко І.В., Орлова О.О.</i>	41
ХІМІКО-АНАЛІТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІФУНКЦІОНАЛЬНОГО РЕАГЕНТУ 8-ГІДРОКСИХІНОЛІН-АЗО-ФЕНІЛБОРОНАТУ <i>Чонтош Т.О., Фершал М.В., Магада Є.Ю.</i>	42
НОВИЙ ХЕМОСЕНСОР ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФЕРУМУ <i>Юрченко О.М., Кормош Ж.О., Супрунович С.В., Власюк А.В.</i>	44

ТЕХНОЛОГІЇ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН, ГІБРИДНИХ І НАНОМАТЕРІАЛІВ, ТЕХНОЛОГІЯ ВОДИ ТА ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ

INORGANIC SUBSTANCES, HYBRID AND NANOMATERIAL TECHNOLOGY, WATER TECHNOLOGY AND INDUSTRIAL ECOLOGY

CARBONATE SYSTEM BEHAVIOR IN THE DENITRIFYING BIOFILTER <i>Gevod V.S., Borysov I.A.</i>	49
MATERIALS FUNCTIONALIZATION (TITANIUM (IV) OXIDE MODIFIED BY DOPING METAL NANOPARTICLES) FOR DEGRADATION OF EMERGING CONTAMINANTS INCLUDING PHARMACEUTICAL POLLUTANTS <i>Skiba M.I., Kovalenko I.L., Zaluzhnyi D.S., Skyba Y.M., Bila A.F.</i>	50
TECHNOLOGICAL SCHEME OF GALVANIC WASTEWATER TREATMENT <i>Fedenko Yu.M., Synitska V.V.</i>	52
RESEARCH ON DRINKING WATER QUALITY: EMPHASIS ON THE IMPORTANCE OF WATER HARDNESS <i>Razykov Z.A., Hojiboev D.D., Hojiboev S.K., Qalandarbekov I.I.</i>	53
ADAPTING TO CHANGE IN WATER RESOURCES MANAGEMENT AMIDST CLIMATE CHALLENGES <i>Valiyeva M.N., Hojiboev D.D.</i>	55
A VBA-BASED SOFTWARE DEVELOPMENT FOR DETERMINATION OF THE CHEMICAL REACTION ORDER BY EXPERIMENTAL DATA <i>Zientsova V.V., Bondarenko S.G., Shakhnovsky A.M.</i>	57
CYCLIC USE OF RESOURCES IN TEXTILE DYEING TECHNOLOGY <i>Koval M.G.</i>	59
СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ПЛІВОК ХАЛЬКОГЕНІДІВ ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИСТРОЇВ <i>Аміруллоєв Р.С., Скнар Ю.Є., Аміруллоєва Н. В., Скнар І.В.</i>	61
ПРОБЛЕМИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД В УКРАЇНІ ТА ЇХ ВИРІШЕННЯ <i>Архипова В.В., Макарова Т.К.</i>	62
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РІДИНОФАЗНОГО СИНТЕЗУ КАРБОНАМОНІЙНИХ СОЛЕЙ БЕЗПЕРЕРВНИМ МЕТОДОМ <i>Барінов І.Ю., Іванченко Л.В., Кожухар В.Я.</i>	64

МЕТОДИ ЗАЛУЧЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ТОНКОДИСПЕРСНИХ ФРАКЦІЙ В ПРОЦЕСАХ ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ ТА ОГРУДКУВАННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ <i>Болгар Д.М., Дегтярьов В.Л., Коваленко І.Л.</i>	65
ДЕЯКІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗМУ СИЛАНІЗАЦІЇ ПОВЕРХНІ СКЛОВУГЛЕЦЕВОГО ЕЛЕКТРОДУ <i>Бохан Ю.В.</i>	67
ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ ПОКРИВИ ВАНАДІЙВМІСНИМИ СПЛАВАМИ <i>Горохівська Н.В., Сахненко М.Д., Фоміна Л.П.</i>	69
ПЕРСПЕКТИВИ ВИЛУЧЕННЯ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ <i>Гуменна В.В., Хлопицький О.О., Коваленко І.Л.</i>	71
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ НІКОЛУ <i>Гнатів В.М., Гелеш А.Б., Мудриниць П.М.</i>	72
ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ДНІПРО ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ WEAP <i>Груздєва О.В., Крячков Д.О., Димура О.В.</i>	73
ЕМУЛЬГАТОРИ НА ОСНОВІ ПРОДУКТІВ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛІГЛІЦЕРИНУ ТА ЖИРНИХ КИСЛОТ <i>Дегтярьов В.Л., Болгар Д.М., Коваленко І.Л.</i>	75
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД <i>Демчук Б.Д., Демчук І.М.</i>	77
КАВІТАЦІЙНІ МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ПОБУТОВО-ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД <i>Демчук І.М., Демчук Б.Д., Столяренко Г.С.</i>	78
ПЕРЕДОВІ ПРОЦЕСИ ОКИСНЕННЯ НА ОСНОВІ КАЛІЮ ПЕРІОДАТУ І НАТРІЮ ПЕРКАРБОНАТУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ ВІД N-ВМІСНИХ ОРГАНІЧНИХ ПОЛЮТАНТІВ <i>Дмитренко Т.С., Цимбалюк В.В., Сухацький Ю.В.</i>	79
ОКИСНЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТУ ПАРОВОЮ НІТРАТНОЇ КИСЛОТИ: ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ ТА КВАНТОВО-ХІМІЧНИЙ ПІДХІД <i>Захарова Ю. І., Захарова О.І.</i>	81
ОЧИЩЕННЯ ВОДИ КОАГУЛЯНТАМИ НА ОСНОВІ АЛЮМІНАТУ НАТРІЮ <i>Кириченко Е.В., Смотраєв Р.В., Сухий М.К., Нефедов В.Г., Матвєєв В.В.</i>	83

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ НАНОЧАСТИНОК МІДІ ПРИМІСНИХ МЕТАЛІВ ПРИ ЕЛЕКТРОРАФІНІРУВАННІ МІДІ <i>Кічьова М.Є., Муратов Н.Н., Іванченко Л.В.</i>	85
ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ З УРАХУВАННЯМ ЗДІЙСНЕННЯ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ВІДВАЛАХ РОЗКРИВНИХ ПОРІД <i>Ковальова Л.С., Максимова Н.М., Петрушина Г.О.</i>	86
ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ПЕРЕРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗЧИНІВ КИСЛОТ ТА ЛУГІВ <i>Корчик Н.М., Мисіна О.І., Сахно Н.М., Панасюк В.А.</i>	87
ПЕРСПЕКТИВИ ВИЛУЧЕННЯ АЛЮМІНІЮ ТА КРЕМНІЮ ІЗ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ <i>Кудряшова К.О., Хлопицький О.О., Макарченко Н.П.</i>	89
СЕЛЕКТИВНЕ ВИЛУЧЕННЯ НІКЕЛЮ З ЛОМУ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ <i>Кузнецов М.В., Скнар Ю.Є., Кожура О.В., Скнар І.В.</i>	90
КОМБІНОВАНА ПЕРЕРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ЛОМУ З ОТРИМАННЯМ ВИСОКОЧИСТОГО ОЛОВА <i>Кучер В.М., Скнар Ю.Є., Скнар І.В.</i>	91
МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ <i>Литвиненко К.М., Климова Н.А., Хлопицький О.О., Макарченко Н.П., Фролова Л.А.</i>	92
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ <i>Михальченко І.В., Климова Н.А., Савченко М.О., Хлопицький О.О., Фролова Л.А.</i>	93
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД М.РІВНЕ <i>Мінаєва Н.Л., Котигорох В.В.</i>	94
УДОСКОНАЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ УСТАНОВОК ОЧИЩЕННЯ ВОДИ <i>Мітюк М.О., Косогіна І.В.</i>	95
РОЗРОБЛЕННЯ КОАГУЛЯНТА КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЯВИЩА КАВІТАЦІЇ <i>Мороз О.М., Знак З.О., Мних Р.В.</i>	96
ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ ВОДИ НА ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИХ ФІЛЬТРАХ ДЛЯ ПИТНИХ ЦІЛЕЙ <i>Новік Б.О., Куницький С.О.</i>	97

МОДЕРНІЗАЦІЯ СХЕМИ КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІМІНЕРАЛЬНИХ РУД <i>Пігалєв Д., Іванченко Л.В., Брем В.В.</i>	99
ВИВЧЕННЯ ФЛОКУЛЯЦІЇ СУСПЕНЗІЙ КОМПОЗИЦІЯМИ ПРИРОДНИХ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК <i>Пуріч А.Д., Тимчук А.Ф.</i>	100
СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АКТИВОВАНОГО ВУГЛЕЦЕВОГО МАТЕРІАЛУ ОТРИМАНОГО ІЗ ФРУКТОВИХ КІСТОЧОК <i>Рачій Н.В.</i>	101
ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОКАТАЛІТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФУРУМ(III) ОКСИДУ В РЕАКЦІЇ ДЕСТРУКЦІЇ ФУРАЦИЛІНУ <i>Родін Д.О., Нікітін М.О., Бутиріна Т.Є., Фролова Л.А.</i>	102
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ $Cu_S_H_O$ <i>Савченко М.О., Мисов О.П.</i>	103
ВИЛУЧЕННЯ ФОСФАТІВ ІЗ МОДЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ ПРИРОДНИМИ АДСОРБЕНТАМИ <i>Середа Ю.О., Воронов В.В., Іванченко А.В.</i>	104
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДИ <i>Скомороха Н.В., Власенко Н.Є., Зульфїгаров А.О., Коваленко І.В.</i>	105
QSPR АНАЛІЗ ЛІПОФІЛЬНОСТІ НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА З ОРГАНІЧНОЮ ОБОЛОНКОЮ <i>Стельмах С.І.</i>	107
ВЛАСТИВОСТІ ДІАФРАГМОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДНИХ ПРОСТОРІВ В ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ <i>Сухий М.К., Нефедов В.Г., Матвєєв В.В., Поліщук Ю.В.</i>	109
НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВТОРИННОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ В ПРОМИСЛОВOSTІ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ РЕАГЕНТІВ В УКРАЇНІ <i>Федін В.М., Трус І.М., Скиба М.І., Гомеля М.Д.</i>	111
КІНЕТИЧНА МОДЕЛЬ КИСЛОТНОГО ВИЛУГОВУВАННЯ ВІДНОВЛЕНОГО САМОТКАНСЬКОГО ІЛЬМЕНІТУ <i>Цибуля Є.О., Кожура Р.О., Ярошенко В.С., Кожура О.В.</i>	113
ДОСЛІДЖЕННЯ КАТАЛІТИЧНОГО ФІЛЬТРУЮЧОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ В ПРОЦЕСАХ ВИДАЛЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ЗАЛІЗА <i>Якименко І.К., Солодовнік Т.В.</i>	115

**НЕОРГАНІЧНА, ФІЗИЧНА Й
АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

**INORGANIC, PHYSICAL AND
ANALYTICAL CHEMISTRY**

FORMATION AND STABILITY OF HETEROMETAL COMPLEXES Co(III)-Ni(II) WITH AMINO ALCOHOLS IN METHANOL SOLUTIONS

Kuzevanova I.S., Zulfigarov A.O, Potaskalov V.A., Vlasenko N.E,

Kovalenko I.V., Andriiko A. A.

e-mail: kuzevanova2009@ukr.net

National technical university of Ukraine

«Igor Sikorskyi Kyiv Polytechnic Institute»,

Ukraine, Kyiv

The preparation of electrocatalysts consists in the deposition of heterometallic polynuclear complex compounds Co(III)-Ni(II) from amino alcohol complexes on the surface of carbon materials by adsorption from alcohol solutions. The reactions of heterometal complexes can vary depending on the specific metals and ligands involved $Ni^{2+} + 2L \rightleftharpoons [Ni(L)_2]$ (1)

Where the symbol L denotes VKK with partially deprotonated amino alcohol molecules Co(Etm)₃, Co(DetmHDetm) and Co(H₂TetmHTetm). VKK is a specific type of ligands for Ni²⁺ ions. According to calculations (1), the Ni coordination unit is a flat quadrangle with four bridging oxygen atoms. After thermal decomposition, NiCo₂O₄ nanoparticles are formed, which have catalytic activity. Thus obtained, the dependency F(L) was approximated by polynomial function and the available complexes and their stability constants were calculated from the polynomial coefficients. Such approximations are shown in Fig. 1.

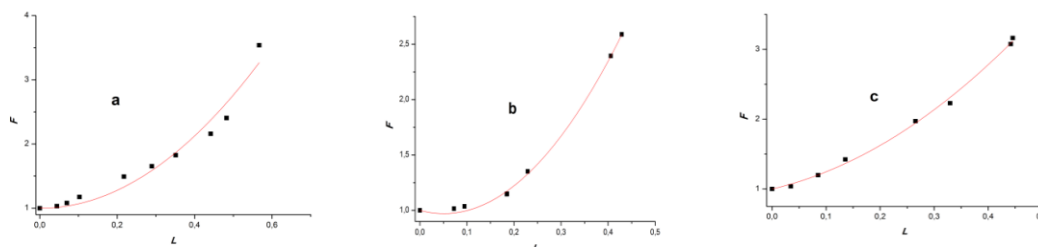


Figure 1 – Approximation by polynomial function $F(L) = 1 + aL + bL^2$:
(a) - Ni²⁺ - [Co(Etm)₃]; (b) - Ni²⁺ - [Co(DetmHDetm)] and
(c) - Ni²⁺ - [Co(H₂TetmHTetm)]. The coefficients a of the polynomial function are insignificant for systems (a) and (b) The stability constants are presented in Table 1

Table 1. Formation constants of heterometal complexes NiL (β₁) and NiL₂ (β₂)

Ligands	β ₁ *10 ⁻²	β ₂ *10 ⁻⁴
HEtm	-	7.10±1.46
H ₂ Detm	-	11.30±0.37
H ₃ Tetm	1.79±0.29	6.65±0.72

References:

1. Zulfigarov, A.O., Potaskalov, V.A. & Andriiko, A.A. The structure and thermal decay of the triangular complex molecules 2Co(+³):Ni(+²) with ethanolamines. Ukrainian Chemical Journal, 2016, 82(7), 46-53.

STUDY OF THE EMISSION OF HYPOCHLOROUS ACID FROM SODIUM HYPOCHLORITE SOLUTIONS INTO THE AIR

¹Murashevych B., ² Lebed O., ¹Buzhanska P.

e-mail: murashevych.b@gmail.com

¹*Dnipro State Medical University,
Ukraine, Dnipro*

² *Ukrainian State University of Chemical Technology,
Ukraine, Dnipro*

In the context of the events caused by the COVID-19 pandemic, the development of new effective systems for disinfection of premises in order to prevent outbreaks of infectious diseases, especially those transmitted by an aerogenic mechanism, has acquired special importance [1]. A promising solution in this aspect is to fill the premise with a chemical microbiocidal agent, which would allow to quickly neutralize pathogens, including those released into the air by an infected person. Obviously, in an ideal case, such an agent should be non-toxic for use directly in the presence of people, and should not accumulate indoors.

These requirements are met by hypochlorous acid, which, due to its oxidizing properties, has a wide spectrum of microbiocidal action, does not cause microbial resistance, and has low toxicity, including inhalation [2], in the applied effective concentrations. Currently, hypochlorous acid is widely used for sanitary and hygienic treatment of surfaces as a disinfectant, in decontamination chambers and tunnels, as well as in medicine as antiseptic, for the treatment of respiratory tract infections, and even as an infusion detoxifying agent [3]. But the existing technologies of its use for the air treatment consist exclusively of administrating it into the air in the form of an aerosol. This has certain risks, in particular, due to the corrosive activity of such aerosols for electrical equipment. Therefore, it is promising to administrate hypochlorous acid into the air not in aerosol, but in the vapor form. In this work, we investigated the influence of various chemical and technological factors on the gaseous hypochlorous acid emission process from electrochemically synthesized solutions of sodium hypochlorite into the air.

The scheme for studying this process was organized as follows: a carrier gas (air or nitrogen) with controlled temperature and CO₂ content was being bubbled via electroaspirator at a known volumetric rate through the Drexel bottle with a ceramic bubbler filled with the working sodium hypochlorite solution with the predetermined pH, active chlorine concentration, temperature and salinity (concentration of the background electrolyte – sodium chloride). In this bottle, the air saturates with gaseous hypochlorous acid. Then, the air passed through a cascade of Drexel bottles with taurine absorbing solution, in which N-chlorotaurine - a non-volatile and convenient for further analysis chlorine-active compound - was instantly formed. The content of active chlorine in the

absorption solution was being determined photometrically using the eXactMicro 20 photometer (DPD-4 method).

It was established that the use of the taurine solution allows complete absorption of all the active chlorine contained in the air, so that its content can be accurately determined, in contrast to the use of standard buffers or potassium iodide solution. The only limitation is the decrease in the stability of the N-chlorotaurine formed when the pH drops below 4.0, which is easily avoided by timely replacement of the absorbing solution.

It was found that the content of hypochlorous acid in the air, as expected, depends mainly on its content in the solution. In turn, the concentration of hypochlorous acid in the working solution depends on the total concentration of active chlorine and on the pH. The ratio between the concentration of hypochlorous acid in the air and in the solution is almost completely consistent. Thus, the content of active chlorine in the air bubbled through a solution with pH 5.50 (corresponding to 100% hypochlorous acid) is 2 times higher than that for a solution with pH 7.50 (when the solution contains 50% volatile hypochlorous acid and 50% non-volatile sodium hypochlorite). When air with a CO₂ content of about 400-800 ppm was bubbled through the base working solution of sodium hypochlorite, the pH of the latter decreases from 9.50 to approximately 8.40 and then remains constant for a long time, which is explained by the formation of a hypochlorite buffer mixture. When the carrier gas is bubbled through a solution with a pH of 7.50, its acidity practically does not change. At a stable pH of the working solution, the emission of active chlorine into the air occurs gradually and uniformly for a long time (up to 4 hours).

The maximum concentration of hypochlorous acid in the air, reached under the conditions of the given experiment, is about 57 mg/m³, and when using the electrochemically synthesized sodium hypochlorite with a concentration of about 1000 mg/l and a pH of about 9.50 as a working solution - about 6 mg/m³. Even in the latter case, the survival of pathogenic microorganisms in treated air is impossible.

References:

1. Prajapati P, Desai H, Chandarana C (2022) Hand sanitizers as a preventive measure in COVID-19 pandemic, its characteristics, and harmful effects: A Review. J Egypt Public Health Assoc. doi: 10.1186/s42506-021-00094-x
2. Murashevych B, Girenko D, Maslak H, Stepanskyi D, Abrahimova O, Netronina O, Zhminko P (2021) Acute inhalation toxicity of aerosolized electrochemically generated solution of sodium hypochlorite. Inhal Toxicol 34:1–13. doi: 10.1080/08958378.2021.2013348
3. Nguyen K, Bui D, Hashemi M, Hocking DM, Mendis P, Strugnell RA, Dharmage SC (2021) The potential use of hypochlorous acid and a smart prefabricated sanitising chamber to reduce occupation-related COVID-19 exposure. Risk Managt Healthc Policy 14: 247–252. doi: 10.2147/rmhp.s284897

РОЗРАХУНОК ТЕРМОДИНАМІЧНОГО ДОБУТКУ РОЗЧИННОСТІ ДИГІДРАТУ СУЛЬФАТУ КАЛЬЦІЮ

Гаєвський В.Р.

e-mail: v.r.haievskyi@nuwm.edu.ua

*НУВГП «Національний університет водного господарства та природокористування»,
Україна, Рівне*

Відкладення сульфату кальцію у різних його модифікаціях (дигідрат, гемігидрат і ангідрид) є одними із найбільш розповсюджених у природі і промисловості [1]. При дослідженнях відкладень, часто виникає потреба використання термодинамічного добутку розчинності. Що стосується дигідрату сульфату кальцію, то в науково-технічній [2] та у довідниковій літературі [3, 4] значення термодинамічного добутку розчинності може відрізнятись у декілька разів. Таким чином теоретичний розрахунок термодинамічного добутку розчинності дигідрату сульфату кальцію має вагомe значення як у техніко-технологічних галузях так і у фундаментальних наукових дослідженнях.

Для визначення термодинамічного добутку дигідрату сульфату кальцію ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) K_{sp} використаємо значення розчинності $s = 2,09 \text{ г/дм}^3$ при 25°C [5]. Якщо розчин $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, перебуває у рівновазі з його твердою фазою та атмосферою, то можемо записати рівняння балансів мас для іонів Ca^{2+} та SO_4^{2-}

$$(C_{\text{Ca}^{2+}})_0 = C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{CaSO}_4^0} + C_{\text{Ca}^{2+}\text{L}}, \quad (1)$$

$$(C_{\text{SO}_4^{2-}})_0 = C_{\text{SO}_4^{2-}} + C_{\text{CaSO}_4^0} + C_{\text{LSO}_4^{2-}}, \quad (2)$$

де $C_{\text{Ca}^{2+}\text{L}}$ і $C_{\text{LSO}_4^{2-}}$ – концентрації іонних та нейтральних комплексів на базі іонів Ca^{2+} та SO_4^{2-} , що утворюються у водному середовищі за винятком комплексу CaSO_4^0 . Приймавши $C_{\text{LSO}_4^{2-}} \approx 0$, $C_{\text{Ca}^{2+}\text{L}} \approx 0$ і врахувавши, що

$$C_{\text{CaSO}_4^0} = K_1 \cdot C_{\text{Ca}^{2+}} \cdot C_{\text{SO}_4^{2-}},$$

рівняння (1) і (2) запишемо у вигляді

$$(C_{\text{Ca}^{2+}})_0 = C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{CaSO}_4^0} = C_{\text{Ca}^{2+}} + K \cdot C_{\text{Ca}^{2+}} \cdot C_{\text{SO}_4^{2-}} \quad (3)$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = C_{\text{SO}_4^{2-}}. \quad (4)$$

Із рівнянь (3) і (4), враховуючи, що $\mu_{\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 172.17 \text{ г/моль}$ отримаємо $(C_{\text{Ca}^{2+}})_0 = s/\mu = 12,14 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3$. Також, враховуючи, що $K = 204,174 (\text{моль/дм}^3)^{-1}$, розв'язок системи (3) і (4) дає величину концентрації іонів Ca^{2+} та SO_4^{2-} за умовою їх рівності $C_{\text{Ca}^{2+}} = C_{\text{SO}_4^{2-}} = 5,64 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3$. Значення концентрацій іонів Ca^{2+} та SO_4^{2-} дозволяють визначити концентраційний добуток розчинності, що рівний

$$C_{\text{Ca}^{2+}} C_{\text{SO}_4^{2-}} = (5,64 \cdot 10^{-3})^2 = 3,18 \cdot 10^{-5} (\text{моль/дм}^3)^2.$$

Відмітимо, що отримана величина відрізняється від значення $3,14 \cdot 10^{-5} (\text{моль/дм}^3)^2$, наведеного в [5] на 1,27%, що підтверджує коректний підхід до даного розрахунку. Щоб розрахувати термодинамічний добуток розчинності, визначаємо коефіцієнти активності іонів Ca^{2+} і SO_4^{2-} для насиченого розчину $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ з іонною силою $I = 2,229 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3$. Активність компонентів розраховуємо за співвідношенням:

$$a = C \cdot \gamma, \quad (5)$$

де γ – коефіцієнт активності, який розраховується за модифікованим рівнянням Дебая-Гюккеля (2-ге наближення) у формі рівняння Девіса [6]:

$$\lg(\gamma) = -Z^2 \cdot \left[\frac{0,511 \cdot \sqrt{\mu}}{1 + 1,5 \cdot \sqrt{\mu}} - 0,2 \cdot \mu \right], \quad (6)$$

де Z – заряд іона; μ – іонна сила розчину, що визначається:

$$\mu = 0,5 \cdot \sum_{i=1}^N C_i \cdot Z_i^2. \quad (7)$$

Коефіцієнти активностей, розраховані за (6) і (7) мають значення $\gamma_{\text{Ca}^{2+}} = 0,581$, $\gamma_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,556$. Величину термодинамічного добутку розчинності $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ визначаємо за формулою,

$$K_{\text{sp}} = C_{\text{Ca}^{2+}} \cdot C_{\text{SO}_4^{2-}} \cdot \gamma_{\text{Ca}^{2+}} \cdot \gamma_{\text{SO}_4^{2-}} \cdot a_w^2. \quad (8)$$

Для іонної сили насиченого розчину $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, згідно з Робінсоном і Стоксом [7] $a_w = 0,9998$, приймаємо $a_w = 1$ і отримуємо для $t = 25^\circ\text{C}$ $K_{\text{sp}} = 3,18 \cdot 10^{-5} \cdot (0,581 \cdot 0,556) \cdot 1^2 = 1,027 \cdot 10^{-5} (\text{моль/дм}^3)^2$, ($\text{p}K_{\text{sp}} = 4,99$). Зазначимо, що у довіднику [4] значення термодинамічного добутку розчинності для 25°C становить 5,00, що відрізняється на 2,7%.

Таким чином, розрахунок термодинамічного добутку розчинності на основі значення розчинності даної солі і теорії Дебая-Хюккеля можна вважати задовільним.

Література:

1. Springer Handbook of Crystal Growth. G. Dhanaraj, K. Byrappa, V. Prasad, M. Dudley (Editors). Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010. 1816 p.
2. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Изд. лит. по строительству, 1985. – 134 с.
3. Lurie Ju. Handbook of Analytical Chemistry. Moscow. 1975.
4. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. – Л.: Химия, 1991. – 432 с.
5. D. R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, 90th Edition (CD-ROM Version 2010), CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL.
6. Meites L. Handbook of analytical chemistry. London. 1963.
7. R. A. Robinson and R. H. Stokes. Electrolyte Solutions. Second Revised Edition. Published by Dover Publications Inc. 2003-03-28, Mineola, N.Y. Great Britain (2003).

ІДЕНТИФІКАЦІЯ, ХІМІЧНИЙ СКЛАД ТА АНТИБАКТЕРІАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ЕТАНОЛЬНИХ ЕКСТРАКТІВ САМШИТУ ВІЧНОЗЕЛЕНОГО

Давиденко П.О., Кулішенко О.М., Боровик І.М., Зажарський В.В.

e-mail:davidpavel1983@gmail.com

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
Україна, Дніпро*

Натуральні продукти є джерелом біологічно активних молекул, які відіграють важливу роль у відкритті ліків. Фітотерапія є важливою частиною майбутньої медичної та ветеринарної практики. Існує постійний високий попит на рослинний матеріал, а поширення стійких до антибіотиків штамів бактерій, які важко піддаються лікуванню, призвело до зростання інтересу до пошуку ефективних антибактеріальних речовин серед рослинних екстрактів. Дослідження присвячене виділенню, хімічній характеристиці та біологічному профілю екстрактів, виділених з *V. sempervirens*. Метою роботи є оцінка можливості використання різноманітних екстрактів *V. sempervirens* як ефективних компонентів антибактеріальних сумішей.

П'ять кг сухого листя *V. sempervirens* екстрагували за кімнатної температури 4,5 л суміші етанолу та ацетатної кислоти (95:5) впродовж тижня. Темний екстракт відфільтровували і випарювали у вакуумі (25–35 мм рт.ст., температура бані 60–70°C) до постійної маси 76 г (темно-зелена олія, вихід сирової речовини 1,52%), додавали 150 см³ дистильованої води та екстрагували суміш гексаном (5 × 300 см³). Об'єднані органічні шари сушили над безводним сульфатом натрію, декантували з осушувача та відфільтровували механічні домішки (0,73 г, темно-зелений порошок, зразок I). Гексановий фільтрат випарювали у вакуумі до постійної маси 7,70 г (дуже в'язка темно-зелена олія; зразок II – імовірно сума жирів і жиророзчинних компонентів). Водний шар фільтрували (рН 6,0, лакмус) і екстрагували дихлорметаном (3×150см³), об'єднані органічні шари сушили над безводним сульфатом натрію, декантували та упарювали у вакуумі до сталої маси 2,53 г (в'язка темно-зелена олія, зразок III).

До водного шару додавали ацетатну кислоту (приблизно 30 см³) до рН 3,5. (лакмус) і екстрагували дихлорметаном (3×150 см³), об'єднані органічні шари сушили над безводним натрієм сульфату, декантували і упарювали у вакуумі до постійної маси 1,35 г (темна олія, зразок IV).

До водного шару додавали концентрований водний розчин аміаку до рН 9,5 (лакмус) і екстрагували дихлорметаном (3 × 150 см³), об'єднані органічні шари сушили над безводним сульфатом натрію, декантували з осушувача та упарювали у вакуумі до постійної маси 3,00 г (дуже в'язка темна олія; зразок V – імовірно сума алкалоїдів). Водний шар, що

залишився після всіх екстракцій (приблизно 250 см³, рН приблизно 9,5) – зразок VI. В'язкі олії (фракції 1–6) розчиняли в диметилсульфоксиді, отримані розчини фільтрували через скляні воронки зі стерильними багатошаровими марлевими фільтрами у стерильні скляні флакони впродовж 10 днів. Диски сушили в стерильному ламінарному боксі (ВМВ-II Laminar-C 1,2 Cytos (Німеччина)) під ультрафіолетовим опроміненням впродовж 30 хв перед розміщенням на поверхні агару з відповідною культурою. Антибактеріальну активність досліджуваних екстрактів самшиту визначали методом агарової дискової дифузії (n=8). Основними сполуками зразка II були естери жирних кислот (53,0%) і фітол дитерпенового спирту (40,2%). Зразок III був представлений в основному транс-синапіловим спиртом (22,6%), (Е)-4-(3-гідроксипроп-1-ен-1-іл)-2-метоксифенолом (10,6%) і деякими неідентифікованими компонентами.

Фракції IV і V містили, крім згаданих вище сполук, етиловий естер бензойної кислоти, діетиловий етер гідрокси-бутандіової кислоти, н-ейкозан, н-генейкозан, α -(1-(диметиламіно)етил)-бензиловий спирт, 1-метил-2- феноксіетиламін та ін. Виявлено, що основним компонентом зразка VI був 4-гідрокси-1-метилпролін (51,9%). Аналізи також показали значні кількості кумарину, 3-метоксиметкатинону, гамма-лактону d-(+)-рибонової кислоти, d-(-)-хінної кислоти та 6-дезоксигексопиранози.

Неоднозначні результати були отримані при випробуванні екстрактів *B. sempervirens* на *E. coli*: причому, якщо ефективність на *E. coli* 055K59 була низькою (найкращий показник у VI дослідній групі був нижчим від контролю на 3,44 разів), то у *E. coli* (F50), навпаки, зона пригнічення росту мікроорганізмів I, II та VI груп вище. азитроміцину (контроль) становив 2,11, 4,20 і 1,47 мм. Дія екстрактів *B. sempervirens* на *Enterobacter aegorenes* в усіх дослідних групах була нижчою, ніж у контрольній групі від 7,02 (зразок I) до 3,7 (зразок V). Крім того, вплив екстрактів *B. sempervirens* на *Yersinia enterocolitica* та *Klebsiella pneumoniae* K-56 виявлено нижче, ніж у контрольній групі: найкращі показники у II-IV пробах. проти *Y. enterocolitica* були нижчими у 2,26–3,25 рази; в I, II та VI пробах проти *Klebsiella pneumoniae* становили 2,43–1,79 рази нижче. Однак, разом з тим, було виявлено пригнічення росту мікроорганізмів під дією екстрактів *B. sempervirens* на *Proteus mirabilis* в I, III та VI зразках, на *P. vulgaris* НХ 19 у III, IV та VI, на *Serratia marcescens* у I–IV та VI, на *Salmonella adobrasco* у всіх 6 дослідних пробах та на *S. typhimurium* у I–IV та VI пробах.

Було виявлено, що *B. sempervirens* є цінним природним джерелом потенційно біологічно активних сполук. Спостерігалася значна бактерицидна активність його екстрактів. За використання методу ГХ-МС виявлено понад 20 сполук, що належать до естерів жирних кислот, дитерпенів, спиртів, аміноспиртів, фенолів. Отримані результати є гарною основою для подальших досліджень цієї рослинної сировини в медичних цілях.

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ E 110 У САШЕ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЗАСТУДИ

Дмухайло А.В., Король Р.О., Трухим М.В., Ольшанецька Ю.В.,

Дубенська Л.О.

e-mail: Andrii.Dmukhailo@lnu.edu.ua

Львівський національний університет імені Івана Франка,

Україна, Львів

Надзвичайно широке використання синтетичних харчових барвників викликає неабияке занепокоєння серед лікарів та вчених. Низка досліджень застерігає, що надмірне споживання синтетичних харчових барвників може призвести до порушень у людському організмі, а саме гіперактивності та алергії у дітей, розладів кишківника, хвороб нирок та онкологічні захворювань у дорослих. Практично всі дослідження оцінювали безпеку окремих барвників.

Проте багато продуктів харчування та лікарських засобів містять суміші барвників. Відповідно можливий синергетичний ефект або антагоністичний вплив барвників один на одного, а також інших харчових добавок та інгредієнтів. Варто зазначити, що барвники, які використовують у харчовій промисловості, містять приблизно 10–15% домішок, серед них можуть бути 4-амінодіфеніл, аміноазобензол, бензидин, які є канцерогенами. Однак передбачається, що ці домішки наявні у кінцевому продукті у безпечних кількостях. Будь-який канцерогенний вплив цих низькорівневих забруднювачів неможливо виявити під час досліджень барвників на тваринах [1].

Зважаючи на це стає зрозуміло, що контроль вмісту синтетичних харчових барвників у ліках та харчових продуктах є актуальним завданням аналітичної хімії.

Для вольтамперометричних досліджень ми обрали барвник жовтий “захід сонця” (E 110). Використали цифрові вольтамперометричні установки MTech SPG-500fast та MTech POL-22, які було створено на кафедрі аналітичної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка.

Як робочий електрод використали твердий амальгамний електрод на основі амальгами срібла. Електроди на основі амальгами срібла широко використовують у вольтамперометрії, оскільки для них характерні широкі межі поляризації у негативному діапазоні потенціалів, низький фоновий сигнал, а поверхня електроду легко піддається хімічному, електрохімічному чи фізичному очищенню. Крім того, механічна стабільність робить їх придатними для “польових” та амперометричних вимірювань у протічних системах [2].

На розмір аналітичного сигналу барвника впливають рН, час та потенціал накопичення, зміна потенціалу в основі імпульсу, амплітуда та тривалість імпульсу. Під час оптимізації експериментальних умов було підбрано такі параметри, за яких простежували найбільший струм відновлення та найчіткіший пік.

За оптимальних умов отримали градувальний графік для визначення барвника методом диференційно-імпульсної вольтамперометрії (ДІВ) з робочим срібним амальгамним електродом, модифікованим ртутним меніском (рис. 1).

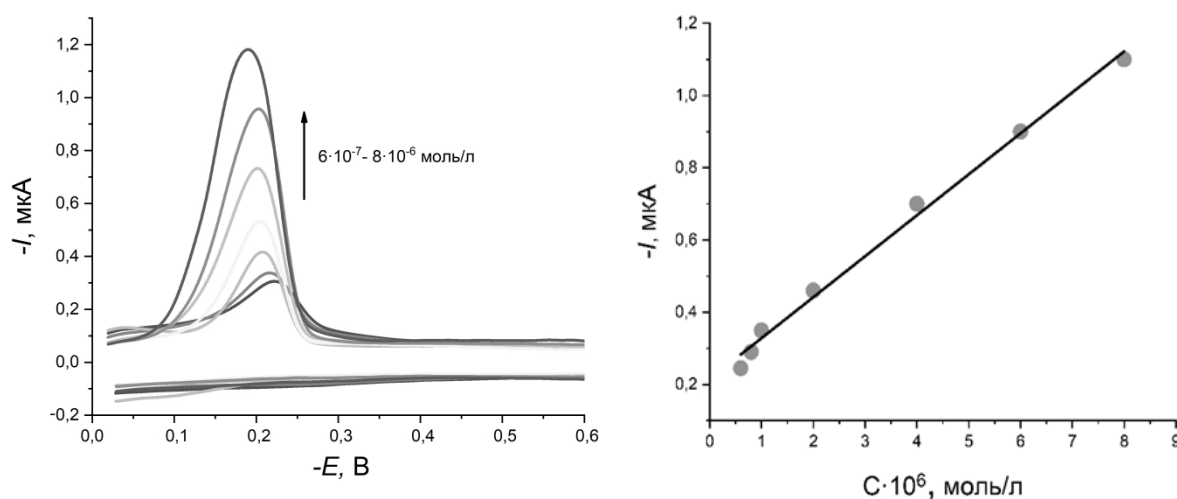


Рис. 1. Циклічні вольтамперограми Е 110 за різних концентрацій та відповідний градувальний графік, отриманий методом ДІВ. Умови: рН 4.0, $t_{\text{накоп}} = 100$ с, $E_{\text{накоп}} = -0.02$ В

Розроблений підхід було використано для визначення вмісту барвника у саше для лікування гострих респіраторних інфекцій однієї із ТМ України. Визначення проводили методом багатьох добавок, на вольтамперограмах простежували один чіткий пік відновлення барвника. Вміст барвника в одному саше вагою 23 г становить (2.32 ± 0.17) мг.

Для методу ДІВ характерна достатньою добра роздільна здатність, що дає змогу визначати кілька аналітів за сумісної наявності. Оскільки у реальних об'єктах часто зустрічається суміш Е 110 та Е 124, нами було змодельовано та проаналізовано таку суміш. На вольтамперограмі спостерігали два піки відновлення за потенціалів -0.198 В та -0.448 В, що відповідає потенціалам піків відновлення Е 110 та Е 124.

Література:

1. Kobylewski S., Jacobson M.F. Food dyes: A rainbow of risks. Washington. DC.: Center for Science in the Public Interest, 2010 – 68 p.
2. Barek J. Voltammetric and amperometric applications of silver amalgam electrodes for monitoring of reducible organic compounds. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2023. P. 117416.

СОЛЬВАТОХРОМНІ ВЛАСТИВОСТІ НІЛЬСЬКОГО ЧЕРВОНОГО. СПІВСТАВЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Іванов В.В., Христенко І.В.

e-mail: vivanov@karazin.ua

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
Україна, Харків*

Сольватохромні та флуоресцентні органічні індикатори є потужним інструментом для аналізу властивостей середовища.

Значний інтерес привертають феноксазонові барвники, завдяки своїм унікальним оптичним властивостям.

Поширене використання серед представників даного класу набув нільський червоний (9-(диетиламіно)-5Н-бензо[а]феноксазин-5-он, NR) – фотостабільний органічний барвник, молекула якого не має формальних зарядів, але інтенсивно флуоресціює і має високий квантовий вихід в апротонних середовищах.

Було проведено дослідження оптичного поглинання NR в низці розчинників та розрахунки відповідних спектральних характеристик барвника.

Основна мета роботи полягала в порівнянні результатів розрахунку сольватохромних зсувів, отриманих різними методами на основі теорії функціонала густини (Density Functional Theory, DFT) з експериментальними даними.

Розглянута вибірка для 30 розчинників.

Для урахування ефектів середовища в роботі використовували три метода (метод лінійного відгуку, метод заданого стану та універсальну сольватаційну модель), які базуються на поляризаційно-континуальному підході.

Розглянуто ряд функціоналів DFT – B3LYP, CAM-B3LYP, PBE, M06-2x, M06-L, BMK, та wB97XD.

Отримані результати розрахунків енергії збудження (kcal/mol) в різних функціоналах та методах урахування ефектів розчинника добре узгоджуються з експериментальними значеннями енергії.

Розглянувши кореляцію між експериментом та розрахунком, порівняли коефіцієнт детермінації (R^2) та стандартне відхилення (SD) для різних методів та функціоналів. R^2 змінюється в межах 0.74 – 0.89, а SD 1.4 – 10.2.

Аналіз отриманих даних свідчить, що методи лінійного відгуку та заданого стану в усіх досліджених функціоналах надають близькі результати, а найближчі до експериментальних досягнуто в функціоналі M06-L універсальної сольватаційної моделі.

ФІЗИКО-ХІМІЧНЕ ПІДГРУНТЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ФОТОКАТАЛІТИЧНИХ КОНВЕРТОРІВ

Інди́ков С.М., Сахненко М.Д., Майба М.В.

e-mail: sakhnenko@kpi.kharkov.ua

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут»,
Україна, Харків*

Пріоритетним напрямком створення безпечних умов функціонування стаціонарних і мобільних об'єктів в умовах воєнного стану є покращення ефективності роботи фотокаталітичних конверторів знешкодження токсинів різної природи. В ролі матеріалів, яким притаманна фотокаталітична активність, найбільш привабливим є титану (IV) оксид завдяки хімічній інертності і нетоксичності, на поверхні якого під впливом УФ випромінювання можуть бути окиснені сполуки різного складу, в тому числі отруйні речовини. Зазвичай фотокаталізатори на основі діоксиду титану виготовляються в формі порошків, що ускладнює їх практичне застосування, тому цілком обґрунтованим вбачається використання фотокаталітичних матеріалів у формі тонкошарових покриттів на металевих носіях – платформах. В ролі носіїв доцільним вбачається застосування сплавів титану, що дозволяє формувати шари фотокаталізатора з регульованою морфологією, напередзаданою питомою поверхнею та іншими структурними характеристиками. В такий спосіб можна також організувати легування оксидної матриці необхідними елементами для підвищення функціональних показників, оскільки відомо, що складні ксидні системи виявляють значно вищу активність і селективність [1].

Окрім цього, іншими привабливими рисами такого способу організації фотокаталітичних процесів є можливість створення багатокомпонентних гетерооксидних покриттів, формування багатоеlementних пристроїв та фотокаталітичних конверторів напередзаданої архітектури. Комплексне розв'язання такого завдання вбачається у розробці наукового підґрунтя керованого синтезу покриттів гетерооксидними та/або легованими оксидами титану (IV) на поверхні металевих носіїв, з домінантою використання в ролі носія сплавів титану, зокрема і поруватих, із застосуванням електрохімічних технологій. Вельми ефективним чинником керування фотокаталітичною активністю покриттів залишається їх питома поверхня, тому визначення морфології гетерооксидних композитів, як і засоби керування цим параметром, є незмінною складовою системного дослідження металоксидних систем при визначенні їх функціональних властивостей. Серед існуючих підходів можна виділити два основні технологічні способи модифікування поверхні металів та сплавів (рис. 1).

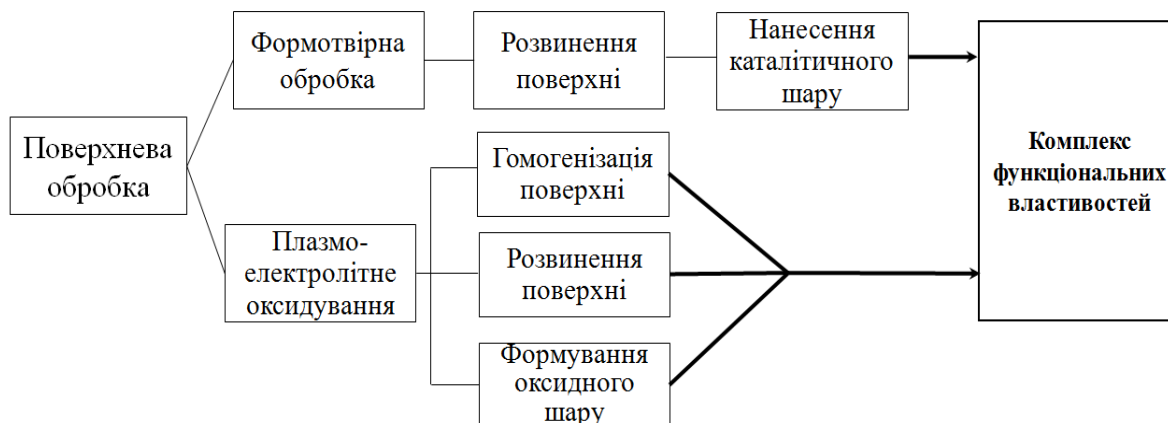


Рисунок 1 – Верифікація процесів формування функціональних покриттів

Перший пов'язаний із стадійним процесом, який включає послідовні етапи формотвірної обробки для одержання поруватої структури носія з наступним нанесенням каталітичного шару. Для нанесення каталітичного шару на порувату структуру найчастіше використовують просочування одержаних матеріалів сполуками каталітичних композицій із наступним їх термічним розкладанням [2]. В цілому такий спосіб формування каталітичного матеріалу є багатостадійним та поєднує різні технологічні процеси, зокрема для одержання задовільних експлуатаційних показників необхідним є попереднє видалення домішкових компонентів з їх поверхні.

Інший підхід полягає у формуванні каталітичних матеріалів методом плазмо-електролітного оксидування (ПЕО), який дозволяють поєднати в одному технологічному процесі поверхневої обробки етапи гомогенізації поверхневого шару, його розвинення та формування оксидного покриття [3]. Введення до складу електролітів додаткових компонентів дозволяє створювати гетерооксидні композиційні шари із широким спектром функціональних властивостей. Варіювання умов обробки забезпечує гнучке керування зазначеними процесами та формування матеріалів із заданими характеристиками.

Література:

1. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей: монографія. Х.: НТУ «ХП», 2010. – 272 с.
2. Каракуркчі Г.В., Сахненко М.Д., Ведь М.В., Майба М.В. Гетерооксидні композиційні покриття на сплавах алюмінію для екотехнологій: монографія. – Х.: ФОП Панов А.М., 2020. – 200 с.
3. Дослідження впливу параметрів плазмо-електролітного оксидування на функціональні властивості гетерооксидних покриттів. І. І. Степанова, М. Д. Сахненко, Н. Б. Маркова та ін. // Вісник національного технічного університету «ХП». Серія: Хімія, хім. технологія та екологія, 2023, №2(10). – С.3-8.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ДЕСТРУКЦІЯ ПОХІДНИХ ФЕНОКСИОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

Книш В.О.¹, Velichenko Yu.O.², Шмичкова О.Б.¹, Лук'яненко Т.В.¹

e-mail: valentina.a.knysh@gmail.com

¹ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро

²University of Melbourne,
Australia, Melbourne

Метод прямого анодного окислення токсичних органічних сполук простий, екологічно чистий і в той же час ефективний. Значний внесок у руйнування органічних сполук вносить вторинне окислення органічних молекул гідроксильними радикалами, що утворюються на поверхні окисних анодів в результаті окислення води. Метою даної роботи було вивчення перетворення феноксиоцтової кислоти, її похідних хлор- і бром- шляхом прямого анодного окислення на електродах діоксиду свинцю, модифікованих різними добавками. Об'єктами дослідження були обрані галогенні похідні феноксиоцтової кислоти.

Перетворення феноксиоцтової кислоти (ФУК); гербіцидів 2,4-Д, 2,4-ДМ, 2,4,5-Т, а також бром-похідних ФУК: 4-бромфеноксиоцтову кислоту, 2,4-дибромфеноксиоцтову кислоту та 2,4,5-трибромфеноксиоцтову кислоту проводили у фосфатному буфері (рН = 6,68) у комірі з розділеними анодними та катодними просторами.

Зміни концентрації вихідних органічних сполук і ароматичних проміжних продуктів їх окислення контролювалися спектрофотометричним методом за величиною і положенням максимумів поглинання в області 230 і 280 нм. ХСК визначали методом арбітражного дихромату. За величиною ХСК судили про здатність і швидкість окислення як первинного субстрату, так і проміжних продуктів його руйнування. В ході електролізу реєструвалася також концентрація іонів хлору.

На підставі спектрів поглинання та даних ХСК встановлено, що речовини окислюються до аліфатичних кислот на немодифікованому та модифікованому PbO₂-анодів протягом двох годин. Зі збільшенням числа заступників в бензольному кільці час перетворення бромних похідних ФУК значно зростає. Найбільшу каталітичну активність по відношенню до похідних хлору ФУК показав F-PbO₂ і Ni-PbO₂-анооди.

На підставі даних ХСК для кожного експериментально підібраного інтервалу часу електролізу встановлено, що швидкість руйнування починає зменшуватися зі зменшенням концентрації легко окиснювальних ароматичних фрагментів, відкриття бензольного кільця і накопичення повільно окислюваних аліфатичних продуктів (рис. 1б, кр.1). Про зміну концентрації бензохінону при руйнуванні субстратів судили по ділянці при

250-270 нМ на УФ-спектрах (рис. 1а). Мінералізація утворених аліфатичних кислот під дією гідроксильних радикалів протікає значно повільніше, ніж гідроксилювання ароматичних молекул для всіх вивчених субстратів (рис. 1б, крива1). Тому ефективніше перетворювати органічні речовини в аліфатичні кислоти без їх повної мінералізації в CO_2 . У цьому випадку виникає питання про токсичність вироблених аліфатичних кислот. У зв'язку з цим був досліджений процес дегалогенування 2,4-Д за характером зміни концентрації хлорид-іонів при електролізі на аноді Ni-PbO₂ (рис. 1б).

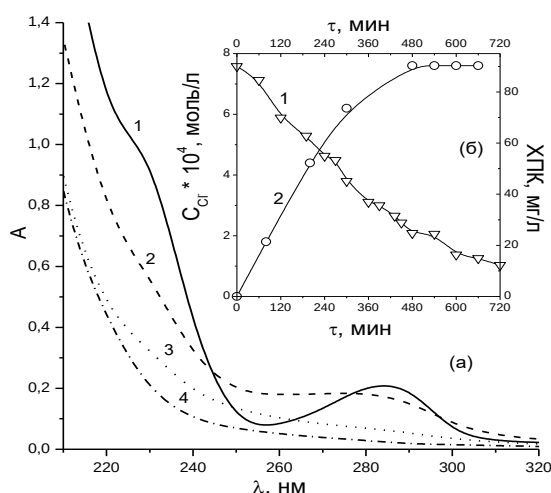


Рис.1.а Спектри розчинів 0,1 мМ 2,4-Д при різному часі електролізу на аноді Ni-PbO₂ (годин): 1-0; 2-1; 3-1,5; 4-2. $V_a = 162$ мл, $i_a = 50$ мА/см², $I = 125$ мА
Рис.1.б Залежність концентрації ХСК (1) і хлорид-іона (2) від часу електролізу в розчині з початковою концентрацією 0,4 мМ 2,4-Д

В процесі окислення гербіцидів і їх проміжних ароматичних фрагментів в розчині накопичуються іони хлору і до моменту зникнення максимумів поглинання на УФ-спектрах, він досягає максимального значення. Концентрація хлорид-іонів після 8 годин електролізу 2,4-Д становить $7,6 \cdot 10^{-4}$ моль/л, що становить 95% від концентрації хлоридів, утворених реакцією повної мінералізації 0,4 мМ 2,4-Д.



Таким чином, до моменту утворення аліфатичних кислот (значення ХСК в межах 24,5-25,0 мг/л) процес дехлорування органічних сполук вже завершений і повільне руйнування аліфатичних кислот триває. Тому в процесі прямого анодного окислення на PbO₂-анодах хлорпохідні феноксиоцтової кислоти повністю перетворюються в нетоксичні, біологічно легко розкладаються аліфатичні кислоти, що дозволяє ефективно використовувати цей метод в якості попередній етап руйнування токсичних хлорвмісних органічних речовин у поєднанні з подальшою біологічною очисткою стічних вод.

ПІДБІР ТА ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ОДНОЧАСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОФІЛЬНИХ ГЕРБІЦИДІВ ГРУПИ ПІКОЛІНОВОЇ КИСЛОТИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПАРАМЕТРУ ГІЛЬДЕБРАНДА

Крулікевич М.М., Чубірка Є.М., Дзьоба І.Р.

e-mail: vvupdktl@gmail.com

*Ужгородська прикордонна державна контрольно-токсикологічна
лабораторія,
Україна, Ужгород*

Клопіралід, піклорам та триклопір є ефективними післясходовими гербіцидами класу похідних піколінової кислоти, які застосовуються для боротьби з широколистими бур'янами на посівах кукурудзи, ячменю, вівса та проса. Особливої уваги заслуговує моніторинг їх залишкових кількостей у поверхневих водах, який здійснюється за допомогою електрохімічних (EC-SOERS) та хроматографічних (HPLC) методів. Серед них найбільш придатним для застосування в практиці випробувальних лабораторій та визначення залишків у воді є саме останній метод, який володіє достатньо високою чутливістю, простотою у застосуванні та експресністю, що особливо важливо при проведенні масових аналізів. Основним недоліком всіх методик, що передбачають застосування методу HPLC є використання в якості рухомої фази метанолу, що суперечить принципам зеленої хімії. Саме тому розробка нової методики визначення залишкової кількості зазначеної групи пестицидів у воді є актуальним завданням аналітичної хімії.

Основою проблемою визначення залишків пестицидів у воді для даної групи гербіцидів є низькі рівні ГДК регламентовані законодавством, що однозначно обумовлює необхідність проведення їх попереднього концентрування у пробі води. В той самий час особливість зазначеної групи пестицидів полягає у їх високій гідрофільності, що створює додаткові перешкоди для їх визначення екстракційними методами. В зазначеній роботі пропонується проводити підбір ефективних екстрагентів із застосуванням параметру розчинності Гільдебранда.

В якості потенційних екстрагентів досліджували комерційно доступні та відносно дешеві органічні розчинники – галогеналкани (CHCl_3 ; CCl_4 ; CH_2Cl_2), аліциклическі третинні аміни (TEA; ДМЦГА; ДЕЦГА; ДМЕА; ДЕМА) та аліциклическі спирти ($\text{n-C}_5\text{H}_{12}\text{O}$). Параметр Гільдебранда для групи пестицидів та органічних розчинників розраховували за формулою 1:

$$\delta = \sqrt{\frac{(\Delta H_{\text{вип}} - RT_{\text{кип}})}{V_{\text{мол}}}} \quad (1)$$

Величини $\Delta H_{\text{вип}}$, $V_{\text{мол}}$ та $T_{\text{кип}}$ розраховували за допомогою програмного пакету ACD LAB депонованого на сайті

www.chemspider.com. Кількісним критерієм оптимального вибору екстрагенту вважали різницю обчислену за виразом: $|\delta_{TP} - \delta_{OP}| \leq 4$.

За результатами проведених розрахунків встановлено, що найбільш широкий набір можливих екстрагентів отримано саме для триклопіру (CCl_4 ; ДМЦГА; ДЕМА, $\text{n-C}_5\text{H}_{12}\text{O}$) в той самий час, як для піклораму та клопіраліду найбільш оптимальним є тільки $\text{n-C}_5\text{H}_{12}\text{O}$. В цілому така залежність корелює із коефіцієнтом розподілу $\log P$.

Оцінку ступеня вилучення проводили методом добавок в серії трьох контрольних зразків рослинної сировини (ячменю та вівса) з додаванням атестованої суміші пестицидів. Атестовану суміш отримували шляхом змішування розчинів стандартних зразків клопіраліду, піклораму та триклопіру з подальшою атестацією відповідно до вимог ДСТУ-Н РМГ 60:2014. Подальші дослідження проводили методом високоефективної рідинної хроматографії в UV/VIS діапазоні. Отримані значення ступеня вилучення наведено на рисунку 1 повністю узгоджуються із розрахованими значеннями параметрів Гільдебранда.

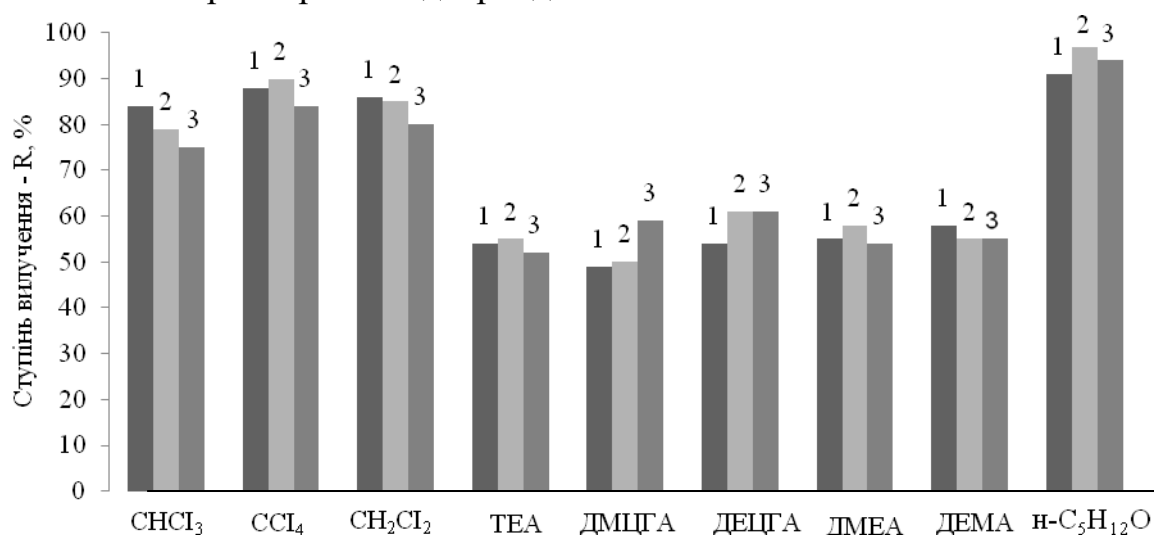


Рис. 1. Залежність ступеня вилучення пестицидів групи піколінової кислоти від природи екстрагенту в гетерогенних системах вода-екстрагент-ацетонітрил (1-піклорам, 2-триклопір, 3-клопіралід)

Максимальне значення ступеня вилучення триклопіру в оптимізованих умовах у системі вода-екстрагент-диспергатор спостерігався при використанні $\text{n-C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ ($R=97\%$) і CCl_4 ($R=90\%$) та застосуванні в якості диспергатора ацетонітрилу. В той самий час найбільш ефективного вилучення клопіраліду ($R=94\%$) та піклораму ($R=91\%$) спостерігається в гетерофазній системі $\text{n-C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ -вода-ацетонітрил.

Таким чином, запропонований спосіб DLLME може застосовуватися для визначення залишкових кількостей зазначеної групи гербіцидів методом HPLC у воді.

СИНТЕЗ ТА ВИВЧЕННЯ 4f-ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ КОМПЛЕКСІВ ЕДТА-ПОХІДНИХ ТЕТРАФЕНІЛПОРФІРИНУ З ЛАНТАНІДАМИ

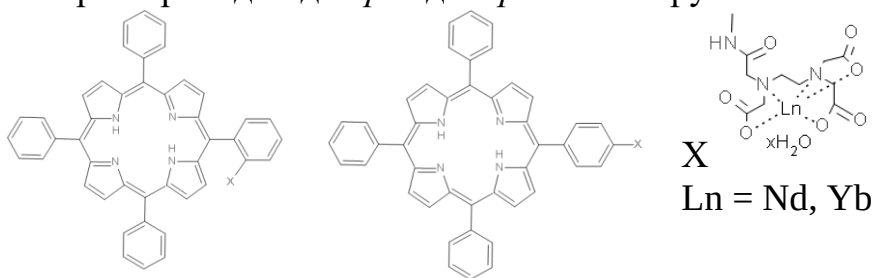
Лінник В.В.^{1,2}, Семенішин М.М.²

e-mail: linnik.valerija@gmail.com

¹ ОНУ ім. І.І. Мечникова, ² Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України, Україна, Одеса

Вивчення речовин, які випромінюють світло у ближньому інфрачервоному (ІЧ) діапазоні, представляє собою важливе завдання для сучасної науки. Це пов'язано з відсутністю молекулярних систем, які ефективно випромінюють інфрачервоне світло, що має широке застосування в медицині та технологіях. Раніше було встановлено, що тетрапірольні макроцикли проявляють характерне і ефективне світлопоглинання та здатні сенсibiliзувати іони лантанідів за рахунок низько розташованих донорних триплетних рівнів. Але сполуки лантанід-порфіринів, як правило, є досить лабільними, тому в наших попередніх дослідженнях запропоновано варіант уникнення проблеми нестабільності комплексів лантанідів з порфіринами шляхом зв'язку іона металу з модифікованим етилендіамінтетраоцтовою кислотою (H₄едта) тетрафенілпорфірином.

На відміну від попередніх робіт, порфірин було модифіковано H₄едта не тільки по *пара*-положенню одного з фенільних замісників, але й отримано його *орто*-ізомер і його комплекси з лантанідами. Продемонстровано, що положення фрагменту едта-Ln суттєво впливає на інтенсивність інфрачервоного випромінювання іона лантаніду: вона збільшується при переході від *пара*- до *орто*-ізомеру.



Це також підтверджується люмінесцентним титруванням отриманих H₄едта-порфіринів розчином ацетату міді (II). Експеримент підтвердив склад обох ізомерних комплексів 1:1, та показав більш ефективне гасіння молекулярної флуоресценції *орто*-заміщеного порфірину, ніж у випадку *пара*-заміщеного. Також інтенсивність 4f-люмінесценції суттєво залежить від природи лантаніду. Емісія іону Nd (III) значно чутливіша до зміни відстані між донором та акцептором енергії, а інтенсивність люмінесценції зростає приблизно на порядок. В той час як в ізоструктурних комплексах Yb (III) ефективність його люмінесценції зростає лише приблизно на 50%.

**СИНТЕЗ І КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА СОЛЕЙ З ІЗОПОЛІ-
([W₁₂O₄₀(OH)₂]¹⁰⁻) ТА ГЕТЕРОПОЛІ- ([Ln(W₅O₁₈)₂]⁹⁻) АНІОНАМИ**

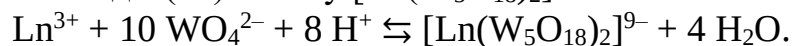
Марійчак О.Ю., Розанцев Г.М., Радіо С.В.

e-mail: o.marijchak@donnu.edu.ua

*Донецький національний університет імені Василя Стуса,
Україна, Вінниця*

Метою дослідження є розробка умов синтезу, встановлення кристалічної структури та особливостей будови Ln(III)-вмісних поліоксовольфраматів з аніоном зі структурою Пікока–Уіклі [Ln(W₅O₁₈)₂]⁹⁻ (Ln = Y, La–Lu) та з аніоном паравольфрамату Б ([W₁₂O₄₀(OH)₂]¹⁰⁻), які з огляду на їх властивості та потенціал практичного застосування, викликають значний інтерес наукової спільноти.

Для синтезу солей Na₉[Ln(W₅O₁₈)₂]·nH₂O (Ln³⁺ = Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) у розчинах натрію вольфрамату (C_W = 0,1 моль/л) створювали кислотність $Z = \nu(\text{HNO}_3) / \nu(\text{Na}_2\text{WO}_4) = 0.80$ додаванням HNO₃. Після цього додавали розчину нітрату лантанноїду Ln(NO₃)₃ або CeCl₃ у стехіометричній кількості відповідно до утворення декавольфрамолантанідат(III)-аніону [Ln(W₅O₁₈)₂]⁹⁻:



Солі з аніоном зі структурою Пікока–Уіклі отримували з водних і з водно-органічних розчинів за розробленою методикою [1]. Для виділення солей із водно-органічного середовища до розчинів додавали 2-пропанон або етанол, що приводило до кристалічного осаду середніх солей.

Використання запропонованих методик синтезу дозволило отримати 26 нових солей, кристалічні структури яких було встановлено методом рентгеноструктурного аналізу (РСА): 13 середніх та 2 кислі лантанноїд(III)-вмісні гетерополісолі з аніоном зі структурою Пікока–Уіклі Na₉[Ln(W₅O₁₈)₂]·nH₂O (Ln³⁺ = Y, La–Lu; n = 32–42), 8 солей з аніоном паравольфрамату Б Na₂(NH₄)₈[W₁₂O₄₀(OH)₂]·12H₂O, K₁₀[W₁₂O₄₀(OH)₂]·x·13H₂O, M₅[W₁₂O₄₀(OH)₂]·nH₂O (M²⁺ = Mg, Zn; n = 41, 35), Ln₁₀[W₁₂O₄₀(OH)₂]₃·nH₂O (Ln³⁺ = Ce, Sm, Dy, Ho; n = 54–104) і 3 солі з лакунарним метавольфрамат-аніоном Na₂Ln₂[Ln₂(H₂O)₁₀W₂₂O₇₂(OH)₂]·nH₂O (Ln³⁺ = Ce, Dy, Ho; n = 34–46).

Серед солей із гетерополідекавольфрамат-аніоном одержано ряд ізоструктурних середніх солей Na₉[Ln(W₅O₁₈)₂]·35H₂O (Ln³⁺ = Eu, Gd, Ho, Er, Tm, Yb), отриманих з водних та водно-ацетонових розчинів, які містять 35 молекул води і кристалізуються у триклінній сингонії, Р-1. Кристалічну упаковку та структуру Тm(III)-вмісної солі зображено на рис. 1 [2].

Результати РСА показали, що в аніоні до гетероатома Тm(III) координовані два лакунарних тетрадентатних пентавольфрамат-аніона [W₅O₁₈]⁶⁻, які утворюють координаційний поліедр у формі квадратної антипризми. Два фрагменти, повернуті один до одного на кут майже

45 градусів. Аніон знаходиться у сітці поліедрів, побудованих із тетрагональної піраміди NaO_5 та октаедрів NaO_6 . У порожнинах структури знаходяться некоординовані молекули води, які утримуються в структурі за рахунок водневих зв'язків.

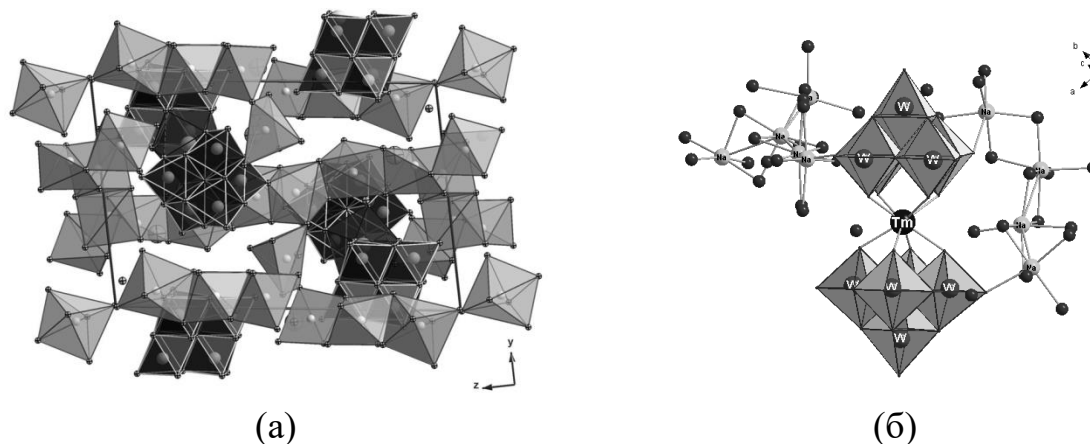


Рисунок 1. Кристалічна упаковка (а) та будова формульної одиниці (б) солі $\text{Na}_9[\text{Tm}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 35\text{H}_2\text{O}$

Особливістю солей $\text{Na}_9[\text{Ln}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 34.25\text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln}^{3+} = \text{La}, \text{Pr}$), які містять 34.25 молекул води та кристалізуються у триклінній сингонії (P-1), є наявність 2 октаедрів NaO_6 , з'єднаних за допомогою спільної грані, в той час як у випадку 35-ти водних гідратів поліедри у катіонній підгратці з'єднуються за рахунок спільних вершин або ребер. Дослідження Er(III) - і Lu(III) -вмісних солей $\text{Na}_9[\text{Ln}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln}^{3+} = \text{Er}, \text{Lu}$; $n = 32, 42$), виділених з водно-ацетонного середовища, показало, що вони мають інший гідратний склад та кристалізуються в моноклінній сингонії.

За результатами комплексного дослідження умов синтезу та будови натрію декавольфрамолантанодатів(III) було вперше узагальнено та проаналізовано дані про методики одержання, особливості будови та кристалічну структуру Ln(III) -вмісних гетерополісполук із аніоном зі структурою Пікока–Уіклі.

Література:

1. Патент України 121322. Марійчак О.Ю., Розанцев Г.М., Радіо С.В. Спосіб одержання лантанод(III)-вмісних поліоксовольфраматів. (Україна) Заявка № u2017 07269 від 10.07.2017, МПК (2017.01) C01G 41/00, C30B 29/32 (2006.01), дата публікації 27.11.2017, Бюл. № 22. – 5 с.
2. Oleksandra Yu. Mariichak, Sandra Kaabel, Yevgen A. Karpichev et al. Crystal structure and magnetic properties of Peacock–Weakley type polyoxometalates $\text{Na}_9[\text{Ln}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2]$ ($\text{Ln} = \text{Tm}, \text{Yb}$): Rare Example of Tm(III) SMM // *Magnetochemistry*. – 2020. – V. 6, No. 4. Art. ID 53. <https://doi.org/10.3390/magnetochemistry6040053>

**ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ АНОДНЕ ОБРОБЛЕННЯ В
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКАХ ДЛЯ
МОДИФІКАЦІЇ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
МЕТАЛЕВОЇ ПОВЕРХНІ**

Махота Д.О.^a, Яковенко О.О.^a, Бутиріна Т.Є.^a, Кітик А.А.^b,

Проценко В.С.^a

e-mail: dimamakhota99@gmail.com

^a ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро

^b Інститут неорганічної хімії Академії наук Словаччини,
Словацька Республіка, Братислава

Сучасна електрохімічна наука активно розробляє нові методики поверхневої модифікації металевої поверхні з метою надання покращених фізико-хімічних властивостей. Зокрема, надзвичайно перспективним видається електрохімічне анодне оброблення металів і сплавів у так званих низькотемпературних евтектичних розчинниках (deep eutectic solvents, DES). Ці розчинники є новим поколінням іонних рідин, що формуються з евтектичних сумішей різноманітних компонентів. Вони характеризуються низкою технологічних, екологічних і економічних переваг у порівнянні з класичними іонними рідинами та електролітами на основі водних розчинів та традиційних органічних розчинників.

Нами були розглянуті закономірності анодного оброблення поверхні міді, нікелю та сплаву мідь-нікель в евтектичних сумішах холін хлориду з етиленгліколем (так званий ethaline) і з карбамідом (так званий reline). Було встановлено, що анодне оброблення сплаву у зазначених низькотемпературних евтектичних розчинниках в потенціостатичних умовах приводить до суттєвих змін морфології поверхні, хоча хімічний склад поверхні не змінюється (у межах похибки вимірювання). Втім, еволюція поверхневої морфології викликає помітні зміни у електрокаталітичній активності, яку визначали для реакції катодного виділення водню у водному розчині 1 М NaOH. У деяких випадках (в залежності від використаного потенціалу анодного оброблення) густина струму обміну реакції виділення водню збільшувалася на один-два порядки, що вказує на яскраво виражений електрокаталітичний ефект. При цьому механізм катодного процесу не змінювався (механізм Фольмера-Гейровського). На нашу думку, суттєве зростання електрокаталітичної активності пов'язано зі збільшенням концентрації поверхневих активних каталітичних центрів на поверхні унаслідок анодного розчинення (травлення) поверхні сплаву. Отримані результати можуть бути використані при розробці нових високоефективних електрокаталізаторів для "зеленої" водневої енергетики.

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВОК СПРЯЖЕНИХ ПОЛІАМІНОАРЕНІВ

Мосейчук Т.О.¹, Мартинюк Г.В.², Яцков М.В.¹

e-mail: moseichuktania22@gmail.com

¹Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський технічний фаховий
коледж НУВГП»,
Україна, Рівне

²Рівненський державний гуманітарний університет,
Україна, Рівне

Техногенне забруднення навколишнього середовища в результаті військових дій в країні все більше впливає на здоров'я населення, стан довкілля, та можливість виживання в складних еколого-економічних умовах. Тому швидке та вибіркоче виявлення небезпечних газів, стали пріоритетними напрямками охорони здоров'я людини та об'єктів довкілля в умовах різкого техногенного забруднення. Одними з найперспективніших сенсорних середовищ для проведення моніторингу газів сьогодні вважають газочутливі плівки на основі спряжених поліаміноаренів (ПА) з власною електронною провідністю (Пан та його похідні), що є дуже чутливі до дії газів [1], аналітичний (інформаційний) сигнал яких сприймається візуально, тобто за зміною кольору. Встановлено, що плівки ПА під впливом полярних газів, зокрема NH_3 , виявляють газохромний ефект – тобто зміну забарвлення (або його інтенсивності) при взаємодії сенсорної плівки з молекулами газів [2]. Метою дослідження було вивчення сенсорних властивостей та розроблення чутливого елемента газових сенсорів на основі тонких плівок спряжених поліаміноаренів: поліаніліну та поліортотолуїдину для моніторингу атмосферного повітря та продуктів харчування. Полімерні плівки Пан та ПоТІ відповідної товщини були синтезовані методом електрохімічного осадження на скляну поверхню, вкриту електропровідним шаром SnO_2 з 0,1М розчинів мономерів в 0,5М розчині H_2SO_4 в результаті 5–15 циклів розгортки потенціалу, $E=0\ldots 1,0$ В. При цьому скляна пластинка покривалась тонкою полімерною плівкою яскраво-зеленого кольору. При взаємодії з аміачним середовищем колір плівки змінювався з зеленого на синій, що і відповідало змінам в оптичних спектрах поглинання. Встановлено, що зміна кольору сенсора (органічних плівок ПА) є наслідком впливу полярного газу на електронну структуру спряженого полімеру і, відповідно, положення максимуму оптичного поглинання [1].

Література:

1. Aksimentyeva O. I., Tsizh B. R., Horbenko Yu. Yu. [et al.]. Flexible elements of gas sensors based on conjugated polyaminoarenes. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2019. 670(1). – P. 3–10.
2. Du Z., Li C., Li L, [et al.]. Ammonia gas detection based on polyaniline nanofibers coated on interdigitated array electrodes. *J Mater Sci: Mater Electron*, 2011. 22(4), 418–421.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ЕКСТРАКТИВНИХ РЕЧОВИН У НАСТОЙКАХ РОСЛИН РОДУ *TAGETES*

Постол М.В.

e-mail: malvinapstlvpo@gmail.com

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
Україна, Одеса*

Рід *Tagetes* - це однорічні трав'янисті рослини родини айстрових, які мають приблизно 50 видів і відомі як чорнобривці. Вони вважаються символом України та українського народу, але походять з Центральної та Південної Америки, а в Україну були завезені лише в 18 столітті.

В наш час найпоширенішими українськими видами чорнобривців є прямостоячі та розлогі. Вони не описані в Державній Фармакопеї України і не відносяться до офіційних лікарських рослин, але в народній медицині їх лікувальні властивості відомі з давніх часів. Чорнобривці ефективні для лікування різноманітних захворювань: лихоманки, захворювання нирок, суглобів, гепатиту, ревматизму, діабету, гіпертонії тощо. Їх лікувальні властивості обумовлені присутністю таких біологічно-активних речовин (БАР), як флавоноїди, терпеноїди, стероїди, каротиноїди, алкалоїди тощо. Відомо, що БАР в різних частинах рослин містяться в різних кількостях, але їх вилучення з чорнобривців досі ще мало вивчено.

До недавнього часу витяги БАР з рослинної сировини здійснювалося переважно двома способами: 1) за допомогою кип'ятіння (виготовлення настоїв і відварів), при якому більшість корисних речовин руйнується; 2) за допомогою різних розчинників (виготовлення настоек).

Мета даної роботи: дослідити вміст екстрактивних речовин в настояках насіння і коріння чорнобривців, виготовлених при застосуванні водних розчинів етанолу різних концентрацій.

Об'єктом дослідження слугувало насіння і коріння прямостоячих чорнобривців, які вирощені та зібрані восени в Одеській області. В якості екстрагентів застосовували водні розчини етилового спирту (40, 60, 70 і 95%). Співвідношення маси (г) рослинної сировини до об'єму (мл) екстрагенту 1:30, температура екстракції 20°C. Настойки готували методом мацерації, проводячи настоювання в темряві протягом 7 днів. В настояках визначали густину, сухий залишок і розраховували вміст екстрактивних речовин за допомогою сухого залишку.

Проведені дослідження показали, що густина настоек насіння і коріння чорнобривців, сухий залишок, а також вміст екстрактивних речовин в цих витягах зменшуються при збільшенні концентрації етанолу від 40 до 95%.

Отже, в досліджених настояках чорнобривців з 40% водним етанолом найбільша кількість БАР. Результати можуть бути застосовані при створенні нових фітопрепаратів із застосуванням чорнобривців.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОБАЛЬТОВИХ АМОРФНИХ СПЛАВІВ У ЛУЖНИХ РОЗЧИНАХ

Слободний В.А.¹, Столярчук М.Р.¹, Герцик О.М.¹, Пандяк Н.Л.²

e-mail: vitalii.slobodnyi@lnu.edu.ua

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
Україна, Львів

²Національний лісотехнічний університет,
України, Львів

Аморфні металеві сплави (АМС) володіють високою корозійною тривкістю в різних агресивних середовищах. Кобальтові сплави відносяться до самозахисних, тобто можуть пасивуватися як в атмосферних умовах, так і в агресивних середовищах. Корозійна тривкість АМС є результатом високої швидкості утворення пасивної плівки. Найчастіше пасивуючі плівки – це оксиди, які є стійкішими до розчинення ніж вихідні метали. На поверхні кобальтових АМС можуть виникати оксиди різного складу Co_xO_y , які навіть змінюють кристалічність поверхневих шарів. Порівняння кінетики встановлення стаціонарного потенціалу контактної та зовнішньої поверхонь стрічкових АМС $Co_{75,5}Fe_{4,6}Si_6B_{16,7}$, $Co_{73,2}Fe_{4,3}Mn_{0,5}Si_{5,3}B_{16,7}$ та $Co_{73,3}(Fe,Ni,Mo,Mn)_{5,7}(Si_{0,2}B_{0,8})_{21}$ у водних розчинах NaOH різної концентрації показало пасивуючу дію цих розчинів (табл.).

Електрохімічні параметри АМС-електродів у водних розчинах NaOH

C_{NaOH}	Поверхня	$-E_0, V$	$-E_c, V$	τ_c, c	$v \cdot 10^4, B/c$
$Co_{75,5}Fe_{4,6}Si_6B_{16,7}$					
0,01	к	0,43	0,45	210	1,00
	з	0,44	0,45	20	1,30
0,10	к	0,36	0,37	40	0,50
	з	0,35	0,38	180	2,00
$Co_{73,2}Fe_{4,3}Mn_{0,5}Si_{5,3}B_{16,7}$					
0,01	к	0,43	0,45	270	2,00
	з	0,50	0,46	480	3,33
0,10	к	0,46	0,43	1380	0,83
	з	0,41	0,39	900	0,17
$Co_{73,3}(Fe,Ni,Mo,Mn)_{5,7}(Si_{0,2}B_{0,8})_{21}$					
0,01	к	0,37	0,43	1200	3,80
	з	0,57	0,60	540	2,50
0,10	к	0,42	0,47	1080	2,17
	з	0,41	0,53	1560	8,50

В лужних середовищах досліджувані АМС виявилися досить тривкими. Вища тривкість простежується при вищій концентрації NaOH. Однак із збільшенням числа компонентів сплаву тривкість дещо знижується, а у випадку контактної поверхні десятикратне підвищення вмісту NaOH в агресивному середовищі, практично, не впливає.

**ЕЛЕКТРОЛІТИЧНЕ ОСАДЖЕННЯ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ
НІКЕЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ
ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ
ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ**

Сухацький О.Д., Боброва Л.С., Бутиріна Т.Є., Проценко В.С.

e-mail: aleksandrsuhackij2@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Електрохімічне осадження сплавів нікелю є одним з найбільш розповсюджених процесів у сучасній гальванохімії, оскільки дозволяє одержувати покриття з комплексом цінних покращених фізичних, хімічних і експлуатаційних властивостей. Зокрема, сплави нікелю можуть бути використані як високоефективні електрокаталітичні матеріали при електролізі води. Електроосадження сплавів нікелю проводять як зі "звичайних" водних розчинів, так і з електролітів на основі органічних розчинників та іонних рідин. Останнім часом велику зацікавленість викликають процеси осадження сплавів на основі Ni з використанням так званих низькотемпературних евтектичних розчинників, що є екологічно і економічно привабливою альтернативою традиційним іонним рідинам.

В даній роботі ми досліджували закономірності електроосадження сплавів нікелю з низкою легуючих компонентів (залізо, церій, молібден, лантан) з рідких сумішей на основі евтектичних сумішей холін хлорид + етиленгліколь та холін хлорид + сечовина. Ці рідини є найтиповішими представниками низькотемпературних евтектичних розчинників. Було показано, що використання цього класу іонних рідин створює певні переваги при осадженні електрокаталізаторів у порівнянні з водними електролітами. Утворення сплавів нікелю сприяє суттєвому підвищенню густини струму обміну реакції виділення водню в водному лужному розчині гідроксиду натрію на осаджених покриттях, тобто зростанню електрокаталітичної активності. Навіть мікромодифікація нікелю церієм і лантаном (не більше 1–3 мас.%) приводить до збільшення густини струму обміну реакції виділення водню на кілька порядків. Спостережені ефекти можуть бути пов'язані із синергетичною взаємодією компонентів осаджених електрокаталізаторів, а також утворенням на поверхні

каталітичних активних центрів, на яких метал-каталізатор існує в різних ступенях окислення і відіграє роль переносника електронів.

Отримані результати доцільно використовувати для створення новітніх високоефективних електрокаталізаторів для електрохімічного синтезу «зеленого» водню шляхом електролізу води.

ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРИ НА ОСНОВІ СУБОКСИДІВ ТИТАНУ

Ткаченко О.І., Книш В.О., Шмичкова О.Б, Лук'яненко Т.В.

e-mail: tluk@ukr.net

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

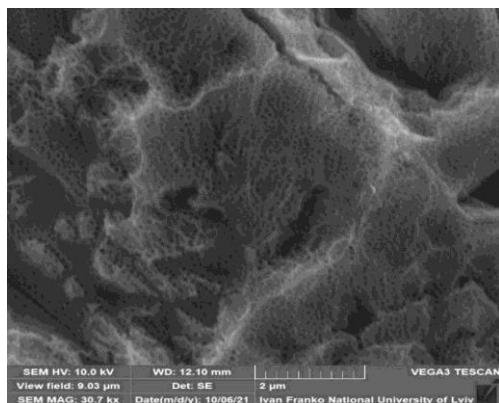
Слід зазначити, що організація анодних процесів у водних розчинах є доволі складним завданням, оскільки за високих анодних потенціалів вони реалізуються за участю кисеньвмісних радикалів [1]. За цього концентрація води суттєво перевищує кількості інших компонентів розчину. Це потребує використання специфічних каталізаторів. В цій роботі ми вивчали закономірності утворення композитів системи $\text{TiO}_x\text{-Pt}$ та їх фізико-хімічні властивості.

Такі системи можна одержати з TiO_2 нанотрубок шляхом часткового відновлення з утворенням субоксидів титану різного ступеня стехіометрії. Цей метод дозволяє створити розвинену поверхню матриці для електроосадження каталітичних шарів платини, а подальша їхня термообробка при різному парціальному тиску кисню дозволяє формувати композити різного складу. Катіонні вакансії в матриці та дефіцит іонів кисню суттєво збільшить мобільність атомів платини при термообробці, а утворений композит буде мати високу каталітичну активність, селективність до обраних процесів та подовжений термін експлуатації за рахунок впровадження платини в оксидну матрицю.

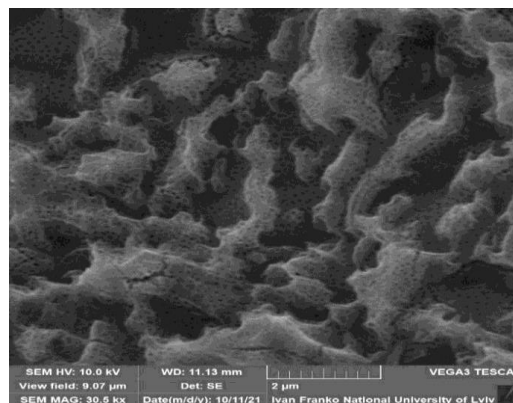
Отримання TiO_2 нанотрубок проводили в дві стадії на попередньо підготовленій Ti пластині. Перша стадія - анодне осадження при 40 В з електроліту, що містив етиленгліколь (EG) і 0,25 ваг.% NH_4F , а також електроліту з EG і 5 ваг.% H_3PO_4 . Друга стадія - катодне відновлення в 1 М NaClO_4 . Потім на відновлену поверхню наносили електрохімічно Pt. Термообробка складала 3 години при 500° С.

Отримані нанотрубки, синтезовані описаним методом, містять на поверхні значну кількість рентгеноаморфних сполук, якими, швидше за все, є гідратовані оксиди титану.

Основною кристалічною фазою є діоксид титану в алотропній формі анатазу. Металічний титан наявний на поверхні в слідових кількостях. Термічна обробка цього матеріалу за температури 500°С впродовж 3 годин в атмосфері повітря приводить до збільшення частки кристалічної фази (див. рис. 1). Як випливає з результатів, відбулася значна аморфізація поверхні матеріалу. Термічна обробка цього матеріалу приводила до підвищення його кристалічності та збільшення частки металічного титану в покритті. Таким чином, як і очікувалося, відбулося зменшення частки кисню в композитному матеріалі, що повинно сприяти збільшенню його електропровідності та збільшенню можливості нанесення на поверхню металічного покриття.



а



б

Рисунок 3.1 – СЕМ-фотографії. Матеріал – Ti/TiO₂ нанотрубки (а); термічно оброблені відновлені Ti/TiO₂ нанотрубки (б)

Дійсно, після катодного відновлення нанотрубок на поверхню матеріалу рівномірно наноситься гальванічне покриття з металічної платини.

Проведені дослідження напівпровідникових властивостей TiO₂-нанотрубок (табл. 1). За частоти змінного струму 5 Гц залежності C^{-2} –E для досліджуваних матеріалів є лінійними в широкому діапазоні потенціалів.

Таблиця 3.3 – Напівпровідникові властивості TiO₂-нанотрубок, оброблених в різний спосіб

Матеріал	Потенціал плоских зон E_{fb} , В	Кількість носіїв N , см ⁻³
Ti/TiO ₂ нанотрубки	0,122	8×10^{22}
Відновлені Ti/TiO ₂ нанотрубки	0,254	1×10^{23}
Відновлені Ti/TiO ₂ -Pt нанотрубки	0,487	6×10^{23}

Така висока концентрація носіїв, очевидно, зумовлена малою товщиною оксидної плівки та її нестехіометрією, внаслідок чого поверхня не дуже збіднена електронами, оскільки їх донором виступає металічний титан. Під час термічної обробки збільшується значення потенціалу пласких зон і концентрація носіїв, що може бути пов'язано з більш кристалічною структурою матеріалу, що супроводжується збільшенням частки металічного титану, який виконує роль донора електронів.

Показано, що осадження платини на попередньо відновлену поверхню нанотрубок дозволяє отримати композитні покриття з більш високою електропровідністю, а термообробка такого покриття характеризується вмістом більшої частки TiO₂, підвищеною адгезією до колектора струму і підвищенням кристалічності покриття. За цього внутрішні напруги покриття зменшуються в кілька разів.

Література:

1. Walsh, F.C. Modern developments in electrodes for electrochemical technology and the role of surface finishing / F.C. Walsh // Trans. Inst. Met. Finish. – 2019. – Vol. 97(1). – P. 28-42.

ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗОВМІСНОГО КОАГУЛЯНТУ З ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ БОКСИТІВ МЕТОДОМ БАЙЄРА

Фартосюк Т.В., Кузьменко А.В.

e-mail: tetyana.fartosyuk@plasmatec.com.ua

*Східноукраїнський національний університет імені В.Даля,
Україна, Київ*

Збереження водних ресурсів одне з головних завдань яке стоїть перед нашим суспільством. Невід'ємним процесом такого завдання є очистка промислових та побутових стічних вод. Існує велика кількість способів очищення стічних вод, в тому ж числі метод очистки за допомогою коагуляції. В якості неорганічних коагулянтів для очищення води застосовують солі алюмінію та заліза, здатних до гідролізу у водних розчинах з утворенням гідроокису у вигляді осаду. Такі гідроокиси захоплюють з собою 90% і більше твердих та мілкодисперсних забрудників води. Доцільно розглянути в якості сировини для виробництва коагулянту «червоний шлам» як реагент для видалення фосфатів, нітратів, фторидів та іонів важких металів. «Червоний шлам» це побічний продукт який утворюється внаслідок переробки бокситів методом Байєра. Цей продукт містить в собі оксиди заліза які можуть бути основою для виготовлення залізовмісного коагулянту.

Метою дослідження є отримання розчину солі $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ з оксиду заліза який міститься у «червоному шламі» переважно у формі Fe_2O_3 .

В проведених дослідженнях для отримання залізовмісного коагулянту використовували сірчану кислоту в різних пропорціях та концентраціях для активації оксидів заліза та переведення їх в солі FeSO_4 . Не менш важливим в результаті дослідження виявився температурний режим отримання коагулянту, оскільки мав прямий вплив на концентрацію діючої речовини при однакових відсоткових співвідношеннях кислоти та на ступінь розчинення оксидів заліза, що прямо впливає на кількість нерозчиненого залишку.

Таким чином сульфат заліза можна отримувати розчиненням оксиду заліза стехіометричною кількістю сірчаної кислоти. В процесі проведеної роботи було виявлено надлишок вільної кислоти у продукті, що є негативним явищем для процесу очищення, оскільки створює кисле середовище в очищеній воді. Для уникнення утворення надлишку вільної кислоти експериментально використовували різну кількість «червоного шламу».

Дослідження ефективності отриманого продукту проводили на стічних водах декількох підприємств харчової промисловості. Результати тестування показали, що дозування кількості коагулянту впливає на утворення осаду, зниження каламутності, ефективність освітлення та водночас має залежність від рН стічних вод та ступеню їх забруднення.

СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КРЕМНЕЗЕМНИХ МАТЕРІАЛІВ, МОДИФІКОВАНИХ ФОСФОНОВИМИ ГРУПАМИ

Христенко І.В., Орлова О.О.

e-mail: khristenko@karazin.ua

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
Україна, Харків*

Сорбційний метод є одним із поширених методів, що використовується для виявлення та вилучення іонів металів та їх сполук із об'єктів навколишнього середовища. Одним із основних параметрів, що впливає на ефективність та селективність процесу сорбції є специфічні властивості сорбенту, які обумовлені природою, топографією та методом закріплення функціональних поверхневих груп.

Перспективними матеріалами для визначення та вилучення іонів металів є орґано-кремнеземні матеріали, модифіковані фосфоновими кислотами.

Метою роботи було дослідити сорбцію іонів Cd, Pb, Cu і Fe на поверхні кремнезему, модифікованого фосфоновими групами; виявити вплив структури модифікатора на сорбційні властивості матеріалу.

Досліджені матеріали (рис.1): силікагель, модифікований N-(1-метил-1-фосфонатоетил) амінопропільними групами (матеріал 1); силікагель, модифікований N-(1-феніл-1-фосфонатоетил) амінопропільними групами (матеріал 2); силікагель, модифікований N-(2-фосфонатоетил)амінопропільними групами (матеріал 3).

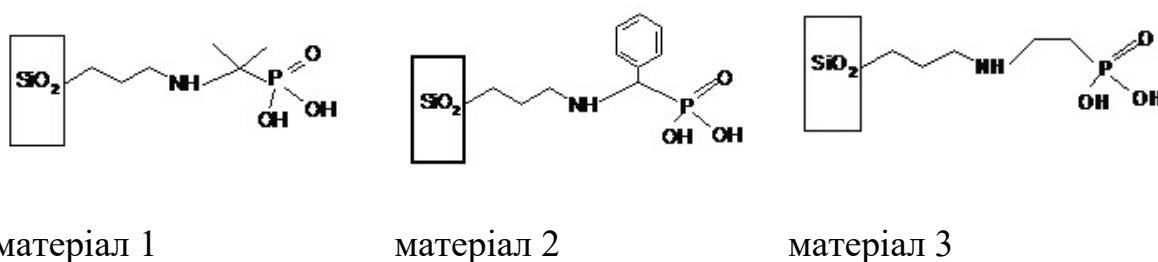


Рисунок 1 – Об'єкти дослідження

На підставі експериментальних даних про вміст іонів металів в розчині до і після контакту з сорбентами побудували ізотерми сорбції. Ізотерми сорбції іонів Co(II), Pb(II), Cu(II) на поверхні досліджених матеріалів можна описати рівнянням Ленгмюра. Ізотерми сорбції іонів Fe(III) – рівнянням Фрейндліха, що є наслідком неідеальної сорбції та обумовлено взаємодією між адсорбованими частинками і впливом поверхневих груп один на одного.

Виявлено вплив структури ніжки модифікатора на кількісні характеристики сорбції іонів металів.

ХІМІКО-АНАЛІТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІФУНКЦІОНАЛЬНОГО РЕАГЕНТУ 8-ГІДРОКСИХІНОЛІН-АЗО-ФЕНІЛБОРОНАТУ

Чонтош Т.О., Фершал М.В., Магада Є.Ю.

e-mail: tetiana.chontosh@uzhnu.edu.ua

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
Україна, Ужгород*

Молекулярні хімічні сенсори є одним із напрямків аналітичної хімії, що швидко розвивається, а його досягнення знаходять використання в галузі медицини, діагностиці захворювань, охорони навколишнього середовища, промисловості, хімічному та фармацевтичному аналізі та ін. Вимоги, що ставлять до сенсорних молекул, такі як простота отримання та застосування, низька токсичність та висока селективність, спонукають до пошуку та дослідження нових реагентів [1] чи модифікації структури вже існуючих. Одним із підходів до одержання молекулярних сенсорних сполук з новими або покращеними аналітичними характеристиками можна вважати поєднання властивостей відомих реагентів в одну сенсорну молекулу.

Нами досліджено нову перспективну сенсорну молекулу 8-гідроксихінолін-азо-фенілборонат (8-ГХФБ), одержану азосполученням 8-гідроксихіноліну – відомого гравіметричного реагенту та 3-амінофенілбороново кислоти, що здатна до взаємодії з поліолами [2,3]. Структуру отриманої сполуки підтверджено хромато-масспектрометрично та з допомогою ІЧ та ЯМР спектроскопії. 8-ГХФБ добре розчинний в етанолі, стійкий при нагріванні до 400°C.

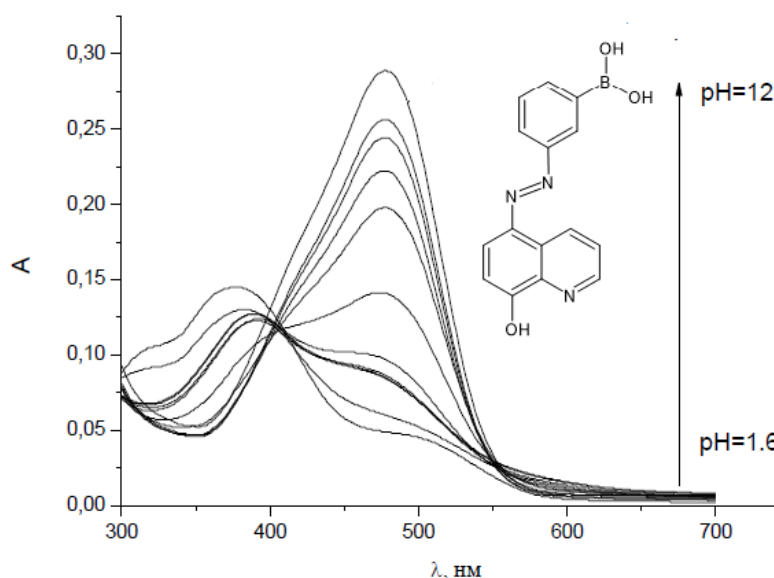


Рис. 1. Спектри світлопоглинання 8-ГХФБ у фосфатному буфері.

$$C_{8\text{-ГХФБ}} = 1 \times 10^{-4} \text{ моль/л}$$

Спектрофотометрично досліджено протолітичні властивості реагенту та запропоновано існування у водних розчинах принаймні

чотирьох форм: протонованої RH^{2+} , нейтральної малорозчинної у воді RH^0 , гідроксильованої по боронатній групі RHOH^- , та депротонованої по фенольному гідроксилу ROH^{2-} .

Показано, що 8-ГХФБ здатний до комплексоутворення із рядом катіонів, серед яких найбільш контрастними є реакції із Ag^+ , Fe^{3+} , Co^{2+} та Ni^{2+} . Проведено попередні дослідження аналітичного використання реагенту для безекстракційного визначення нікелю у формі комплексної сполуки червоного кольору. Спектри світлопоглинання 8-ГХФБ у присутності від 0 до 1,17 мкг/мл Ni^{2+} зображено на рис.2. У оптимальних умовах ($\text{pH}=3,5-4,5$; $\lambda=530$ нм; $W(\text{ПВС})=0,1\%$; $l=1\text{см}$) $\text{LOD}=1 \cdot 10^{-2}$ мкг/мл, $\text{LOQ}=3,3 \cdot 10^{-2}$ мкг/мл, діапазон лінійності лежить в межах від 0,02 до 1 мкг/мл Ni^{2+} .

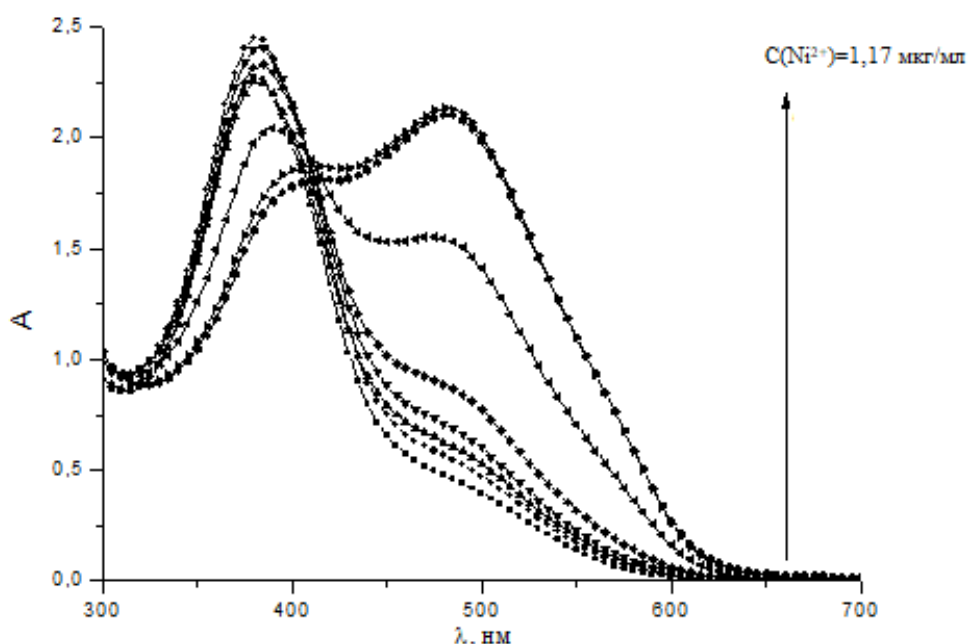


Рис. 2. Спектри світлопоглинання 8-ГХФБ при різній концентрації Ni^{2+} .
 $C_{8\text{-ГХФБ}}=2 \times 10^{-4}$ моль/л

Література:

1. Upadhyay, S., Singh, A., Sinha, R., Omer, S., Negi, K. Colorimetric chemosensors for d-metal ions: A review in the past, present and future prospect. *Journal of Molecular Structure*, 2019, 1193, 89-102.
2. Kur, K., Przybyt, M., & Miller, E. Study of 3-amino phenylboronic acid interactions with selected sugars by optical methods. *Journal of Luminescence*, 2017, 183: 486-493.
3. Trejo-Huizar, K. E., Jiménez-Sánchez, A., Martínez-Aguirre, M. A., & Yatsimirsky, A. K. Fluorescence ratiometric sensing of polyols by phenylboronic acid complexes with ligands exhibiting excited-state intramolecular proton transfer in aqueous micellar media. *Journal of Luminescence*, 2016, 179: 393-401.

НОВИЙ ХЕМОСЕНСОР ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФЕРУМУ

Юрченко О.М., Кормош Ж.О., Супрунович С.В., Власюк А.В.

e-mail: Yurchenko.oksana@vnu.edu.ua

*Волинський національний університет імені Лесі Українки,
Україна, Луцьк*

У хемосенсиориці, біологічній хімії, фізіології та медицині термін «сенсор» асоціюється з молекулою або молекулярним пристроєм, які дають чіткий відгук (аналітичний сигнал) при зв'язуванні визначаючого об'єкта в аналіті.

За механізмом дії розрізняють три основних типи хемосенсорів: хромогенні, флуорогенні та фотохромні. Хромогенні хемосенсори змінюють свій колір безпосередньо при реакції зі субстратом, флуорогенні утворюють комплекси з виникненням або гасінням флуоресценції, а молекули фотохромних хемосенсорів стають сенсорними після попереднього опромінення, що викликає необхідні перегрупування й активацію рецептора [1].

Флуоресцентні сенсори мають ряд переваг: дуже чутливі (в окремих випадках вдається детектувати кілька молекул сполуки), недорогі, легкі у виконанні, метод володіє високим розширенням по хвильовій та часовій шкалами вимірювання. Крім того, спектри люмінесценції тонко реагують як на структурні зміни молекул сенсора та субстрату, так і на зовнішні умови [2].

Метою роботи є розробка нового хемосенсора на йони Fe^{3+} на основі реактиву ХС1 (Натрію 3-({[3',6'-біс(диетиламіно)-3-оксо-2,3-дигідроспіро[ізоіндол-1,9'-ксантен]-2-іл]іміно} метил)-4-гідроксибензен-1-сульфонату) та оптимізація умов його роботи.

Синтез ХС1 проводили наступним чином. До Родамін С гідрозиду та натрій 3-форміл-4-гідроксибензенсульфонату додавали етанол. Одержану малинову суспензію нагрівали при перемішуванні при $\sim 65^\circ\text{C}$ протягом 3 год, профільтрували. До фільтрату невеликими порціями додавали кальциновану соду, доки забарвлення не змінилось з малинового на темно-оранжеве. Реакційну суміш профільтрували, фільтрат випарили, утворену склоподібну масу болотного кольору розчинили в бензені. Одержаний темно-зелений розчин вилили у гексан. Сіруватий осад, що при цьому випав, відфільтрували, промили гексаном, висушили при $\sim 75^\circ\text{C}$. Одержали світло-сірий із зеленкуватим відтінком порошок. Схема синтезу подана на рис. 1.

Встановлено оптимальні умови, які необхідні для кількісного визначення іонів Fe^{3+} , а саме: визначено довжину хвилі, при якій відбувається максимальне поглинання світла (554 нм, рис. 2), оптимальне значення рН, підбрано розчинник (ацетонітрил) та його кількість, при якій спостерігаються найкращі результати.

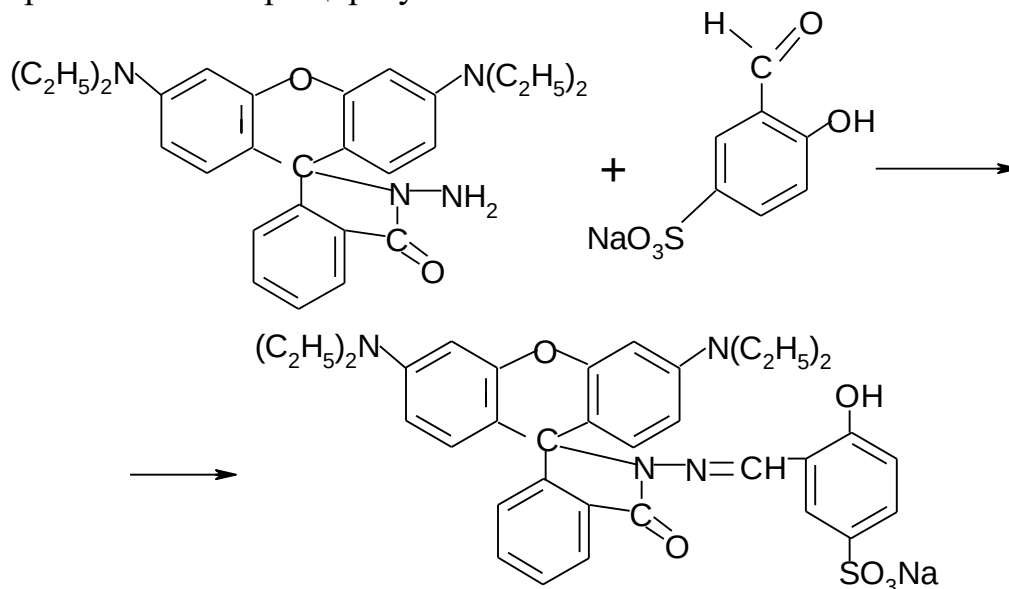


Рис. 1. Схема синтезу XC1

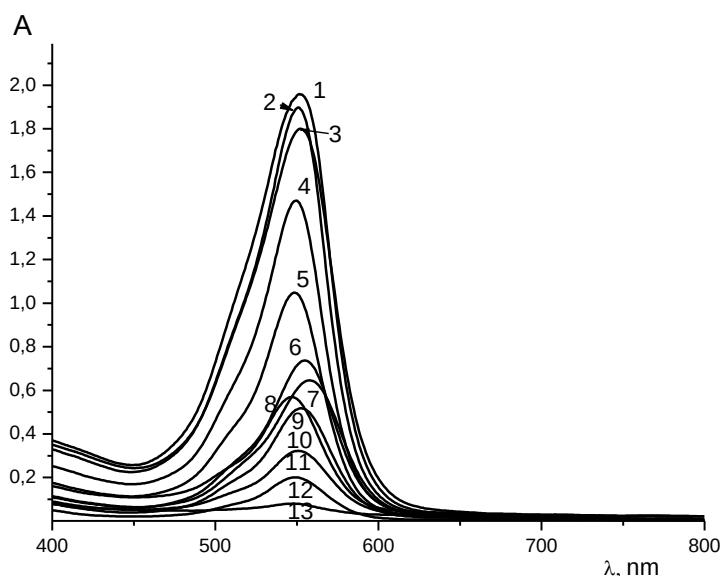


Рис. 2. Спектри поглинання розчинів із реагентом XC1 та стандартним розчином Fe^{3+} концентрацією $1,349 \cdot 10^{-3}$ М з додаванням ацетонітрилу та оцтово-ацетатного буферу (рН = 4).

1 – 0,5 мл АН ($\text{Fe}(\text{III})$); 2 – 1,0 мл АН ($\text{Fe}(\text{III})$); 3 – 0 мл АН ($\text{Fe}(\text{III})$);
4 – 1,5 мл АН ($\text{Fe}(\text{III})$); 5 – 2,0 мл АН ($\text{Fe}(\text{III})$); 6 – 0,5 мл АН; 7 – 0 мл АН;
8 – 3,0 мл АН ($\text{Fe}(\text{III})$); 9 – 1 мл АН; 10 – 1,5 мл АН; 11 – 2 мл АН; 12 –
3 мл АН (АН – ацетонітрил).

Література:

1. Anslyn E.V. Chemosensors: principles, strategies, and applications / E.V. Anslyn., B. Wang // John Wiley & Sons, New York. – 2011. – P. 544.
2. Prodi L. Luminescent chemosensors for transition metal ions / L. Prodi, F. Bolletta, M. Montalti, N. Zaccheroni // Coord. Chem. Rev. – 2000. – Vol. 205, № 1. – P. 59-83.

**ТЕХНОЛОГІЇ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН,
ГІБРИДНИХ І НАНОМАТЕРІАЛІВ,
ТЕХНОЛОГІЯ ВОДИ ТА ПРОМИСЛОВА
ЕКОЛОГІЯ**

**INORGANIC SUBSTANCES, HYBRID
AND NANOMATERIAL TECHNOLOGY, WATER
TECHNOLOGY AND INDUSTRIAL ECOLOGY**

CARBONATE SYSTEM BEHAVIOR IN THE DENITRIFYING BIOFILTER

Gevod V.S., Borysov I.A.

e-mail: vano96g@gmail.com

*Ukrainian State University of Chemistry Technology,
Ukraine, Dnipro*

The carbonate system in the filtrate of small size, point-of-use denitrifying biofilter was studied on a bench scale. The device is designed to operate in displacement (piston) mode. It allows one to get up to 5 liters of denitrified water daily in one gulp reducing the concentration of nitrate ions in water by 96-98% from its original value of $3 \cdot 10^{-3}\text{M}$ - $1,2 \cdot 10^{-2}\text{M}$. During the microbiological transformation of $3,0 \cdot 10^{-3}\text{M}$ nitrate ions into nitrogen gas, the filtrate enriched with $2,6 \cdot 10^{-3}\text{M}$ bicarbonate ions and $3,9 \cdot 10^{-4}\text{M}$ of hydroxyl ions. Appearance the excess of bicarbonate ions leads to a proportional reduction in the filtrate calcium hardness when it reaches contact with atmospheric air. The concentrations of carbonate components and calcium ions at equilibrium in both initial and denitrified water, along with their kinetics of variation, are verified through physical experiments and mathematical modeling.

The course of chemical reactions leading to the biologically induced formation of hardness salt precipitation in the water bulk of the carbonate system in denitrifying biofilter depends on the degree of accumulation in their alkaline bacterial products (bacterial exometabolites). Denitrifying bacteria inside the biofilter release bicarbonate and hydroxyl ions. This occurs because of the assimilation of carbon by bacterial cells from nutrient substrates and the use of oxygen from nitrate and sulfate ions to breathe. Hydrolysis of bicarbonate ions results in the appearance of carbonic acid and additional hydroxyl ions in water. As they accumulate, the hydroxyl ions interact with bicarbonate ions to form carbonate ions, which interact with calcium ions to form a calcium carbonate sediment.

In a closed carbonate system of denitrifying biofilter, the appearance of an additional amount of bicarbonate ions does not increase pH. In this case, the hydrolysis of bicarbonate ions is inhibited by the carbonic acid accumulating in the water. When filtrate reaches contact with atmospheric air, the equilibrium of the hydrolysis shifts to the right due to the volatilization of carbon dioxide from carbonic acid. As a result, the accumulation of hydroxyl and carbonate ions in the water facilitates. These ions ensure the formation of calcium carbonate sediments and mixed calcium-magnesium carbonates when free calcium and magnesium cations are available in the water. The most significant changes in component concentrations in the carbonate system occur during intense gas exchange.

MATERIALS FUNCTIONALIZATION (TITANIUM (IV) OXIDE MODIFIED BY DOPING METAL NANOPARTICLES) FOR DEGRADATION OF EMERGING CONTAMINANTS INCLUDING PHARMACEUTICAL POLLUTANTS

Skiba M.I., Kovalenko I.L., Zaluzhnyi D.S., Skyba Y.M., Bila A.F.

e-mail: margaritaskiba88@gmail.com

*Ukrainian State University of Chemistry Technology,
Ukraine, Dnipro*

The escalation of environmental contamination presents a pressing issue, spurred by the burgeoning human population, urban sprawl, and industrial progress. Hazardous chemicals increasingly infiltrate the environment, particularly in soil and water. Traditional remediation methods employed in treatment plants often fall short in effectively eliminating these chemicals, as they are not tailored for this specific purpose [1, 2]. Consequently, there is a pressing need for innovative approaches to water remediation. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs), encompassing medications, supplements, and cosmetics, have been extensively researched, revealing diverse biological activities. The favorable physicochemical properties of titanium(IV) oxide, whether in its mineral forms, doped variations, or composite systems, position it as a promising candidate for photocatalytic applications.

An obstacle in utilizing pure TiO_2 as a photocatalyst lies in the necessity for near-UV irradiation to effectively initiate the photocatalysis process in the reaction environment. This limitation arises from the band gap of titania, measuring 3.2 eV for anatase and 3.0 eV for rutile. The mandated irradiation wavelength only constitutes 4% of visible light, falling predominantly within the UV spectrum. This renders visible light irradiation highly inefficient. Nevertheless, this drawback can be surmounted through various strategies, particularly by creating hybrid or composite materials with compounds that enhance TiO_2 's photosensitizing capability toward visible light. TiO_2 photocatalytic efficacy can be further augmented by doping it with other compounds. Notably, the introduction of noble metal ions as modifications to TiO_2 can yield satisfactory outcomes in terms of photoconversion. These doped materials, featuring a broad band gap, could be activated by visible light, positioning them as viable catalysts for photoremediation in visible light. Dispersion of noble metal nanoparticles on the P25 surface, known as a metal-semiconductor junction, can enhance P25 photocatalytic activities under UV and visible light by two distinct features: 1) Schottky junctions which act as an electron trap, 2) localized surface plasmon resonance (LSPR) which extends the light absorption and improves P25 photocatalytic activity at the same time.

A composite material was obtained, namely titanium oxide plasma chemically doped with silver nanoparticles. The conditions and regularities of

the plasma-chemical production of titanium(IV) oxide nanocomposites with the composition $\text{TiO}_2/\text{Me}=\text{Ag-NPs}$ were established, and the functional photocatalytic, antibacterial properties of the obtained composites were established. Photocatalytic assays were conducted on a range of pharmaceuticals with diverse physicochemical properties. The photocatalytic efficacy of Ag-modified TiO_2 was assessed by gauging the degradation rate of phenol in a water solution under UV and visible light irradiation from a 1000 W xenon lamp. The commercially available TiO_2 variant, P25, was loaded with AgNPs at concentrations of 0.5%, 1%, and 2% by weight. Unaltered P25 exhibited a 33% degradation of phenol after 60 minutes of UV light exposure and 22% under visible light irradiation. Enhanced outcomes were observed for Ag-loaded TiO_2 . In the case of 2% Ag-P25, the highest phenol degradation rate reached 92% under 60 minutes of UV irradiation. However, overall degradation rates in visible light were considerably lower for both modified and unmodified materials. Interestingly, the 1% Ag-P25 sample demonstrated the most favorable results under visible light irradiation. The research delved into the visible light photocatalytic elimination of ibuprofen (IBP). The study explored the impact of varying the initial concentration of the IBP solution, ranging from 10 to 30 mg/L. The findings revealed removal percentages of 95.9%, 95.5%, 95%, 94.3%, and 92.0%, respectively, at the conclusion of the reaction. Notably, the oxidation efficiency of IBP exhibited a decrease with an escalation in the initial pollutant concentration. The impact of varying initial concentrations of sulfamethoxazole (SMX) was examined, revealing a decline in photodegradation efficiency from 50% to 22% as the SMX concentration increased from 0.2 mg/L to 12.0 mg/L. It was investigated the impact of photocatalyst concentration on the removal efficiency of various antibiotics. Photocatalytic experiments were conducted under visible light irradiation using different concentrations of a photocatalyst : 0.5 g/L, 1.5 g/L, and 2.5 g/L. On an example of SMX: the optimal concentration was identified as 1.25 g/L, resulting in an 85.33% removal efficiency ($k_{\text{app}} = 0.01 \text{ min}^{-1}$) for 10 mg/L SMX after 2.0 hours of irradiation. In comparison, catalyst concentrations of 0.5 g/L and 2.5 g/L could achieve 63.88% ($k_{\text{app}} = 0.006 \text{ min}^{-1}$) and 72.00% ($k_{\text{app}} = 0.0083 \text{ min}^{-1}$) SMX degradation under the same conditions, respectively.

References:

1. Krakowiak R, Musial J, Bakun P, Spychała M, Czarczynska-Goslinska B, Mlynarczyk DT, Koczorowski T, Sobotta L, Stanisław B, Goslinski T. Titanium Dioxide-Based Photocatalysts for Degradation of Emerging Contaminants including Pharmaceutical Pollutants. *Applied Sciences*. 2021; 11(18):8674. <https://doi.org/10.3390/app11188674>

TECHNOLOGICAL SCHEME OF GALVANIC WASTEWATER TREATMENT

Fedenko Yu.M., Synitska V.V.

e-mail: fedenkoyura@ukr.net

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikirsky Kyiv Polytechnic Institute",
Ukraine, Kyiv*

There are many technologies for the treatment of electroplating wastewater, including the following, proposed by authors (Fig. 1).

The wastewater from the electroplating plant enters the averaging tank 1. Its purpose is to average the wastewater to reduce the load on downstream treatment equipment.

After averaging, the feed water enters the electrocoagulator 2, where an electric current dissolve the anode and produces Fe^{2+} ions, which reduce Cr^{6+} to Cr^{3+} and precipitate chromium ions in the form of hydroxide. The resulting precipitate is shaken off the electrodes and fed to a vacuum press filter 5, where the precipitate is dewatered and further sent for recycling. The water from the press filter is recirculated to dilute the effluent and fed into the pipeline upstream of the electrocoagulator 2. After most metal ions have been precipitated, the wastewater is fed to a desalination unit consisting of a nanofiltration unit 3 (where iron slippage is retained) and a reverse osmosis unit 4 (to bring the water to drinking water standards). The concentrates from these units are mixed and fed into the pipeline before the nanofiltration unit 4 to reduce water consumption and the cost of their disposal. The liquid is moved throughout the entire production line by centrifugal pumps 6-9.

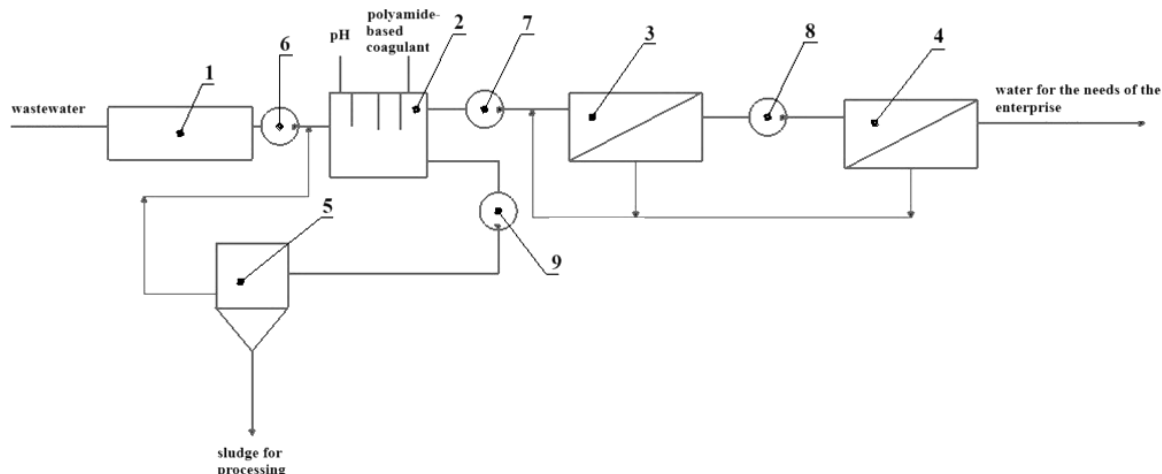


Fig. 1. Water preparation department for electroplating production

References:

1. Chavez Porras A. A clean alternative for galvanic wastewater treatment: literature review. *Rev. ing. univ. Medellin*. 2009. Vol. 8. № 14. P. 39–50.

RESEARCH ON DRINKING WATER QUALITY: EMPHASIS ON THE IMPORTANCE OF WATER HARDNESS

Razykov Z.A.¹ Hojiboev D.D.¹, Hojiboev S.K.¹, Qalandarbekov I.I.²

e-mail: dalerkhojiboev@gmail.com

¹*Mining-metallurgical Institute of Tajikistan,
Tajikistan, Buston*

²*Tajik Technical University named after academician M. Osimi,
Tajikistan, Dushanbe*

Ensuring access to safe drinking water is not only crucial for health but also a fundamental human right and a key aspect of effective health protection policies. The significance of water, sanitation, and hygiene in promoting health and development has been underscored in various international policy forums. A notable instance is the adoption of the Sustainable Development Goals in 2015, wherein countries committed to a target and indicator specifically addressing safe drinking water. Moreover, the United Nations General Assembly emphasized in 2010 that access to safe and clean drinking water, along with sanitation, is a human right essential for the full enjoyment of life and other human rights. These commitments are part of a broader history of support, including the adoption of the Millennium Development Goals in 2000 and the declaration of the period 2005-2015 as the International Decade for Action, "Water for Life." and International Decade for Action "Water for Sustainable Development", 2018-2028 [1]

In accordance with the action plan of the research project "Community of Specialists in Research and Practice in the Field of Water Supply, Sanitation and Hygiene in Central Asia" (COP4WASH Central Asia), a study of water quality was conducted in some areas of the Sughd region

The practical significance of this study was that for the first-time work was carried out to determine the quality of drinking water in the target regions of the Sughd region. In particular, the following parameters were studied, the results of which are given in table. 1. This study focuses on the importance of water hardness as an important parameter.

Hardness (a combined parameter for Ca and Mg salts) is strictly regulated and controlled in Central Asian countries. In Switzerland and other European countries, water hardness is not regulated as it is not considered to pose any health risks. Approximately $\frac{1}{4}$ of Switzerland uses drinking water whose hardness exceeds the maximum limit in the Republic of Tajikistan.

Water hardness is a property of natural water that depends on the presence of mainly dissolved calcium and magnesium salts in it [2].

It should be noted that low levels of Ca and Mg in drinking water cause increased health risks. Drinking water supplied to the public must comply with the drinking water standard limits of the respective country [3].

The results of the study are shown in Table 1.

Table 1.

Meaning (for 32 samples)	Concentration, mg/l		Water hardness, mg-equiv/ l	pH	Conduct, μS/cm	TDS ppm	Temp, °C
	Ca	Mg					
Average value	136,4	72,4	12,8	7,7	1419,2	1027,7	67,8
Maximum value	204,0	115,2	17,7	8,1	2102,0	1873,0	1891,0
Minimum value	76,0	26,4	7,6	7,4	999,0	666,8	14,4

It should also be noted that the World Health Organization (WHO) Guidelines for Drinking Water Quality note that from the point of view of human health, specific standard values for the hardness of drinking water have not been established. Currently, there is insufficient data to recommend specific minimum or maximum concentrations of minerals, as the appropriate intake varies based on various factors. Consequently, there are no proposed guideline values at this time [4].

To obtain the highest quality and complete results, we consider it necessary to conduct additional research in different seasons and preferably over several years, since the quality of water may vary depending on the time of year. Thus, recommendations on the hardness of drinking water cannot be clearly established and require an analysis of the specific situation in each case.

Reference:

1. Rahmon E. Water for Sustainable Development / E. Rahmon. – United Nations, 2018. – URL: <https://www.un.org/en/chronicle/article/water-sustainable-development> (access 15.11.2022)
2. Semenov A.D. Guide to the chemical analysis of surface waters on land / A.D. Semenov. – Leningrad, L.: Gidrometeoizdat, 1977. – 541 p.
3. A survey of monitoring tap water hardness in Japan and its distribution patterns / M. Hori, K. Shozugawa, K. Sugimori, Y. Watanabe // Scientific Reports. – 2021. – T. 11. – № 1. – P. 1-13.
4. World Health Organization and others. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda / World Health Organization and others. – WHO: World Health Organization, 2022. – 614 p.

ADAPTING TO CHANGE IN WATER RESOURCES MANAGEMENT AMIDST CLIMATE CHALLENGES

Valiyeva M.N., Hojiboev D.D.,

e-mail: mastura.valiyeva@mail.ru

*Mining-metallurgical Institute of Tajikistan,
Tajikistan, Buston*

Water plays a crucial role in the development of mankind. From time immemorial people have settled near water, which has always been a source of life and well-being. Today, due to rapid population growth, economic development and other challenges that impact the natural resources, the value of water has increased dramatically [1].

Water scarcity stands out as a significant obstacle to the development of Central Asian countries, both in the present and future scenarios. Currently, more than 90% of water intake from the region's rivers is directed towards irrigation, emphasizing the pivotal role of water in sustaining agricultural activities.

In response to these challenges, Central Asian states are actively seeking ways to prevent or mitigate economic damage resulting from the contamination and depletion of water resources. States in the Aral Sea basin face the shared responsibility of optimizing water use, managing water demand more efficiently, and striking a balance between the interests of upstream and downstream states.

The implementation of a common integrated water resources management (IWRM) strategy in the Aral Sea basin emerges as a crucial step for successfully adapting to climate change, ensuring the efficient utilization and protection of water resources. Key components of this strategy include the adoption of water-saving technologies, particularly in agricultural irrigation, and the expansion of international cooperation in harnessing hydropower resources at both regional and national levels. This collective approach aims to address the pressing challenges posed by climate change while fostering sustainable development in the Central Asian region.

Discussions surrounding Earth's climatic shifts and the associated threats have gained prominence in various international reports. Climate change, being a complex challenge, spans multiple disciplines, necessitating an integrated approach grounded in the principles of sustainable development. This approach emphasizes the need for fundamental changes in consumption and supply patterns.

The impact of climatic change on communities and natural ecosystems is increasingly evident and dramatic. While the inevitability of certain climatic shifts is widely acknowledged, there is a growing recognition that collaborative efforts have the potential to mitigate many of its adverse effects. These concerted actions are particularly crucial in key areas such as energy efficiency,

transportation, safeguarding water resources and biodiversity, and promoting the use of renewable energy sources. Through targeted initiatives in these critical domains, there is a collective opportunity to address the challenges posed by climate change and work towards a more sustainable and resilient future.

Asia is experiencing a more rapid increase in temperature compared to the global average, as highlighted in the recent "State of the Global Climate" report by the World Meteorological Organization.

The Republic of Tajikistan boasts a registry of over 13 thousand glaciers, contributing to 60% of Central Asia's water resources. However, over recent decades, Tajikistan has witnessed the unfortunate loss of more than a thousand glaciers. This loss carries substantial implications for future food security, water availability, and ecosystems not only within Central Asia but also beyond its borders [2].

The accelerated melting of glaciers, serving as a crucial source of freshwater, demands immediate and tangible actions. These measures should encompass dedicated research initiatives, comprehensive data collection and processing, and strengthened international cooperation to address the pressing challenges posed by the diminishing glaciers.

On December 14, 2022, at the 77th session of the United Nations General Assembly, a resolution was unanimously adopted to declare the "International Year of Glaciers' Preservation, 2025", introduced by the Republic of Tajikistan. The recent initiative of the President of the Republic of Tajikistan H.E. Emomali Rahmon has been adopted with the support of 153 UN member states [3] .

In addressing the pressing challenges of water scarcity and climate change, the role of intergovernmental cooperation is pivotal. Central Asian countries, exemplified by Tajikistan, are actively engaging in collaborative efforts to optimize water usage, manage demand efficiently, and preserve the delicate balance between upstream and downstream interests. The recent UN resolution, initiated by Tajikistan, underscores the importance of international collaboration, emphasizing a collective commitment to addressing the multifaceted impact of climate change on water resources and ecosystems.

Reference:

1. Rahmon E. Water for Sustainable Development / E. Rahmon. – United Nations, 2018. – URL: <https://www.un.org/en/chronicle/article/water-sustainable-development> (date of access: 25.11.2023).
2. Rahmon E. Statement at the General Debate of the 78th session of the UN General Assembly. – URL: <http://www.president.tj/en/node/31532> (date of access: 20.11.2023).
3. UN. General Assembly (77th sess. : 2022-2023). International Year of Glaciers' Preservation, 2025 : resolution / adopted by the General Assembly. – URL: <https://digitallibrary.un.org/record/3998543?ln=ru> (date of access: 20.11.2023)

A VBA-BASED SOFTWARE DEVELOPMENT FOR DETERMINATION OF THE CHEMICAL REACTION ORDER BY EXPERIMENTAL DATA

Ziemptsova V.V., Bondarenko S.G., Shakhnovsky A.M.

e-mail: ziemptsova.vladislava@lil.kpi.ua

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,

Ukraine, Kyiv

The rate of a chemical reaction is contingent upon the intrinsic properties of the reactants, their concentrations, the ambient temperature, the presence of catalysts, etc. Reaction order delineates the manner in which the reaction rate is contingent upon the concentrations of the reacting substances.

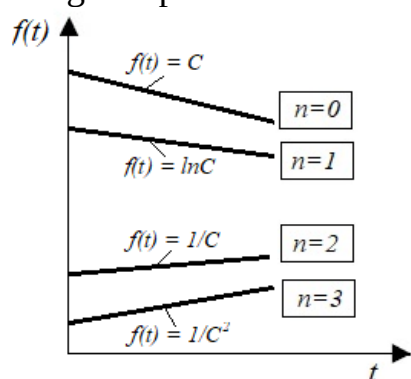


Fig. 1 – Characterization of the change in the concentration parameter over the reaction time for reactions of zero, first, second, and third orders

In the realm of kinetic experimentation, primary data is conventionally presented in the form of concentration sets of chemical components within a reacting system (or proportional quantities) across varying durations of reaction. Utilizing these datasets, a concentration-time dependency curve is formulated, graphically portraying the correlation between concentration (C) and time (t).

By acquiring a series of such experimental curves with diverse initial concentrations of reactants, kinetic equations are deduced.

The selection of the experimental rate equation methodology hinges on the specific objectives, be it the modeling and optimization of industrial chemical processes or the elucidation of reaction mechanisms [1].

The methodologies employed for ascertaining reaction rates and reaction orders are elucidated in the referenced work [2]. Among these approaches, an intuitive and visually interpretable graphical integrated rate laws-based method (Fig. 1) is employed for determining the reaction order [1, 2]. This entails constructing a graph that illustrates the dependency of reactant concentration on time across different coordinate systems. Specifically, a linear dependency in the $C - t$ coordinates imply a zero order of reaction ($n=0$). Similarly, a linear dependency in $\ln C - t$ coordinates indicate a first-order reaction ($n=1$), while a linear dependency in $1/C - t$ coordinates signify a second-order reaction ($n=2$). Furthermore, a linear dependency in $1/C^2 - t$ coordinates suggest a third-order reaction ($n=3$).

The given research is devoted to the development of a software within the *Visual Basic for Applications* environment, aiming to determine the reaction order based on the outcomes of kinetic experiments, which are presented as

concentration-time dependencies (C versus t). The method involves graphical representations in various coordinate systems.

The developed software module facilitates data input from both manual entry and external sources such as data files or *Excel* sheets. Employing the Chart object, the module constructs diagrams, with *ChartObject* class objects serving as containers specifying the chart's characteristics.

The methods and properties associated with *Chart* and *ChartObject* objects provide the means to customize and alter the chart type and its constituent elements. As the case study, Fig. 2 showcased the generated dependencies of concentration variations within the corresponding coordinate systems, as previously depicted in Fig. 1.

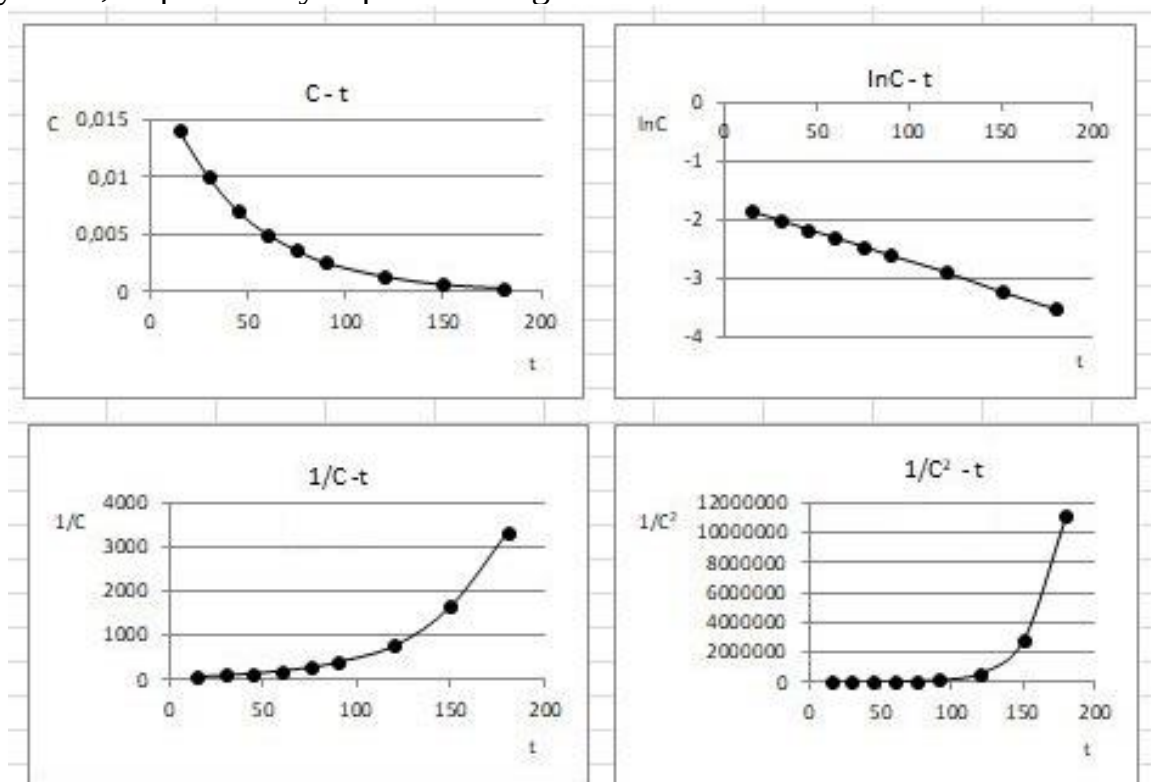


Fig. 2. Characterization of the change in the concentration parameter over time in coordinates $C - t$; $\ln C - t$; $1/C - t$; $1/C^2 - t$ for the case study

Through the provided analyses, a kinetics investigator can ascertain the order of a chemical reaction for subsequent investigations. For instance, as illustrated in Fig. 2, the linear dependence is exclusively observed in the $\ln C - t$ coordinates, indicative of a first reaction order ($n=1$).

Hence, the implementation of the developed software module will streamline the processing of experimental results considerably. This software module, once applied, proves instrumental in the computation of kinetic study findings.

References:

1. Missen R.W., Mims C.A., Saville B.A. Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics. NY.: Willey, 2002. 692 p.
2. Mortimer R.G. Physical Chemistry. Elsevier, 2008. 1405 p.

CYCLIC USE OF RESOURCES IN TEXTILE DYEING TECHNOLOGY

Koval M.G.

e-mail: m.koval@chdtu.edu.ua

*Cherkasy State Technological University,
Ukraine, Cherkasy*

The development of the textile industry is associated with material and energy resources consumption. Moreover, this sphere is also influenced by the generation of products and waste, which leads to the depletion of raw materials and environmental pollution. According to the declaration on low-waste and zero-waste technologies and the use of runoff by the UNECE (United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, 1979), one of the main directions of the resource-saving technologies implementation is the creation of closed-loop (cyclic) water use systems and the industrial waste recovery (return).

Dyeing and finishing production of the Private Joint Stock Company Cherkasy Silk Plant (PJSC CSP) (Cherkasy, Ukraine) is one of the most crucial and comprehensive stages while utilizing water and electricity resources in the textile industry. A large amount of organic dyes and auxiliary substances contained in wastewater, which are industrial residuals, creates environmental risks due to its pollution. Therefore, by the Development Strategy of the Cherkasy Region for 2021-2027 and the High quality of life: ecology, safety, infrastructure [1] provision, the creation of technologies that ensure the reduction of the cost of textile production and the environmental impact during its manufacturing and processing is essential.

Organic staining agents, water, and electricity are the primary resources that ensure the creation of technological components (coloring solutions, dye baths, etc.) for dyeing and finishing production (Fig. 1).

Thus, there's a hypothesis connected with the creation of reversible (cyclic) use of wastewater in the technology of dyeing textile materials. All these is done for energy and resource saving.

The basic assumptions for formulating the leading hypothesis for scientific research are:

- The existence of natural sorbents with such sorptive properties, the use of which allows the purification of the wastewater of the dyeing and finishing production to the initial technological state and its subsequent use in fabric dyeing technology. Adsorption treatment allows the process to be carried out using relatively inexpensive natural materials that can be further used for other needs in various industries, while ensuring high efficiency of wastewater treatment with the possibility of returning it to the technological process of the enterprise. However, the problem of the practical use of treated and concentrated wastewater in the process of re-dyeing textile materials remains unresolved;

- After a complete coloring cycle, a certain amount of dyes, or active molecules, is left in concentrated wastewater. Such solutions can be reused in fabric dyeing technology. This hypothesis has been confirmed by laboratory research due to PJSC CSP. Experimental research is carried out in the following areas:

- sorbent selection;
 - study of the process of adsorption of wastewater components followed by coagulation and flocculation;
 - physical and chemical analysis of wastewater;
 - comparative analysis of treated wastewater and process water for production;
 - dyeing process of textile materials, determination of dyeing intensity;
 - determination of compliance of dyed samples with the reference parameters and quality indicators of the resulting colours;
- The cyclic use of resources will reduce the risks of negative impact on the environment;

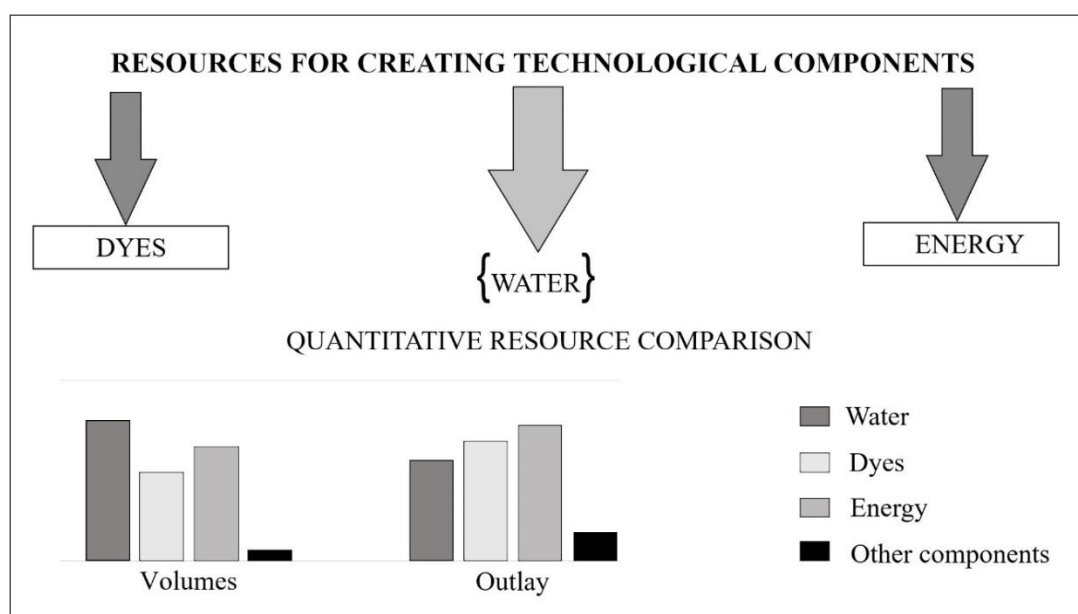


Figure 1. Resources and their analysis for the creation of technological components in the process of dyeing textile materials

- The looped use of resources economically affects textile manufacturing and the technology of harmful waste disposal (contaminated wastewater). The main hypothesis of the scientific research is the possibility of using wastewater (purified and concentrated) in textile materials dyeing.

References:

1. Development strategy of Cherkasy region for the period 2021-2027. [Electronic resource]: <https://strategy2027-ck.gov.ua/2020/09/11/pryjnyato-strategiyu-rozvytku-cherkashhyny-na-2021-2027-roky/>

СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ПЛІВОК ХАЛЬКОГЕНІДІВ ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Аміруллоєв Р. С., Скнар Ю. Є., Аміруллоєва Н. В., Скнар І. В.

e-mail: Vk06121976@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Виникнення і подальший розвиток таких галузей техніки, як твердотільна мікроелектроніка, оптоелектроніка, наноелектроніка стимулює пошук і дослідження нових перспективних матеріалів, що володіють ширшим спектром властивостей порівняно з вже використовуваними. Халькогеніди металів, такі як сульфід кадмію, сульфід цинку, телурид кадмію, селенід міді-індія-галію і сульфід міді-цинку-олова є напівпровідниками із шириною забороненої зони 1–3 еВ і високим коефіцієнтом поглинання світла. Ці матеріали широко використовувалися як активний шар у тонкоплівкових фотоелектричних пристроях. Телурид кадмію і селенід міді-індія-галію є найперспективнішими халькогенідами, які продемонстрували дуже високу фотоелектричну ефективність, що на даний момент сягає понад 22%. Сульфід міді-цинку-олова – є ще одним новим халькогенідним матеріалом, який синтезується з нетоксичних елементів і демонструє великі перспективи для недорогих, екологічно чистих сонячних елементів. Тонкі плівки цих матеріалів можуть бути виготовлені різними методами, зокрема, такими як вакуумне випарювання і осадження, хімічне осадження з парової фази, хімічне осадження, послідовна іонно-шарова адсорбція та реакція, метод твердофазної реакції та електроосадження.

Електроосадження привертає особливу увагу, тому що цей метод не вимагає складного обладнання, є контрольованим та прецезійним. Електроосадження може здійснюватися при кімнатній температурі або відносно низьких температурах, що робить його придатним для нанесення плівок халькогенідів на гнучкі підкладки. Крім того, електроосадження має перевагу перед іншими методами у виготовленні плівок, які містять кілька елементів, наприклад, потрійних або четвертинних халькогенідів, зважаючи на ефективність і універсальність методу в плані контролю складу сполуки шляхом підбору складу електроліту.

Нами показана можливість отримання плівок халькогенідів електрохімічним методом із метансульфонатного електроліту, який є надзвичайно зручним для формування плівок комбінованого складу, оскільки метансульфонати багатьох металів мають високу розчинність, і буферні властивості метансульфонат-аніонів є незначними.

Встановлено закономірності кінетики електровідновлення тіосульфат-аніону з метансульфонатного електроліту. Визначено кінетичні особливості електроосадження кадмію сульфідів та кадмію телуриду.

ПРОБЛЕМИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД В УКРАЇНІ ТА ЇХ ВИРІШЕННЯ

Архипова В.В.^{1,2}, Макарова Т.К.²

e-mail: arh.v.1006@gmail.com

¹ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро

²Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
Україна, Дніпро

Україна протягом багатьох років сконцентрувала на своїй території велику кількість підприємств чорної металургії, енергетики, машинобудування, хімічної, харчової галузей промисловості [1, 2], для роботи яких необхідна велика кількість прісної води (рис.1).



Рисунок 1 – Кількість води, необхідна для галузей народного господарства України

Більша частина води на їх потреби береться з поверхневих джерел (близько 89%) (рис. 2) [3].



Рисунок 2 – Використання води з поверхневих та підземних джерел [2, 3]

Після виробничого циклу значна кількість забруднених стічних вод потрапляє знов у природні водні об'єкти (від 2 до 13%) [2, 4]. Причин цьому декілька. По-перше, є цілі регіони країни, де сконцентровані промислові об'єкти, багато з них є джерелами небезпечних хімічних речовин. По-друге, відсутня достатня кількість систем оборотного водопостачання та водоочищення. Значна частина водоводів є старими чи аварійними: від 22% у Київській області до 55% – у Волинській. По-третє, відсутня достатня законодавча база, що забезпечувала б достатній рівень контролю за охороною довкілля та створення екологічних природоохоронних технологій.

Крім того, з'явилися нові забруднювачі поверхневих вод. Внаслідок бойових дій, що ведуться на території нашої країни, відбувається руйнування промислових підприємств, трубопроводів, ємностей, очисних споруд. Небезпечні, отруйні хімічні речовини та бактеріологічно забруднені води потрапляють у навколишнє середовище, переносяться поверхневими водами, вступають між собою у хімічну взаємодію, збільшуючи забруднення навколишнього середовища.

Висновки. Проблема водопостачання та якості води стає однією з найголовніших у сучасному суспільстві. Тому для вирішення задач, пов'язаних з водою, необхідно створювати і постійно удосконалювати системи водоочищення, змінювати законодавство у сфері охорони навколишнього середовища та підвищувати кваліфікацію спеціалістів даної галузі.

Література:

1. Головне управління статистики України [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. Електронні дані. Київ : Державна служба статистики України, 2020. Режим доступу: https://kh-ukrstat.gov.ua.translate.google/index.php/kilkistpidpriemstv-za-ikh-rozmiramy-za-vydamy-ekonomichnoi-diialnosti?_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=uk&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc.
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2021 році [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. Електронні дані. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. Режим доступу: [https://mtu.gov.ua/files/Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2021 році--.pdf](https://mtu.gov.ua/files/Національна_довідка_про_якість_питної_води_та_стан_питного_водопостачання_в_Україні_у_2021_році--.pdf)
3. Статистичний збірник «Довкілля України» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. Електронні дані. Київ : Державна служба статистики України, 2018. Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/11/zb_du2017.pdf.
4. Статистичний щорічник України [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. Електронні дані Київ : Державна служба статистики України, 2020. Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/11/zb_yearbook_2019.pdf.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РІДИНОФАЗНОГО СИНТЕЗУ КАРБОНАМОНІЙНИХ СОЛЕЙ БЕЗПЕРЕРВНИМ МЕТОДОМ

Барінов І.Ю., Іванченко Л.В., Кожухар В.Я.

e-mail: l.v.ivanchenko@op.edu.ua

*Національний університет «Одеська політехніка»,
Україна, Одеса*

Карбонамонійні солі (КАС) – це технічна назва хімічного продукту, що складається переважно з амонію гідрогенкарбонату амонію та домішок інших карбонокислих солей амонію. КАС застосовують переважно як безбаластне екологічне чисте добриво та консервант, в кормовиробництві, в технологіях органічного синтезу тощо.

Завдяки різноманіттю застосування КАС та перспективі збільшення обсягу їх виробництва, актуальним завданням є вдосконалення технології та покращення якості продукту, що у свою чергу вимагає додаткового дослідження фізико-хімічних властивостей системи, до якої належать КАС, побудови робочої діаграми виробничого циклу та аналізу технологічного процесу.

Дослідження трикомпонентної системи $\text{NH}_3 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$, до якої належать КАС, проводились ізотермічним та візуально-політермічним методами. Ізотермічні дослідження розчинності проводили за методом вологих залишків Скрейнемаккерса. Результати досліджень показали, що експериментальні дані, отримані за температур 40 та 20°C, задовільно узгоджуються з відомими.

У фазовій діаграмі трикомпонентної системи $\text{NH}_3 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ побудовано теоретично циклічний процес одержання амонію гідрогенкарбонату шляхом водної абсорбції аміаку і карбону(IV) оксиду.

Аналіз робочої діаграми дає змогу дати пояснення такого небажаного явища під час експлуатації промислового агрегату, як утворення дрібнодисперсного осаду. Для одержання цільового продукту амоній гідрогенкарбонату і збільшення його виходу процес необхідно вести в обхід поля полуторної солі шляхом двоступеневої подачі аміаку – спочатку для амонізації маткового розчину, потім – в суміші з карбону(IV) оксидом в процесі насичення суспензії.

На основі проведених фізико-хімічних досліджень і побудованої робочої діаграми проведено технологічні розрахунки безперервного процесу, розроблена принципова технологічна схема збільшеної дослідної установки. Схема включає карбонатну колону, де здійснюється процес абсорбції аміаку з утворенням амонію карбамату, його гідратація з утворенням карбонату, та двох паралельно встановлених гідрогенкарбонатних колон, в якості яких запропоновано використовувати карбонізаційні колони содового виробництва. Це дасть змогу організувати безперервний режим роботи всієї схеми.

**МЕТОДИ ЗАЛУЧЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ТОНКОДИСПЕРСНИХ
ФРАКЦІЙ В ПРОЦЕСАХ ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗОРУДНОГО
КОНЦЕНТРАТУ ТА ОГРУДКУВАННЯ
АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ**

Болгар Д.М., Дегтярьов В.Л., Коваленко І.Л.

e-mail: d.bolhar@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Залізо – є розповсюдженим у природі елементом. Залізо як складова частина входить майже в усі гірські породи, однак не всі ці породи можна вважати рудами.

Постійна зміна економічних умов, розвиток методів збагачення руд, зниження вартості їхнього перевезення та ін., змінює представлення про залізну руду, тому що нижня межа вмісту в ній заліза увесь час знижується [1].

Найбільшу частину запасів України складають магнетитові кварцити, гематити і магнетити.

Типова технологічна схема включає трьох стадійне дроблення руди до цільової фракції $25 \div 0$ мм. В подальшому трьох стадійне подрібнення в шарових млинах до кінцевої крупності класу $-0,074$ мм $95 \div 98\%$. Операції класифікації, трьох стадійне магнітне або магнітно-флотаційне збагачення з виділенням концентрату в останньому прийомі сепарації. Загальний вміст заліза в концентраті коливається від $64,8\%$ до $66,0\%$. Вихід концентрату складає $38 \div 39\%$. [2]

Збільшення в технологічних потоках гірничо-збагачувальних підприємств тонкодисперсних гранулометричних фракцій, викликане погіршенням якості руд та залученням лежаних пісків, призводить до пропорційного збільшення вологості концентратів.

Тонкодисперсні частки через легку вагу та високу площу поверхні при переробленні викликають додаткові труднощі: схильні до гетерокоагуляції та виносу зі згущувачів та циклонів (наприклад, з піною); характеризуються низькою інерцією, що спричиняє додаткові труднощі в подоланні енергетичного бар'єру між частинками при розділі класів або фаз [3].

Висока площа поверхні призводить до: абсорбції великої кількості реагентів; високої в'язкості пульпи; та небажаного покриття цінних часток породи наддрібними утвореннями [3].

Лабораторні тести фільтрації продуктів збагачення показали, що додавання поверхнево-активних речовин істотно знижує поверхневий натяг пульпи, що дозволяє покращити зневоднення. Формування агрегатів у суспензії підсилює дію ПАР та підтримує динамічні умови фільтрації.

Проведені лабораторні та промислові дослідження впливу композицій ПАР в порівнянні з індивідуальними ПАР та без них з метою оцінити їх вплив на процеси зневоднення ЗРК.

Дослідження з фільтрування ЗРК виконувались на лабораторному стенді, що моделює роботу дискового вакуум-фільтра.

Композиція ПАР Polurav C18(DK) обрана для виробничих випробувань.

Виробничі випробування проводились в умовах гірничо-збагачувального підприємства України з використанням композиції ПАР Polurav C18(DK) виробництва ТОВ «СЕТ».

На першому етапі досліджень проведено збір технологічних показників роботи вакуум-фільтрації без використання композиції ПАР Polurav C18(DK).

На другому етапі було розпочато подачу композиції ПАР Polurav C18(DK) в залежності від вологості отримуваного концентрату та обсягів виробництва.

Отримані результати випробувань вказують, що використання композиції ПАР Polurav C18(DK) з питомою витратою 98 г/т дозволяє забезпечити вологість концентрату менше 10,5% та збільшити продуктивність вакуум-фільтра в середньому на 23,4% на концентраті з вмістом 95,4% класу -0,050 мм [4].

Використання композицій ПАР може бути більш ефективним, ніж використання індивідуальних ПАР, за рахунок синергетичного впливу діючих речовин на процеси змочування часток, зменшення поверхневого натягу та капілярного тиску в порах кеку та ін.

Література:

1. Сировинні матеріали та їх підготовка до металургійних процесів: підручник/ С. А. Воденников, С. О. Гаврилко, В. М. Очинський та ін., за ред. Червоного І. Ф.; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА. 2013. – 408 с. ISBN 978-966-8462-91-7
2. Филенко, В. В. Підвищення якості магнетитового концентрату. Мінералогічний аспект [Текст]./ В. В. Филенко //Записки Українського мінералогічного товариства. 2011, том 8, С. 208-211.
3. Sivamohan, R., 1990. The problem of recovering very fine particles in mineral processing – a review. Int. J. Miner. Process., 28: 247-288.
4. Болгар Д. М., Коваленко І. Л., Залужний Д. С. Реагентне зневоднення концентратів гірничо-збагачувальних підприємств. Тези Міжнародна конференція з хімії, хімічної технології та екології, Присвяченій 125-річчю КПП ім. Ігоря Сікорського.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗМУ СИЛАНІЗАЦІЇ ПОВЕРХНІ СКЛОВУГЛЕЦЕВОГО ЕЛЕКТРОДУ

Бохан Ю.В.

e-mail: 1yuliya.bohan@gmail.com

*Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка,
Україна, Кропивницький*

Силанізація поверхні скловуглецевого електроду – це хімічний процес, в ході якого на поверхні електрода утворюються зв'язки з силанами. Силани – це органічні сполуки, які містять кремній і алкоксильні (RO-) групи. Процес силанізації зазвичай використовується для модифікації поверхні з метою поліпшення адгезії до покриттів, збільшення хемосорбційних властивостей або створення нових функціональних груп на поверхні електрода. Процес складається із кількох стадій: 1. Гідроліз та конденсація силанів: Процес розпочинається гідролізом силанів під впливом вологи або води на поверхні електрода. У результаті гідролізу утворюються силанолові групи (Si-OH). Після цього відбувається конденсація, де силанолові групи реагують між собою, утворюючи силоксанові зв'язки (Si-O-Si); 2. Фізична адгезія: Утворені силоксанові зв'язки взаємодіють з поверхнею скловуглецевого електроду фізично, забезпечуючи міцне зчеплення силанованого шару з електродом; 3. Термічна обробка: Деякі методи силанізації можуть включати термічну обробку для поліпшення стабільності та міцності силанованого шару на поверхні електрода; 4. Аналіз фізико-хімічних властивостей: Оцінка отриманого силанованого шару включає в себе визначення його хімічного складу, морфології та адгезії, які можуть бути вивчені за допомогою різних фізико-хімічних методів аналізу; 5. Застосування: Основні аспекти використання силанізованих електродів включають їх використання у вивченні електрохімічних властивостей, сенсорних технологіях або у електрохімічних дослідженнях при визначенні певних аналітів.

Процес модифікації поверхні за допомогою реакції силанізації є дуже складним. Механізм реакції утворення силанів з розчину показано на рис 1.

Реакція силанізації включає в себе, в основному, чотири етапи. На першому етапі силанові сполуки гідролізуються з утворенням активних силанолових груп (-Si-OH), які піддаються конденсації, утворюючи силоксанові зв'язки (-Si-O-Si-). Зв'язок між кремнієм та алкоксильною групою (-Si-OR) гідролізується під впливом низького та високого pH, високої температури та водного середовища. Вода, необхідна для гідролізу цих зв'язків, може додаватися до розчину силану або бути присутньою на поверхні матеріалу. Кількість груп, які можуть гідролізуватися, визначають кількість утворюваних силоксанових зв'язків і, таким чином, розширяють структуру утворюваного силанового олігомеру. Побічними продуктами конденсації є вода і відповідний спирт (R-OH). На третьому

етапі між силановими олігомерами та поверхнею неорганічного матеріалу, що багатий на гідроксильні групи, утворюються водневі зв'язки. Матеріал, який піддається процесу висушування, піддається дегідратації, тим самим утворюючи стійкі хімічні зв'язки між силаном та неорганічним матеріалом.

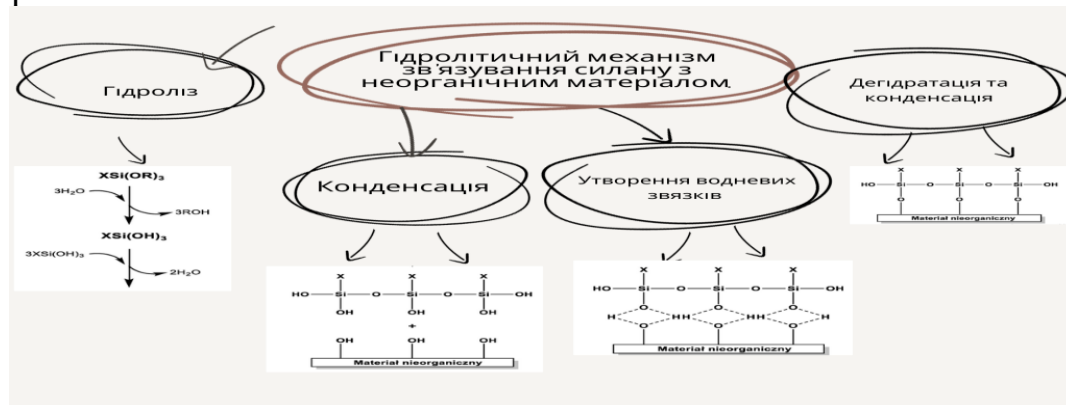


Рисунок 1– Гідролітичний механізм зв'язування силану з неорганічним матеріалом

Хоча процес силанізації описано етапами, ці реакції можуть відбуватися одночасно після початкового етапу гідролізу. На межі фаз зазвичай існує лише один зв'язок між органосиланом та поверхнею носія. Дві інші силанолові групи присутні у сконденсованому або вільному стані. Група X залишається доступною для ковалентної реакції або фізичної взаємодії з полімерами, біомолекулами, ліками чи металами [1].

Наявність трьох алкоксильних груп в молекулі триалкоксисилану дозволяє отримати відповідно три силанолові групи і, в результаті, два силосанові зв'язки з одночасним приєднанням сполуки до поверхні, тоді як у випадку моноалкоксисилану відбувається реакція зв'язування силану тільки з субстратом. Процес утворення силосанових зв'язків з групами сусідніх молекул призводить до більш міцного зв'язку моношарового силану з поверхнею. Процес силанізації призводить до отримання полімолекулярної структури ущільненого силосану на неорганічній поверхні. Ця поверхня набуває хімічних характеристик і/або реактивності органічної групи, включеної в молекулу силану. Незважаючи на те, що механізм накладання силанових сполук з розчину є більш складним процесом, ніж осадження з фази газу, він набуває більшого інтересу як метод, що є загальнодоступним, дешевшим та легшим у виконанні в будь-якій хімічній лабораторії й може бути застосовуваним в процесі модифікації електродів.

Література:

1. R. Pruna, F. Palacio, M. Martínez, O. Blázquez, S. Hernández, B. Garrido, M. López, Organosilane-functionalization of nanostructured indium tin oxide film Interface, Focus 6 (2016); <https://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0056>

ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ ПОКРИВИ ВАНАДІЙВМІСНИМИ СПЛАВАМИ

Горохівська Н.В., Сахненко М.Д., Фоміна Л.П.

e-mail: sakhnenko@kpi.kharkov.ua

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна, Харків

Серед значного числа технологічних аспектів інноваційних підходів до створення сучасних виробів значне місце посідають гальванохімічні технології з огляду на міжгалузевий рівень застосування, безальтернативну підпорядкованість вимогам Індустрії 4.0, а також можливості створення аморфних, нанорозмірних і наноструктурних матеріалів. Нагальною потребою означених процесів є розробка методів керування процесами синтезу новітніх наноструктурних покриттів багатокомпонентними сплавами і композитами з підвищеними функціональними властивостями, як підґрунтя наукоємної продукції для промислового комплексу України. Важливою особливістю композитних електрохімічних покриттів (КЕП) є сформульована нами для металоксидних КЕП можливість варіації природи структуротвірних матриць і компонентів другої фази за рахунок інверсії природи матриць [1], тому одним із актуальних завдань сьогодення в царині електрохімічних технологій є створення новітніх електролітичних тонкоплівкових покриттів сплавами металів тріади заліза з d^4 -елементами, зокрема ванадієм, що обумовлено можливістю одержання матеріалів, функціональні властивості і експлуатаційні характеристики яких істотно перевищують характеристики сплавотвірних компонентів. Наявність у складі сплавів Fe(Co)-V металів з різною спорідненістю до гідрогену та кисню створює передумови для використання таких систем як електрокаталітичних матеріалів для синтезу гідрогену [2, 3], паливних елементів і Red-Ox проточних батарей, як і доведена можливість їх використання для каталітичних нейтралізаторів токсичних емісій. Саме їх практична затребуваність і зумовила тематику дослідження.

Покриви сплавами наносили на підкладки з маловуглецевих сталей Ст 3 та 08кп, як нерозчинні аноди використовували пластини зі сталі 12Х18Н10Т, а як розчинні – кобальтові аноди, електроліз вели при температурі 35–40°C сталим струмом густиною 5–12 А/дм². Покриви бінарними Co-V і тернарними Co-Fe-V сплавами наносили з цитратних електролітів, до складу яких додавали варійовану кількість V₂O₅. Для встановлення природи лімітуючої стадії електрохімічного процесу використовували методи вольтамперометрії, а в ролі діагностичних характеристик, які дозволяють встановити природу лімітуючої стадії електрохімічної реакції, використовували добуток коефіцієнта переносу на число електронів αz , критерій Семерано X_s , порядок електродної реакції p_i .

Дослідження покриттів довело, що вміст ванадію в покритті, осадженому при концентрації ліганду 0,3 моль/дм³ становить

0,1–0,5 мас.% залежно від вмісту оксиду ванадію в розчині і густини струму. З підвищенням густини струму і концентрації ванадію в електроліті покрив збагачується ванадієм [4]. Покриви щільні, блискучі, без внутрішніх напружень та тріщин. Підвищення концентрації ліганду до 0,4 моль/дм³ сприяє зв'язуванню кобальту у комплекси, а відповідно, вміст ванадію у покриві зростає до 0,6–1,2 мас.%, причому тенденція змінення відсотку легувального елементу з густиною струму зберігається. Вихід за струмом зменшується з 67% при 5 А/дм² до 51 % при 12 А/дм². Цей показник перевершує результати, наведені у науковій літературі.

Всі спостережувані тенденції щодо вмісту ванадію в сплавах залежно від густини струму зберігаються і для тернарних покривів. Зокрема, при підвищенні густини струму до 13–14 А/дм² кількість ванадію у сплаві залишається на рівні 0,9–1,0 ат.% у перерахунку на метал, поверхня зразків стає рівномірно глобулярною, а конгломерати зерен набувають форму сфероїдів діаметром 4–7 мкм, мікротвердість залишається на рівні 270–280 кг/мм², тому цілком природньо, що саме вміст ванадію та морфологія поверхні є ключовими чинниками механічних властивостей покривів.

Таким чином, опрацьовані склади електролітів і режими осадження покривів бінарним Co-V і тернарним Fe-Co-V сплавами дозволяють одержувати покриви із вмістом ванадію до 1,5 мас.% і виходом за струмом 55–65 %. Детальним аналізом залежності морфології поверхні покривів від умов електролізу доведено суттєвий вплив густини струму, при варіювання якого морфологія змінюється від дрібнокристалічної до глобулярної сфероїдної.

Література:

1. Сахненко М.Д., Ведь М.В., Каракуркчі Г.В., Майба М.В. Інверсія структурних матриць металоксидних композитів / Promising Materials and Processes in Applied Electrochemistry : Monograph / Editor-in-chief V.Z. Barsukov. Kyiv: KNUTD, 2018. – P.229 – 236.
2. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей : монографія . Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – 272 с.
3. Sakhnenko M.D., Zhelavska Yu.A., Zyubanova S.I., Horokhivska N.V. Electrocatalytic vanadium-containing materials for the hydrogen energy // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2023, 17–20 травня 2023 р. / за ред. Сокола Є.І. – Х. : НТУ «ХПІ». – С.513.
4. Т.О.Ненастіна, М.Д.Сахненко, В.О.Проскуріна, Н.В.Горохівська Моделювання вмісту компонентів композиційних електролітичних покриттів від густини струму поляризації // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія : Нові рішення в сучасних технологіях. 2022, №1. – С.81-85.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИЛУЧЕННЯ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Гуменна В.В., Хлопицький О.О., Коваленко І.Л.

e-mail: gvala298@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Поступовий перехід від традиційних джерел енергії до альтернативних екологічно чистих джерел енергії, таких як сонячні батареї, електромобілі і енергія вітру, стає можливим в глобальному масштабі. Але цей перехід призводить до швидкого зростання попиту на критично важливий товар: рідкоземельні елементи. РЗЕ мають вирішальне значення для виробництва широкого спектру високотехнологічних продуктів, пристроїв і технологій, які широко використовуються в медичній, оборонній, аерокосмічній та автомобільній промисловості.

Вугільні теплові електростанції є одним з найбільших джерел електроенергії, на їх частку припадає близько 38% всієї електроенергії, що виробляється в усьому світі. Це пов'язано з тим, що вугілля є найбільш поширеним викопним паливом, і воно порівняно дешевше, ніж інші види палива, такі як нафта і природний газ.

Для повної оцінки перспективності будь-якої сировини РЗМ (включаючи золошлакові відходи ТЕС) слід взяти до уваги набір параметрів (наприклад, ресурси цих металів, можливість збагачення, простота і ступінь гідрометалургійного вилучення, рівень радіоактивності, що може вплинути на навколишнє середовище і здоров'я людини під час видобутку і переробки). Однак для попередньої оцінки достатньо даних про зміст РЗЕ і їх індивідуальний склад.

У зв'язку з нестабільністю ринкової кон'юнктури, РЗЕ в вугіллі володіють значним економічним потенціалом.

Вилучення РЗЕ з вторинних джерел, таких як продукти згорання вугілля має вирішальне значення, враховуючи їх зростаючий попит і обмежені економічні запаси. Багато дослідних організацій в даний час оцінюють процеси відновлення рідкоземельних елементів з відходів спалювання вугілля. Узагальнено кілька методів вилучення та відділення індивідуальних РЗЕ з золошлакових відходів, що включають фізичні і хімічні процеси.

Ці процеси зазвичай починаються з розчинення рідкоземельних елементів з використанням кислоти в якості вилуговуючого агента з подальшим відділенням небажаних мінералів від фільтрату фільтрацією і осадженням шляхом екстракції розчинником, а потім вилучення РЗЕ за допомогою гідрометалургії. Однак унікальна хімічна схожість РЗЕ робить процес їх вилучення досить складним.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ НІКОЛУ

Гнатів В.М., Гелеш А.Б., Мудринець П.М.

e-mail: andrii.b.helesh@lpnu.ua

*Національний університет «Львівська політехніка»,
Україна, Львів*

Об'єктом дослідження є технології електрохімічного очищення стоків від іонів важких металів. Головним завданням експериментальних досліджень було підібрати матеріал електродів та режим електрохімічного розчинення анодів, за якого ефективність очищення низькоконцентрованих за іоном Ніколу стоків буде максимальною, також підтвердити практичну можливість глибокого очищення зазначених стоків до екологічних норм ($\text{ГДК}_{\text{Ni}}=0,5 \text{ мг/дм}^3$).

Встановлено, що в процесі електрокоагуляційного очищення стічних вод існує індукційний період часу (10 хв), протягом якого відбувається накопичення коагулянта та різке зростання ступеня очищення. При збільшенні густини струму від 10 А/м^2 до 20 А/м^2 ступінь очищення на залізних електродах за тривалості процесу 20 хв зріс від 60 до 84 %, що пояснюється інтенсифікацією анодного розчинення металу та зростанням концентрації $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Збільшення густини струму до 30 А/м^2 практично не впливає на ступінь очищення, що пояснюється явищем поляризації анодів, яке супроводжується зростанням напруги від 2,40 В (10 А/м^2) до 12,59 В (30 А/м^2). Тому надалі підвищувати густину струму недоцільно. Для залізних анодів не вдалось досягти необхідного ступеня очищення ($\geq 98,3 \%$), максимальний ступінь очищення не перевищував 85 %, а вміст іонів Ni^{2+} в очищеній воді перевищує ГДК на порядок.

Експериментально встановлено, що для процесу електрокоагуляційного очищення стічних вод від іонів Ніколу доцільно використовувати алюмінієві електроди. За густини струму 20 А/м^2 та тривалості процесу 40 хв концентрація іонів Ni^{2+} не перевищувала ГДК_{Ni} . При використанні алюмінієвих електродів зростання густини струму з 15 до 20 А/м^2 не призводить до поляризації електродів, а процес в обох випадках проходить стаціонарно за напруги $\sim 6,7 \text{ В}$. Обрано технологічно доцільний режим роботи електролізера: алюмінієві електроди за анодної густини струму 20 А/м^2 та тривалості процесу очищення – $\geq 40 \text{ хв}$.

Література:

1. Helesh, A., Mudrynets, P., Kalymon, Y., Kindzera, D., & Hnativ, V. (2023). Establishment of technologically feasible modes of electrocoagulation purification of wastewater from nickel ions. *Technology Audit and Production Reserves*, 2(3(70)), 25–30. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.278006>

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ДНІПРО ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ WEAP

Груздєва О.В., Крячков Д.О., Димура О.В.

e-mail: Hruzdievaolena@gmail.com, krachkow@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро

Питання екології водних ресурсів України набуває критичного характеру. Проблематичним є стік від малих річок до великих водних джерел (Дніпро, Сіверський Донець, Дністер, Прип'ять, Десна та Південний Буг), що може призвести до зникнення стоку протягом півстоліття, викликаючи дефіцит водних ресурсів [1]. З урахуванням трагічних подій у нашій країні, важливо, щоб влада, вчені та екологи не лише оцінювали наслідки військових дій та екоцидів, ініційованих державою-агресором, але й розробляли довгострокові плани відновлення екології та проекти для розв'язання потенційних криз.

У галузі водопостачання планування розподілу поверхневих та підземних водних джерел, розробка проєктів сучасних систем водопроводу та каналізації, їх оптимізація безпосередньо залежить від багатьох факторів: змін кількості населення, кліматичних змін, обсягів виробництва, бойових дій на водні ресурси як у реальному так і у довгостроковому прогнозі. Такі сучасні аналітичні та технологічні завдання у всьому світі [3] вирішуються за допомогою спеціалізованих програм імітаційного моделювання: WEAP, WaMDaM, WEST, SimEau та інші [4].

Основна мета роботи – дослідження впливу комунально-господарського сектору міста Дніпро та викидів підприємств на якість води в річці Дніпро за допомогою програми імітаційного моделювання WEAP ("Water Evaluation And Planning" system – система управління та планування водних ресурсів).

Для створення моделі були введені дані щодо потреби у воді м. Дніпро, геометричні дані р. Дніпро, складу води в р. Дніпро, кліматичні умови, об'єми та склад викидів тощо. Вся інформація була отримана з відкритих джерел [5-7].

Розроблено сценарій "Моделювання якості води", який враховував вплив господарсько-комунальних та промислових скидів у річку Дніпро, кількість мешканців міста та промислових підприємств у Дніпропетровській області. Як показники оцінки якості води були обрані концентрація розчиненого кисню та біохімічне споживання кисню (БСК). Розраховано зниження показника концентрації розчиненого кисню на 0,003-0,017 мг/л (0,028-0,133%), залежно від періоду року, у середньому 0,011 мг/л (0,092%) та збільшення БСК на 0,022-0,026 мг/л (1,667-4,322%), залежно від періоду року, у середньому 0,025 мг/л (2,291%) (рис. 1.1).

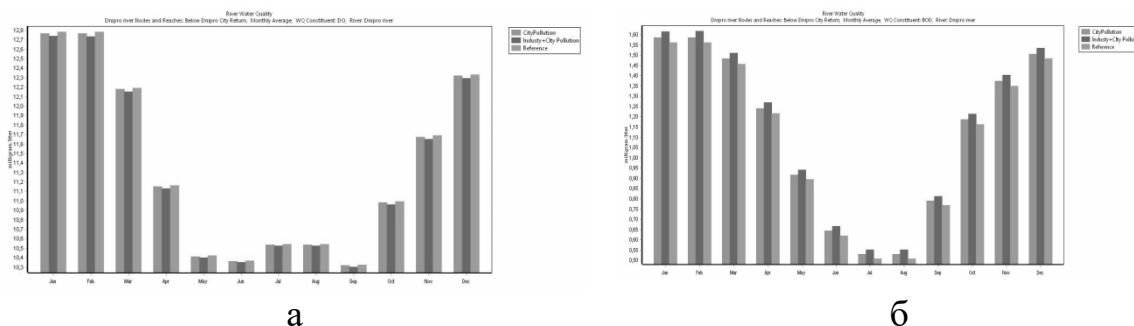


Рисунок 1.1 – Середні значення показників вмісту кисню (а) та БСК (б) по місяцям, для розрахунку з урахуванням без (праві стовпці)/з господарсько-побутових забруднень (ліві стовпці) та з урахуванням забруднень комунального та промислового секторів (середні стовпці)

Визначено, що господарсько-комунальні та промислові викиди суттєво впливають на стан якості природньої води у Дніпропетровській області. Показано, що середньомісячне збільшення показника БСК склало 0,028 мг/л (2,567%) порівняно з базовим сценарієм, а щодо показника розчиненого кисню середньомісячне зниження концентрації становило 0,019 мг/л (0,172%) відносно базового сценарію, що свідчить про погіршення якості природньої води. Отримані дані планується використовувати для визначення якості води річки Дніпро у коротко- та довгостроковій перспективі.

Література:

1. Судук О.Ю., Федина К.М. Аналіз та визначення індикатора водного стресу в Україні в умовах глобалізації. Збалансоване природокористування, 2018. № 2. С. 62-66.
2. Раткович Л. Д. Аспекти управління водними ресурсами в умовах комплексного водопользования. Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Технич. науки. 2016. №24. Т 3. С. 52-56.
3. WEAP: Water Evaluation And Planning System. URL: www.weap21.org(дата звернення 2.06.2023)
4. Груздєва О.В., Крячков Д.О., Смотраєв Р.В. Імітаційне моделювання в управлінні водними ресурсами. Journal of Chemistry and Technologies. 2023. 31(3). С. 530-551
5. Статистична інформація України: веб сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper_new.html(дата звернення 10.01.2023).
6. Кліматична інформація щодо річки Дніпро веб сайт URL: <https://ukr.seatemperature.net/zaraz/ukraine/dnipro-river-near-dnepropetrovsk-sea-temperature>(дата звернення 4.06.2023).
7. Характеристика якісного стану вод басейну URL: <https://www.mozmdv.gov.ua/wp-content/uploads/2022/01/1.12.2021-01.2022-SAJT.pdf> (дата звернення 10.06.2023).

ЕМУЛЬГАТОРИ НА ОСНОВІ ПРОДУКТІВ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛІГЛІЦЕРИНУ ТА ЖИРНИХ КИСЛОТ

Дегтярьов В.Л., Болгар Д.М., Коваленко І.Л.

e-mail: degt.vlad@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Висококонцентровані зворотні емульсії плавів нітратних солей у вуглеводневому компоненті є надзвичайно перспективним матеріалом, який широко використовується як основа промислових енергоконденсованих систем, безпечних у поводженні вибухових матеріалів для розмінування та руйнування гірських порід, пально-окиснювальних систем тощо. Стабільність, характеристики та термін придатності подібних систем значною мірою визначаються типом і властивостями застосованих емульгаторів. Існуючі емульгатори висококонцентрованих зворотних емульсій плавів нітратних солей у вуглеводневих компонентах умовно можна розділити на дві групи: низькомолекулярні та високомолекулярні (полімерні). Низькомолекулярні емульгатори характеризуються високою емульгуючою здатністю за рахунок значного зниження міжфазного натягу і швидкого розташування на межі наново утворюваних під час емульгування поверхнях. Прикладами таких емульгаторів є алкілоламіди та естери жирних кислот, наприклад SMO (Span-80). Основним недоліком застосування низькомолекулярних емульгаторів є недостатня стабілізуюча дія впродовж тривалого часу – термін стабільності таких емульсій без кристалізації та розшарування не перебільшує 7-10 днів.

Високомолекулярні (полімерні) емульгатори через велику довжину вуглецевого ланцюга мають знижену властивість до різкого зниження величини міжфазного натягу і потребують більшого часу для розташування на міжфазній поверхні, що швидко утворюється. Тому такі емульгатори мають обмежене застосування в апаратах емульгування статичного типу. Проте полімерні емульгатори здатні забезпечити надійну стабілізацію емульсій від декількох тижнів до року. Прикладами таких емульгаторів є естери, аміді, іміді поліізобутилен сукцинового ангідриду (PIBSA-based emulsifier), з молекулярною масою понад 1000 г/моль. Вирішенням проблеми надійного емульгування та стабілізації нітратних зворотних емульсій є комбінація низько- та високомолекулярних емульгаторів, що дозволяє полегшити процес утворення емульсії та стабілізувати вже утворені міжфазні поверхні у часі.

Метою роботи було отримання комбінованого емульгатора на основі взаємодії полігліцерину та жирних кислот. Полігліцерин має у своєму складі спиртові групи, що дає можливість утворення естерів з жирними кислотами з утворенням так званих ПАР-gemini [1]. Як джерело жирних

кислот використовували рослинні олії. Побічним продуктом синтезу є моно- та дигліцериди, які мають стабілізуючу дію. Такий склад емульгатора повинен забезпечувати як легкість утворення емульсії, так і достатню стабільність її у часі.

Синтез полігліцерину проводили при температурах 230-270°C та постійному перемішуванні. В колбу об'ємом 250 см³ завантажували послідовно 150 г гліцерину та 5,50 г K₂CO₃ як каталізатор [2]. Контроль ступеню проходження реакції проводили за показником рефракції, для цього періодично відбирали пробу та охолоджували її до температури 25±1°C. Синтез вважали закінченим при досягненні значення рефракції 1,4942, що відповідає пентагліцерину [3]. Загальний час від початку нагрівання до закінчення процесу складав близько 4 годин. Як показали результати досліджень, процес полімеризації гліцерину починається при температурі 230-240°C, але утворення пентагліцерину досягається тільки за температур 260-270°C.

Синтез естерів пентагліцерину з соняшниковою олією проводили при масовому співвідношенні соняшникова олія: пентагліцерин - 4,1:1, як каталізатор використовували 2,00 г алкілсульфобензойкислоти. Температуру у реакційному середовищі підтримували в діапазоні від 235°C до 245°C протягом 5 годин.

Синтезовані емульгатори випробовували на модельних емульсіях (складу %, мас.: H₂O – 15,6; мінеральне масло – 6,0; емульгатор – 1,0; регулятор рН – 0,15; NH₄NO₃ – 76,75). Емульсія готувалась механічним диспергуванням розчину аміачної селітри (90°C) в розчині емульгатора в мінеральному маслі (55°C) при 750 об⁻¹. Показники одержаних емульсій визначались через 24 години після приготування: коефіцієнт динамічної в'язкості при 25°C та при 70°C (Brookfield RVDV-E), електрична ємність емульсії, водостійкість за 24 години перебування під шаром води.

Як показали результати випробувань, модельні емульсії легко емульгуються, забезпечують високу стабільність – не менше 17-21 діб та мають нормативну водостійкість не більше 0,05-0,1 кг/м² за 24 години. Отримані емульгатори не містять токсичних компонентів, одержані з компонентів природного походження, є перспективними для одержання стабільних промислових високонцентрованих зворотних емульсій.

Література:

1. Surfactants and polymers in aqueous solution. Second edition. – K. Holmberg, B. Jonsson, B. Kronberg, 2003 – с. 228-230.
2. N. Garti, A. Aserin, B. Zaidman. Poleglycerol esters: optimization and techno-economic evaluation. – Journal of the American Oil Chemists' Society, 1981 – с. 878-883.
3. Химия липидов. Выпуск 2. / А. Л. Маркман – Ташкент: «ФАН», 1970. – с. 141.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Демчук Б.Д., Демчук І.М.

e-mail: ivannademcuk19@gmail.com

*Черкаський державний технологічний університет,
Україна, Черкаси*

Завдання будь-яких очисних споруд – безперебійне забезпечення необхідних витрат води відповідної якості. Одним з пріоритетних завдань у сфері охорони навколишнього середовища є зниження надходження токсичних речовин із стічними водами промислових підприємств, у тому числі підприємств з виробництва лакофарбової продукції, вибухових речовин, фармакологічних компаній та ін. Стічні води таких підприємств мають високий вмістом фенолів, барвників, нафтопродуктів та їх похідних.

Аналіз літературних даних показує, що очищення стічних вод на більшості подібних підприємств здійснюється з використанням традиційних технологій та підходів шляхом обробки коагулянтами та флокулянтами з наступним освітленням стоків відстоюванням або флотацією. Лише у поодиноких випадках частково очищені води направляють на глибоке доочищення на установки зворотного осмосу. Також варто зауважити, що бувають випадки, коли відсутні локальні очисні споруди, тому, знижуючи концентрацію токсичних поллютантів розведенням, направляються стоки на очисні споруди міст.

Питання деструкції важко засвоюваних мікроорганізмами токсичних органічних з'єднань виявилось досить актуальним, особливо у випадках скидання токсичних стоків підприємств на очисні споруди міст.

Варто розуміти, що активний мул, який виконує основну функцію очищення стічних вод, є непараметричною, стохастичною системою біоценозу. Мул являє собою сукупність організмів, частково взаємопов'язаних між собою та параметрами впливу. Сутність методів інтенсифікації біохімічного очищення промислових та побутових стічних вод шляхом впливу на активний мул кавітацією полягає в тому, що частина біомаси піддається деструкції. При цьому зменшується її приріст, а також істотно зростає інтенсивність процесів ферментативного каталізу внаслідок того, що із зруйнованих клітин вивільняються ферменти, вітаміни, білки, полісахариди та інші біологічно активні речовини, що сприяють стимулюванню процесів життєдіяльності активного мулу і таким чином, процесам біологічного розкладання складних органічних сполук високої концентрації, які присутні в стічних водах.

Найбільш ефективними методами інтенсифікації очищення стічних вод є термічна та хімічна деструкція клітин активного мулу. Для проведення досліджень обрано безреагентний метод деструкції – кавітація.

КАВІТАЦІЙНІ МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ПОБУТОВО-ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Демчук І.М., Демчук Б.Д., Столяренко Г.С.

e-mail: ivannademcuk19@gmail.com

*Черкаський державний технологічний університет,
Україна, Черкаси*

У роботі розглядається найбільш розповсюджений метод очищення побутово-промислових стічних вод – біологічний. Ефективність процесів біологічного очищення води залежить від багатьох факторів: хімічного складу води; біогенних елементів; вмісту кисню; температури, співвідношення органічної складової до вмісту азоту загального (карбамід, нітрати, нітрити і аміак) та до фосфору.

Об'єктом роботи визначено процеси каталізу біологічної та механо-хімічної утилізації органічних та неорганічних важко деструктивних сполук у побутово-промислових стічних водах з використанням інноваційних методів інтенсифікації, які засновані на принципах утворення проміжних продуктів (інтермедіатів), радикалів та ензимів.

Предметом роботи визначено енергетичні, фізико-хімічні та термодинамічні закономірності каталізу процесів деструкції поллютантів у побутово-промислових стічних водах.

Встановлено, що на аерацію стоків витрачається 55% від загальних витрат електроенергії, якщо зменшити час перебування стоків в аеротенках, що можливо в процесі ферментації зворотного мулу, то можна суттєво заощадити енергоресурси, а саме: електроенергію на роботу повітродувки, що нагнітають повітря в аераційні труби, пластини чи інші аераційні пристрої.

Проведено лабораторні дослідження використання кавітаційних методів ферментації мулу, що показують збільшення ефективності аеробних та анаеробних процесів в аеротенку.

Встановлено, що ферментація біомаси може суттєво скоротити час перебування стічної води в аеротенку до 6 годин (стандартно стоки в аеротенку перебувають від 10 до 20 годин), при цьому ступінь очищення за показником хімічного споживання кисню підвищиться на 5÷15% від показників ведення процесів, що відбуваються без залучення ферментативного каталізу.

Запропоновано новий метод ферментації зворотного мулу – метод кавітації з використанням кавітатора оригінальної конструкції, який дозволяє збільшити концентрацію ферментів – каталізаторів при аеробному очищенні стічних та промислових вод від органічних сполук та синтезувати іони трьохвалентного заліза, що приводить до зменшення вмісту фосфатів.

**ПЕРЕДОВІ ПРОЦЕСИ ОКИСНЕННЯ НА ОСНОВІ КАЛІЮ
ПЕРІОДАТУ І НАТРІЮ ПЕРКАРБОНАТУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ
ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ ВІД N-ВМІСНИХ
ОРГАНІЧНИХ ПОЛЮТАНТІВ**

Дмитренко Т.С., Цимбалюк В.В., Сухацький Ю.В.

e-mail: tetiana.dmytrenko.kht.2021@lpnu.ua; yurii.v.sukhatskyi@lpnu.ua

*Національний університет «Львівська політехніка»,
Україна, Львів*

Передові процеси окиснення (advanced oxidation processes) – це процеси, які ґрунтуються на генеруванні вторинних окисників – високореакційноздатних інтермедіатів (насамперед, реакційних форм Кисню) – внаслідок активації (каталітичної або у фізичних полях) первинних окисників (водню пероксиду, озону, персульфатів тощо). Основною реакційною формою Кисню є гідроксильні радикали – потужні окисники N-вмісних органічних сполук з редокс-потенціалом 2,7 В. До типових представників N-вмісних органічних полютантів належать барвники. Суттєва перевага застосування передових процесів окиснення, порівняно із традиційними методами вилучення N-вмісних барвників із водних середовищ (наприклад, адсорбційними, йонним обміном тощо), полягає у мінералізації полютантів з утворенням вуглекислого газу, води та інших нешкідливих неорганічних речовин.

В останні десятиліття увага багатьох дослідників спрямована на розроблення нових передових процесів окиснення, заснованих на використанні таких первинних окисників, як калію періодат (KIO_4) [1] і натрію перкарбонат ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$) [2]. Перевагами використання калію періодату і натрію перкарбонату, порівняно з іншими первинними окисниками, є їх хімічна стабільність. Це забезпечує можливість їх тривалого зберігання і перевезення на великі відстані. Висока селективність (тільки для окиснення сполук з віцинальними групами, зокрема $-\text{OH}$, $-\text{CHO}$, $=\text{CO}$, або $-\text{COOH}$) – основний недолік окиснення органічних полютантів за участю калію періодату. Кавітаційну (ультразвукову або гідродинамічну) активацію калію періодату або його активацію сполуками d-елементів [3] застосовують для зменшення селективності окиснення органічних полютантів. Сполуки Fe виконують функцію каталізаторів розкладу первинних окисників у процесі Фентона та Фентон-подібних процесах.

Для гомогенної активації KIO_4 використовували залізний купорос ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), а для гетерогенної активації натрію перкарбонату, як носія “твердого H_2O_2 ”, – синтезовані методом співосадження в ультразвуковому полі порошки наночастинок шпінелі MgMn_2O_4 [4]. Обчислений за рівнянням Дебая-Шеррера середній розмір кристаліту MgMn_2O_4 дорівнював 24 нм.

Окиснення радикалами, синглетним киснем ($^1\text{O}_2$), трансфер (перенесення) електронів і окиснення, зумовлене комплексами металів з високою валентністю, – потенційно можливі шляхи окиснювальної деградації N-вмісних органічних полютантів.

Використання KIO_4 , сумісно активованого ультразвуком і залізним купоросом впродовж 600 с, дало змогу досягнути ступеня окиснювальної деградації діазобарвника конго червоного, що дорівнював 97,2%. Умови деградації: початкова концентрація полютанта – $71,8 \cdot 10^{-6}$ моль/дм³; температура – 20°C; pH=3; мольне співвідношення барвник: KIO_4 : FeSO_4 =1:10:5; питома потужність ультразвукового кавітаційного оброблення – 68,0 Вт/дм³. Синергізм ультразвуку та дії каталізатора на розклад конго червоного за участю активованого калію періодату охарактеризовано синергетичним коефіцієнтом, який дорівнював 2,57.

Встановлено, що у випадку синхронної активації натрію перкарбонату в ультразвуковому (УЗ) полі та наночастинками шпінелі (передовий процес окиснення – УЗ-кавітація / MgMn_2O_4 (наночастинки) / $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$) впродовж 1 год., ступінь деградації родаміну Б дорівнював 98%. При цьому необхідно зазначити, що: початкова концентрація полютанта у його водному розчині дорівнювала $0,209 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³; температура реакційного середовища – 298 К; pH=3,00; концентрація $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$ – $5 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³; вміст каталізатора MgMn_2O_4 – 1 г/дм³.

Отже, комбінована (в УЗ-полі та сполуками d-елементів) активація неорганічних реагентів-окисників (калію періодату і натрію перкарбонату) посилює генерування вторинних окисників (реакційних форм Кисню) і є передумовою ефективної деградації N-вмісних органічних полютантів.

Література:

1. Yang B., Ma Q., Hao J. et al. Periodate-based advanced oxidation processes: A review focusing on the overlooked role of high-valent iron and manganese species // *Chemosphere*. – 2023. – Vol. 337. – Article ID 139442.
2. Zhang B.-T., Kuang L., Teng Y. et al. Application of percarbonate and peroxymonocarbonate in decontamination technologies // *Journal of Environmental Sciences*. – 2021. – Vol. 105. – pp. 100–115.
3. Zong Y., Shao Y., Zeng Y. et al. Enhanced oxidation of organic contaminants by iron(II)-activated periodate: the significance of high-valent iron-oxo species // *Environmental Science & Technology*. – 2021. – Vol. 55. – No. 11. – pp. 7634–7642.
4. Yu J., Qiu W., Lin X. et al. Periodate activation with stable MgMn_2O_4 spinel for bisphenol A removal: Radical and non-radical pathways // *Chem. Eng. J.* – 2023. – Vol. 459. – ID 141574.

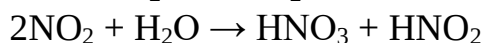
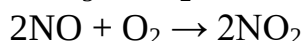
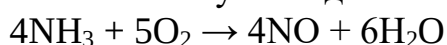
ОКИСНЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТУ ПАРОЮ НІТРАТНОЇ КИСЛОТИ: ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ ТА КВАНТОВО-ХІМІЧНИЙ ПІДХІД

Захарова Ю. І., Захарова О.І.

e-mail: rubej10@gmail.com

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
Україна, Київ

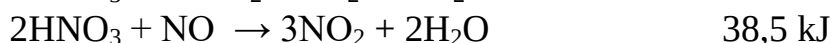
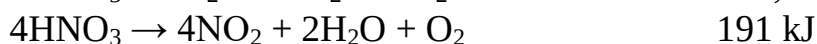
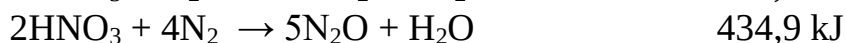
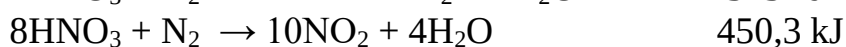
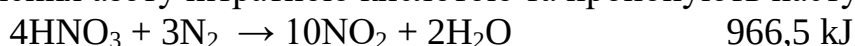
Нітратна кислота відіграє важливу роль у виробництві азотних та комбінованих добрив, органічних барвників, вибухівки і т.п. Традиційне промислово виробництво нітратної кислоти відбувається шляхом окиснення амоніаку та подальшій адсорбції нітрозних газів [1]:



Таке виробництво характеризується великим використанням метану та енергії, низкою екологічних проблем, тому актуальним є пошук нових, нетрадиційних технологій зв'язування азоту. Результати експериментів з прямого окиснення атмосферного азоту парою нітратної кислоти вперше проведені Караваєвим [2], а пізніше Близнюком та Савенковим [3-4]. Показано, що за умов експерименту вміст оксидів азоту збільшується на 25-55%.

Метою нашої роботи є аналіз та порівняння запропонованих механізмів реакцій прямого окиснення молекулярного азоту парою нітратної кислоти.

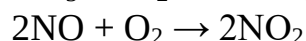
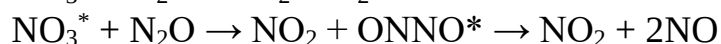
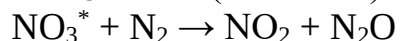
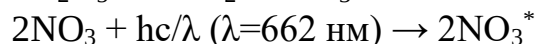
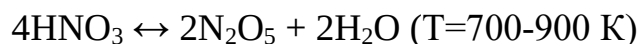
В роботі [3] автори вивчали енергетичну можливість процесу окиснення азоту нітратною кислотою та пропонують наступний механізм:



Всі реакції є ендотермічними. З підвищенням температури теплові ефекти зменшуються, хоча і незначно. Ізобарний потенціал за нормальних умов для всіх реакцій має позитивне значення, тобто перебіг реакцій в цих умовах неможливий. Окрім того, наведений механізм не пояснює загальноприйняті механізми розкладання молекули нітратної кислоти через утворення радикалів OH^+ і NO^{2-} .

Для пояснення механізму окиснення молекулярного азоту в роботах Захарова [5-6] використовується квантово-хімічний підхід. Розрахунки можливих реакцій на перехідних станів проведені на основі теорії

функціонала щільності (DFT), методом B3LYP/6-311++G(3df,3pd). Показана можливість фотохімічної активації N₂ високоенергетичним триоксидом NO₃^{*} та запропонований термодинамічно дозволений механізм:



Стехіометрія по нітратній кислоті в запропонованому механізмі кількісно пояснює збільшення вмісту HNO₃ в експериментах Караваєва.

Висновок: можливість екологічно чистої технології одержання нітратної кислоти окисненням атмосферного азоту парою азотної кислоти має квантово-хімічне обґрунтування та дає надію на знаходження нових технологічних шляхів реалізації нового процесу.

Література:

1. Атрощенко В. И. Технология связанного азота / Атрощенко В. И., Алексеев А. М., Засорин А. П. – К.: Вища школа, 1985. – 327 с.
2. Пат. 2156730 Российская Федерация, МПК С 01 В 21/30. Способ получения оксидов азота / Иванов Ю. А., Караваев М. М.; заявители и патентообладатели Иванов Юрий Анисимович, Караваев Михаил Михайлович - № 2000101753/12; заявл. 27.01.00; опубл. 27.09.00, Бюл. № 15.
3. Близнюк О.Н. Дослідження окиснення N₂ парою нітратної кислоти / О.Н. Близнюк, А.С. Савенков // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”, Львів. – 2003. – №488. – С.13–17.
4. Близнюк О.Н. Новая крупнотоннажная установка получения азотной кислоты по нетрадиционной технологии / О.Н. Близнюк, А.С. Савенков, А.Н. Огурцов // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків, 2005. – №4. – С. 29–35.
5. Захаров И. И. Квантово-химическое исследование возможности фото-химической активации молекулярного азота / И. И. Захаров // Теоретическая и экспериментальная химия. – 2012. – Т. 48, № 3. – С. 191-195.
6. Захаров И. И. Экологически чистая технология репродукции азотной кислоты // Захаров И.И., Лищишина Т.П., Захарова О.И. // Вісник східноукраїнського національного університету імені володимира даля. – 2014. - № 9 (216). – С.7-14.

ОЧИЩЕННЯ ВОДИ КОАГУЛЯНТАМИ НА ОСНОВІ АЛЮМІНАТУ НАТРІЮ

Кириченко Е.В., Смотраєв Р.В., Сухий М.К., Нефедов В.Г., Матвеев В.В.
e-mail:kyrychenkoem17@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро

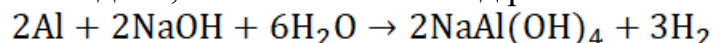
Резюме: Визначено ефективність очищення води від мутності та ортофосфатів за допомогою розчину алюмінату натрію, отриманого електрохімічним способом, у порівнянні з промисловими алюмовмісними коагулянтами. Встановлено дози коагулянтів, що забезпечують ступінь очищення води від мутності та ортофосфатів на рівні 99%.

Одним з найпоширеніших методів очищення води є процес коагуляції. Алюмовмісні коагулянти широко використовуються в процесах водоочистки, адже мають високу концентрацію активної речовини і можуть бути ефективними в невеликих дозах. У порівнянні з іншими хімічними речовинами, алюмовмісні коагулянти є менш токсичними та мають менший вплив на навколишнє середовище. Найбільшою популярністю користуються преполімеризовані коагулянти різної основності на основі хлоридів алюмінію. Ефективність цих коагулянтів при очищенні води від зважених частинок та мутності збільшується із збільшенням ступеню основності, але при цьому зменшується ефективність очищення води від фосфатів [1]. Тому проводяться дослідження з метою підвищення ефективності таких коагулянтів (зміна основності коагулянтів, їх модифікація, використання інших сполук алюмінію), та пошук нових неорганічних коагулянтів [2].

Наразі перспективним напрямком є використання алюмінату натрію, що утворюється як побічний продукт при виробництві алюмінію і алюмінієвого лому [3].

Мета роботи – визначення ефективності одночасного очищення води від мутності та ортофосфат-іонів коагулянтами на основі алюмінату натрію та порівняння їх ефективності з промисловими коагулянтами.

Вихідний розчин алюмінату натрію (РАН) був одержаний з алюмінієвого брухту в електрохімічному пристрої, де, як анод використовувався алюмінієвий брухт, як катод – нікель. На нікелевому катоді виділяється водень, а алюмінієвий анод розчиняється:



РАН, що утворюється, містить $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 11\%$, що знаходиться у межах концентрації алюмінію у промислових розчинах коагулянтів.

Ефективність коагулянтів досліджували за ступенем видалення мутності та ортофосфатів (ОФ) на модельній стічній воді складу (мг/л): ОФ – 10 та 20; зважені частинки (ЗЧ) – 50 та 100. Дози коагулянтів 0,25-2,0 ммоль/л. Для порівняння були використані промислові коагулянти SAX-18 та PAX-18 (Kemira, Швеція): SAX-18: $\text{C}(\text{Al}_2\text{O}_3) - 9,5 \pm 0,5\%$; густина

розчину 1390-1510 г/л; рН = $12,5 \pm 0,5$; РАХ-18: $C(Al_2O_3) - 17,1 \pm 0,5\%$; густина розчину 1340-1360 г/л; рН = $1 \pm 0,5$. Постійне значення $pH \approx 7$ в стічній воді підтримували дозуванням визначених об'ємів розчинів H_2SO_4 для алюмінатів та NaOH для РАХ-18 після введення коагулянтів.

Встановлено, що коагулянти РАН та SAX-18 видаляють мутність на 92,5-93,5% навіть при дозах 0,25 ммоль/л (96,5-97,3% для РАХ-18). Збільшення вмісту ОФ призводить до зниження ступеня очистки від мутності, що пов'язано з більш низькою коагуляційною здатністю фосфатів металів в порівнянні з їх гідроксидами. При збільшенні концентрації ЗЧ у воді з різним вмістом ОФ збільшується очищення води від мутності, що пов'язано з утворенням більших і міцніших пластівців. Ступінь очищення води від ОФ знижується при збільшенні початкової концентрації ЗЧ (від 50 до 100 мг/л) на 7-10% та при збільшенні початкової концентрації ОФ (від 10 до 20 мг/л) на 5-12%, що обумовлено більшою швидкістю гідролізу солей металів порівняно з утворенням фосфатів металів, їх видалення залежить від конкурентних процесів зв'язування фосфатів і їх захоплення зарядженою поверхнею гідроксокомплексів металів, а також рівноваги цих хімічних реакцій. РАН проявляє коагуляційні властивості аналогічні промисловому SAX-18, що пояснюється однаковою природою основної діючої речовини. Порівняно з РАХ-18, РАН проявляє вищу ефективність в очищенні води від ОФ (на 8-23% в залежності від складу стічної води), та меншу в очищенні від мутності, що обумовлено різними селективністю та механізмами коагуляційної дії цих речовин.

Отже, РАН має достатньо високий ступінь видалення мутності 96-97% починаючи з дози 0,5 ммоль/л. Підвищення дози до 1,5 ммоль/л дозволяє видалити мутність на 99%. Максимальний ступінь видалення ортофосфат-іонів становить близько 99% вже при дозі 0,75 ммоль/л. Такий розчин може використовуватись як коагулянт без додаткової обробки.

Література:

1. Smotraiev, R., Nehrii, A., Koltsova, E., Anohina, A., Sorochkina, K., & Ratnaweera, H. (2022). Comparison of wastewater coagulation efficiency of pre-polymerised zirconium and traditional aluminium coagulants. *Journal of Water Process Engineering*, 47.
2. Sorochkina, K., Nehrii, A., Koltsova, E., Smotraiev, R. (2016) Understanding of coagulation mechanisms during competing processes of particle and phosphate removal with Zr-OCl and Al-OCl. IWA Specialist Conference Advances in particle science and separation: Meeting tomorrow's challenges.
3. Kyrychenko, E., Smotraiev, R., Sukhyi, M., Nefedov, V., Matvieiev, V. (2023). Water treatment with sodium aluminate-based coagulants. 21-th International scientific conference Resources of natural waters of the carpathian region. Problems of protection and rational use.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ НАНОЧАСТИНОК МІДІ ПРИ ЕЛЕКТРОРАФІНІРУВАННІ МІДІ

Кічова М.Є.¹, Муратов Н.Н.², Іванченко Л.В.²

e-mail: KichovaME@nas.gov.ua

¹ Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України,
Україна, Одеса

² Національний університет «Одеська Політехніка»,
Україна, Одеса

Проблема токсичності та біобезпеки наночастинок металів та їх колоїдних розчинів посідає визначне місце. Взаємодія наночастинок (НЧ) з біологічним середовищем порушує природні функції клітин та їх компонентів, викликає проблеми із здоров'ям. Наночастинки спроможні взаємодіяти з більшістю клітинних компонентів від ДНК і різноманітних білків до мітохондрій та можуть призводити до утворення активних оксидних форм і впливати на різноманітні функції клітин.

В останній час у світовому виробництві постійно збільшується використання міді високої чистоти. Це пов'язано в першу чергу з розвитком безвуглецевих технологій та переходом з двигунів внутрішнього згоряння на електродвигуни в автомобільній промисловості. Мідь високої чистоти отримують електрорафінуванням чорнової міді. Для підтримки постійності складу електроліту цей процес доповнюється процесом регенерації (знеміднення).

Було виявлено, що наномідь має високу токсичність. Потенціал НЧ CuO у широкому діапазоні застосувань обумовлений його високою поверхневою реакційною здатністю, хімічною стабільністю та термоелектричними властивостями. Проте НЧ CuO стали не тільки важливим класом наноматеріалів для широкого спектру застосувань (медичних, екологічних, промислових), але й залишились такими, які несуть потенційний ризик для живих організмів та навколишнього середовища.

Запропоновано метод утилізації наноміді, що накопичується в процесі знеміднення відсіченого електроліту, шляхом її окиснення в індукційній печі киснем повітря за температури $400 \div 500^{\circ}\text{C}$ у відповідний оксид з наступним його розчиненням безпосередньо у ваннах рафінування. Показано, що вихід нанооксиду міді після прожарювання наноміді в печі досягає 80%. Отриманий нанооксид міді активно реагує з сульфатною кислотою, що входить у склад електроліту. Неокиснена мідь залишається у корзині та може бути знову окиснена в наступному циклі утилізації наноміді.

**ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ З УРАХУВАННЯМ
ЗДІЙСНЕННЯ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ВІДВАЛАХ
РОЗКРИВНИХ ПОРІД**

Ковальова Л.С.¹, Максимова Н.М.², Петрушина Г.О.¹

e-mail:8980373@student.dsau.dp.ua

Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

Україна, Дніпро

² *ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»,*

Україна, Запоріжжя

Зовнішнім відвалам розкривних порід гранітних кар'єрів притаманне інтенсивне самозаростання не лише травами, але й дерево-чагарниковою рослинністю. Тому під час теоретичного прогнозування впливу дефляції від подібних техногенних насипів на прилеглі території в першу чергу звертають увагу лише на перші 1-2 роки. Процес відвалоутворення залежить від просування фронту робіт у гранітному кар'єрі. Відсіпки таких відвалів тривалі у часі, а в подальшому «лежалі» відвали, як правило, планується використовувати для рекультивації відпрацьованого простору.

Наприклад, для розвантаження гірської маси, об'ємом 52,2 тис. м³ за рік, у відвал за допомогою автосамоскиду КрАЗ–65055 викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря складуть: азоту діоксид – 0,375 т/рік, сажі – 0,037 т/рік, ангідриду сірчистого – 0,047 т/рік, оксиду вуглецю – 0,225 т/рік, вуглеводнів – 0,066 т/рік, бенз(а)пірену – $0,2997 \cdot 10^{-6}$ т/рік.

Співставлення визначених показників газоподібних викидів ангідриду сірчистого SO₂ при згоранні палива від двигунів внутрішнього згорання спецтехніки за питомими показниками з можливостями газобірної здатності стійкого рослинного покриву, площа якого витримана на 78,85 % поверхні відвалу, показало наступне: по-перше, поглинальна здатність по оксиду сірки – 7,77 т; по-друге, коефіцієнт самоочищення повітря за рахунок зеленої рослинності 165,4 > 100. Відзначимо, що оцінка газобірної здатності рослинного покриву виконана з урахуванням рекомендацій [1].

Таким чином, підтримання високого рівня озеленення відвалів розкривних порід під час їх експлуатації призводить до покращення місцевої екологічної ситуації щодо якості атмосферного повітря.

Література:

1. Лазаренко П.І. Еколого-біологічні основи сільськогосподарського районування територій (на прикладі Дніпропетровської області). К.: [б.в.], 1995. 476 с.

ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ПЕРЕРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗЧИНІВ КИСЛОТ ТА ЛУГІВ

Корчик Н. М., Мисіна О.І., Сахно Н.М., Панасюк В.А.

e-mail: o.i.mysina@nuwm.edu.ua

*ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування»
Україна, Рівне*

Основною ознакою класифікації відпрацьованих технологічних розчинів (ВТР) кислот та лугів є визначення параметра кислотно-основної рівноваги – рН. Але при цьому не враховуються кількісний та якісний склади ВТР. В даній роботі відмічається необхідність виділення відпрацьованих технологічних розчинів в окремі категорії, а саме: кислі металовмісні ВТР, лужні металовмісні ВТР, ВТР кислот з домішками металів, ВТР лугів з домішками металів. ВТР кислот та лугів гальванічних виробництв надходять на обробку від 1 до 48 разів на рік. При цьому обробка даних розчинів повинна передбачати насамперед їх нейтралізацію та вилучення домішок органічної (поверхнево-активні речовини, розчини для знежирення тощо) та неорганічної природи (йони металів, фосфати, силікати, сульфати тощо).

На підставі аналізу існуючих схем обробки ВТР кислот та лугів (з домішками металів) було встановлено, що схеми обробки включають наступні типові процеси:

1. Теплові (нагрівання) для деструкції органічних домішок.
2. Хімічні (окиснення, підкиснення, підлужнення) для деструкції і окиснення органічних домішок, регулювання рН.
3. Електрохімічні для генерації окисників, коагулянтів з метою деструкції, окиснення і вилучення органічних та неорганічних домішок.
4. Гідромеханічні (відстоювання, флотація, центрифугування) для вилучення домішок після і без попередньої обробки (окисниками, нагрівання).
5. Масообмінні (сорбція) для вилучення домішок після попередньої обробки.
6. Мембранні (зворотній осмос) для вилучення органічних та неорганічних домішок після попередньої обробки.

Для даної категорії розчинів характерні процеси, що забезпечують розділення основних компонентів і домішок після попередньої обробки [1]. При цьому забезпечується можливість регенерації ВТР (після наступного коректування), знешкодження і утилізація компонентів [1].

На основі проведеного аналізу слід відзначити, що процеси, які забезпечують розділення окремих компонентів ВТР не завжди вирішують питання їх знешкодження або утилізації [1].

В дані роботі досліджували такі хімічні процеси: процеси нейтралізації кислот і лугів та хімічне осадження йонів металів, фосфатів, силікатів та сульфатів. Дослідження проводили з використанням потенціометричного титрування, що дозволило розглянути хід хімічної взаємодії і умови регулювання рН як основного параметру процесу. При цьому визначали діапазон регулювання рН шляхом розрахунку буферного індексу та диференціювання кривої потенціометричного титрування.

На підставі експериментальних досліджень встановили, що ВТР кислот та лугів з домішками металів можна поділити на три групи, яким відповідають відповідні типи технологічних зв'язків (функціональних схем), а також спосіб регулювання рН. Була складена класифікація ВТР кислот та лугів з домішками металів, яка наведена в таблиці.

Таблиця – Класифікація ВТР кислот та лугів з домішками металів за типом функціональної схеми їх обробки та рН закінчення процесу

ВТР кислот та лугів з домішками металів	Назва операції	рН закінчення процесу
ВТР I групи	1. Анодування сульфатнокисле	рН>5
	2. Анодне оксидування	
	3. Активування	
	4. Декапування	
	5. Травлення алюмінієвого лиття	
	6. Травлення алюмінію	
ВТР II групи	1. Розчин освітлення цинку	рН=7
	2. Розчин нейтралізації	
	3. Анодування ізоляційне	
	4. Оксидування міді	
	5. Електрохімічне знежирення	
ВТР III групи	1. Зняття нікелевого покриття	рН не <5
	2. Травлення сплавів ЦАМ	
	3. Гідратна обробка титану	
	4. Розчин освітлення алюмінію	

Таким чином, рекомендовано класифікувати ВТР, а саме: кислі металовмісні ВТР, лужні металовмісні ВТР, ВТР кислот з домішками металів, ВТР лугів з домішками металів. Для ВТР кислот та лугів з домішками встановили три типи функціональних схем, яким відповідає певний спосіб регулювання рН і витрата хімічного реагенту.

Література:

1. Yatskov M., Korchyk N., Mysina O., Budenkova N. Creation of a combined system for treatment of iron-containing wastewater from etching operations. Technology Audit and Production Reserves, 2021, 6/3(62). – P. 21-26.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИЛУЧЕННЯ АЛЮМІНІЮ ТА КРЕМНІЮ ІЗ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ

Кудряшова К.О., Хлопицький О.О., Макаrenchенко Н.П.

e-mail: kseniakudryashova2003@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Вилучення алюмінію та кремнію із золошлакових відходів може бути перспективним напрямком їх одержання і одночасного зменшення впливу відходів техногенного характеру на навколишнє середовище. Золошлаки зазвичай утворюються під час виробництва електроенергії на теплових електростанціях або котельнях, які працюють на твердому паливі (вугіллі). Хімічний склад цих відходів вказує на велику кількість різноманітних елементів, особливо алюмінію та кремнію, яких у відходах від 50 до 80%.

Золошлакові відходи в Україні розглядають як промислові відходи техногенного характеру, а не як вторинна сировинна, що є помилкою, особливо в умовах післявоєнного відновлення України на шляху до сталого розвитку. В умовах України можливо дослідити процеси вилучення кремнію та алюмінію, спираючись на закордонний досвід.

Метод каскадної екстракції був розроблений шляхом поєднання лужного зневоднення з карбонізацією та кислотним вилуговуванням для досягнення ефективного розділення та повного відновлення продуктів алюмінію, кремнію та заліза у вугільній золі.

Існують різні технології для виділення алюмінію і кремнію з золошлаків. Однією з таких технологій є гідрометалургійний процес, який полягає у використанні хімічних реакцій для розчинення цільових металів у водному середовищі. Наприклад, алюміній може бути розчинений у розчині лугу (натрію або калію), а кремній у розчині кислоти (соляної кислоти).

Метод випалювання, часто відомий як пірометалургійний процес, може бути використаний для вилучення алюмінію та кремнію з золошлаків. Основний принцип полягає в тому, щоб використовувати високу температуру для розкладання оксидів та інших сполук у відходах і виділення цільових металів.

Золошлаки можуть бути перероблені методами спікання або плавлення, що дасть можливість одержати крім алюмінію та кремнію і інші елементи прикладного характеру.

Після випалювання утворюється оксидний матеріал, який може бути підданий додатковим методам обробки для вилучення алюмінію і кремнію та приведення його до товарного вигляду для подальшого використання.

СЕЛЕКТИВНЕ ВИЛУЧЕННЯ НІКЕЛЮ З ЛОМУ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Кузнецов М.В., Скнар Ю.Є., Кожура О.В., Скнар І.В.

e-mail: knv82@ukr.net

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Конструкційні матеріали на основі високолегованих сплавів використовуються при температурних режимах, що перевищують 1000°C, зокрема, з них виготовляють турбінні лопаті реактивних двигунів. За основним легуючим елементом виокремлюють сплави на основі нікелю, залізо-нікелю та кобальту. Переробка лому таких сплавів проводиться пірометалургійним, гідрометалургійним або змішаним способом. Пірометалургійний спосіб є найменш селективним. Гідрометалургійний процес більш вибірковий, ніж пірометалургійний, і забезпечує повне виділення складових високолегованих сплавів навіть із забруднених відходів. Вилуговування відбувається за участі кислот та лугів з подальшою очисткою шляхом вилучення розчинника чи осадження нерозчинних речовин. Перспективними напрямками селективного вилучення нікелю з вторинної сировини є гідрометалургійні та електрохімічні способи її переробки.

Для вирішення задачі з одержання нікелю високої чистоти при переробці лому сплавів тугоплавких металів з металами групи феруму та порошкових сплавів запропоновано проводити електрохімічне розділення складових багатокомпонентних систем з середовища на основі метансульфонової кислоти. Такі електроліти суттєво перевершують існуючі розчини вилуговування за екологічністю та ефективністю використання, оскільки характеризуються високою розчинністю солей металів та мають високу електропровідність. Використання метансульфонатного електроліту дозволило збільшити інтенсивність процесу за рахунок високої концентрації солей, розчинність яких перевершує розчинність сульфатів в 1,5-2 рази.

На основі даних по термодинамічній стійкості комплексних сполук розроблено методику управління окиснювальними потенціалами іонів у робочих розчинах, а від так, і збільшенням селективності при розділенні багатокомпонентних сумішей сполук металів. Отримано комплекс експериментальних даних стосовно впливу складу електролітів на основі метансульфонової кислоти та параметрів хімічного і електрохімічного виділення нікелю на ступінь чистоти одержаного металу. Досягнуто суттєвого зниження витратності технології селективного вилучення нікелю з порошкових та високолегованих сплавів через комбінацію хімічних та електрохімічних методів проведення процесів та досягнення максимальної ефективності запропонованих технологічних операцій.

КОМБІНОВАНА ПЕРЕРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ЛОМУ З ОТРИМАННЯМ ВИСОКОЧИСТОГО ОЛОВА

Кучер В. М., Скнар Ю. Є., Скнар І. В.

e-mail: Vk06121976@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Криза металевих ресурсів і невід’ємна потреба впровадження замкненого циклу спричинили швидкий розвиток технології переробки електронних відходів. Гідрометалургія викликає великий інтерес через її екологічність і легкість керування процесом порівняно з пірометалургією. Хімічне вилуговування є основним етапом гідрометалургії. По завершенню процесу вилуговування більшість розчинених металів у фільтраті доступні у формі іонів. Після виділення дорогоцінних металів залишаються недорогоцінні, а саме: нікель, мідь, олово, свинець та інші, які теж представляють суттєву цінність, і їх виділення вирішує проблему рециклінгового використання цих металів та екологічності відходів електротехнічного лому.

Залежно від типу фільтрату, вмісту та специфікації металу в фільтраті та цільового металу для очищення та регенерації металу обирається певний метод його вилучення: іонний обмін, адсорбція, екстракція розчинником, електроосадження. Електроосадження металу має суттєві переваги, оскільки іони можуть бути відновлені в металевій формі, тобто готові до повторного використання. Процес не передбачає утворення залишкового шламу, і немає потреби в додатковому використанні хімічних речовин. Такий процес легко контролюється, оскільки керуючою змінною є електричний струм. За останні роки в світі проводилося багато досліджень в цьому напрямку, але вони були спрямовані на вирішення проблеми виділення дорогоцінних металів або розв’язання конкретних прикладних задач з регенерації недорогоцінних металів з певних видів електротехнічних відходів. Тому розробка методу вилучення олова з електротехнічного лому з отриманням високочистого продукту є надзвичайно актуальною.

В роботі запропоновано вилучення олова електрохімічним способом із електроліту, що містить компоненти електротехнічного лому, переведені у розчин за допомогою метансульфонової кислоти. Пріоритетність цієї кислоти обумовлена високими електропровідністю і розчинністю солей, а також екологічністю. Показана можливість відділення олова від нікелю і заліза з отриманням високочистих осадів олова. Проведені дослідження впливу поверхнево-активних речовин на кінетику виділення олова із метансульфонатного електроліту. Встановлено, що компактні осади можна отримати за використання оксидетильованих поверхнево-активних речовин, що містять ароматичний радикал.

МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

Литвиненко К.М., Климова Н.А., Хлопицький О.О.,

Макарченко Н.П., Фролова Л.А.

e-mail: 1ekateryna.litvinenko1@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Технологія виробничої діяльності гірничо-збагачувальних підприємств пов'язана з утворенням багатотонних промислових відходів. Основну їх частину становлять відходи, які утворюються у процесі видобутку та збагачення руди. Великі обсяги їх утворення та нагромадження зумовили загострення економічних, екологічних, соціальних проблем та потребують термінових заходів. З метою суттєвого зменшення відходів виробництва гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) необхідно використовувати комплексний підхід до вирішення цього питання. Слід урахувати, що відходи можуть бути заміником природних мінеральних ресурсів та водночас вони є небезпечними для довкілля.

Відходи гірничого виробництва – невикористані продукти видобутку та переробки мінеральної сировини, які можна виділити з маси видобутих корисних копалин (гірничої маси) у процесах розробки родовищ, збагачення та хіміко-металургійної переробки.

Відходи гірничо-збагачувальних комбінатів мають велике значення в промисловому масштабі, оскільки є надзвичайно важливим матеріальним ресурсом для отримання вторинної сировини для хімічної промисловості (коагулянти та надчисті метали), для будівельної промисловості (як наповнювачі).

Враховуючи природу відходів та їх хімічний склад, можна дослідити можливість розроблення комплексної технології переробки відходів збагачення залізної руди. Даного типу відходів в Україні вдосталь, що дає можливість їх повторного використання в основному процесі, а також у якості перспективної сировини для отримання матеріалів різного функціонального призначення. Це дасть можливість забезпечити не тільки внутрішній ринок України, але і вийти на світовий, адже багато країн не мають своїх ресурсів для власного виробництва.

У свою чергу орієнтовно можна представити наступні методи переробки: повторне зациклення відходів ГЗК із хвостосховищ; використання у виробництві важких бетонів; вилуговування в автоклавах; спікання (сплавлення) з содою; обробка кислотами (кислотне вилуговування), тощо. Перелік методів можна розширити, але це залежить від завдань, які поставлені перед суспільством на шляху циркулярної економіки.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

Михальченко І.В., Климова Н.А., Савченко М.О.,

Хлопицький О.О., Фролова Л.А.

e-mail: innamalina33@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

Багаторічна енергетично-сировинна спеціалізація, а також низький технологічний рівень промисловості України поставили її в число країн з найбільш високими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів. Основними джерелами утворення відходів є підприємства гірничорудного, хімічного, металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного та агропромислового комплексів. Відходи є одним з найбільш вагомих факторів забруднення довкілля і негативного впливу фактично на всі його компоненти.

Питання утилізації відходів виробництва і споживання в останні роки здобувають вирішальне значення для зниження антропогенного впливу на середовище існування людини, а також у зв'язку з ростом цін на сировину, що супроводжує неминуче виснаження природних ресурсів.

Експлуатація родовищ Криворізького басейну призвела до накопичення понад 3,6 млрд м³ розкритих порід і 2,0 млрд т відходів збагачення. На гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу діють 8 хвостосховищ та 12 відвалів пустих порід, які займають площу близько 13 тис. га. Протягом року утворення відходів видобутку та збагачення залізних руд склало понад 234 млн т.

При видобутку бідних залізних руд, з кар'єрів на збагачувальну фабрику потрапляють залістисті кварцити з масовою часткою заліза загального 35-37%. Кондиційними за магнітним залізом вважаються кварцити з масовою його часткою 10-14%. Магнетитові кварцити з масовою часткою заліза < 10% вважаються некондиційними, і вони потрапляють у відвали ГЗК.

В процесі збагачення залістистих кварцитів утворюються відходи, які складаються у хвостосховищах, що займають приблизно 7-10 тис. га тільки в Кривбасі. Сумарний об'єм відходів збагачення близько 1,5-3,0 млрд м³, загальна маса – 4,0-6,0 млрд. т.

Серед різноманіття способів переробки техногенних родовищ слід особливо виділити біотехнологічні способи, розвиток яких може спричинити революційні зміни у розвитку всієї гірничодобувної промисловості. Біотехнологія все ширше використовується у ряді інших країн, як технологія, яка покликана ліквідувати брак енергії, мінеральних ресурсів та поліпшити стан навколишнього середовища.

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД М.РІВНЕ

Мінаєва Н.Л., Котигорох В.В.

e-mail: n.l.minaieva@nuwm.edu.ua

*ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування»,
Україна, Рівне*

На даний час у м. Рівне гостро стоїть питання збільшення потужностей очисних споруд, що забезпечують функціонування м. Рівне. Оскільки тривалий час однією з важливих проблем Рівного є застарілість та недостатня потужність наявних очисних споруд каналізації м. Рівне, що забезпечують лише 40% потреб міста у очистці господарсько-побутових стічних вод. Очисні споруди, що розташовані на вулиці Будівельників, були введені в експлуатацію у 1964 році, а остання масштабна їх модернізація відбулася у 1972 році, коли збільшили їх проєктну потужність на 30% [1].

На сьогоднішній день там проходять повну механічну та біологічну очистку 20-22 тис.м³/доб стоків. Зараз на ефективність роботи очисних споруд впливає фізична зношеність споруд, обладнання, трубопроводів. Аераційна система аеротенків, яка є основою біологічного процесу очистки стічних вод, майже повністю вийшла з ладу, трубопроводи мають пориви, повітря розподіляється нерівномірно по об'єму аеротенка, насичення стічних вод киснем неефективне, через що нераціонально витрачається електроенергія на роботу повітродувки. Повітродувки та станції управління ними фізично та морально застарілі. Пориви трубопроводів, низька концентрація розчиненого кисню, недостатня інтенсивність перемішування мулової суміші, застійні зони – усе це призводить до залягання та загнивання активного мулу в аеротенках. У зв'язку з цим уся система аерації та обладнання потребує заміни.

До 70 тис.м³ стоків щоденно перекачуються на відстань 11 км за допомогою двох напірних каналізаційних трубопроводів діаметром 800 мм кожен на очисні споруди ПрАТ «Рівнеазот». Технологічний процес очищення стічних вод ПрАТ «Рівнеазот» складається з наступних стадій: приймання та механічна очистка стічних вод; біологічна очистка стічних вод; доочищення біологічно очищених стічних вод методом фільтрування; знезараження біологічно очищених стічних вод; обробка осаду із стічних вод; скидання очищених стічних вод та рекультивація осадів.

Не зважаючи на зношеність очисних споруд, досі ГДК в очищеній воді не перевищує допустимі норми. Проте необхідна повна реконструкція очисних споруд, що знаходяться в м. Рівне. Це дасть змогу зекономити електроенергію, збільшити ефективність очистки та підвищити екологічну безпеку міста.

Література:

1. Офіційний сайт Рівневодоканал <https://vodarivne.com/news>.

УДОСКОНАЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ УСТАНОВОК ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Мітюк М.О., Косогіна І.В

e-mail: kosoginairyna@gmail.com

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»,
Україна, Київ*

Забезпечення водою військових підрозділів має вирішальне значення для їх боєздатності та здоров'я солдат. Воду використовують для пиття, гігієнічних потреб, приготування їжі та охолодження обладнання. Доступ до якісної та безпечної води є важливим елементом забезпечення гідного життєвого рівня для місцевого населення та підтримання боєздатності військ. Ворог використовує різні типи хімічного озброєння, яке містить шкідливі для людини і довкілля речовини, такі як білий фосфор, різні органічні речовини. Зазвичай мобільні установки очищення води містять картриджі механічного очищення для видалення завислих речовин з води, картриджі з активованим вугіллям для усунення органічних домішок, мембранні модулі для знесолення води та включають стадію дозування знезаражуючого агента з метою дезінфекції води. Однак, дані системи не передбачені для усунення з води нового типу забруднень, наприклад, фосфатів і важких металів.

Отже, метою роботи є удосконалення мобільних систем очищення води для локальних потреб шляхом введення додаткової стадії сорбційного очищення води на модифікованих природних мінералах.

Модифіковані природні мінерали (клиноптилоліти, морденіти чи цеоліти) можуть бути використані у картриджних фільтрах у вигляді засипки для очищення води від фосфатів. В роботі [1] встановлено, що ефективність видалення фосфатів з водних розчинів в 2 рази вище при застосуванні цеолітів, модифікованих лантаном, у порівнянні з природним цеолітом. Сорбційна ємність модифікованого цеоліту щодо фосфатів склала 58,2 мг/г, а немодифікованого – 24,6 мг/г. В роботі [2] встановлено синергетичний ефект під час застосування цеоліту модифікованого нанорозмірними частинками заліза та нікелю для одночасного вилучення нітратів і фосфатів з водного розчину.

Література:

1. Goscianska, J., Ptaszkowska-Koniarz, M., Frankowski, M., Franus, M., Panek, R., Franus, W. (2018). Removal of phosphate from water by lanthanum-modified zeolites obtained from fly ash. *Journal of Colloid and Interface Science*, 513, 72–81 <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2017.11.003>.
2. He, Y., Lin, H., Dong, Y., Li, B., Wang, L., Chu, S., Liu, J. (2018). Zeolite supported Fe/Ni bimetallic nanoparticles for simultaneous removal of nitrate and phosphate: Synergistic effect and mechanism. *Chemical Engineering Journal*, 347, 669681 <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.04.088>

РОЗРОБЛЕННЯ КОАГУЛЯНТА КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЯВИЩА КАВІТАЦІЇ

Мороз О.М., Знак З.О., Мних Р.В.

e-mail: oleksandr.m.moroz@lpnu.ua

*Національний університет «Львівська політехніка»,
Україна, Львів*

Коагулянти широко застосовують у технологіях підготовки природних та кондиціювання стічних вод. Зараз дедалі частіше використовують алюмінієві коагулянти – гідроксо- та дигідроксохлориди та сульфати. Однак внаслідок агресії росії стан природних вод суттєво погіршився через збільшення якісного та кількісного складу поллютантів. Належне їх очищення потребує організації багатостадійних технологічних процесів, що ускладнює та здорожчує отримання питної води. Ефективність очищення багатьох видів промислових стічних вод також зменшилась через виникнення певного дефіциту коагулянтів та збільшення їх вартості. Тому розроблення коагулянтів комплексної дії, які б не тільки забезпечували очищення від дисперсних частинок, але й від багатьох розчинених сполук, дало змогу спростити відповідні технологічні процеси.

Виконано низку попередніх досліджень з отримання гідроксо- та дигідроксосульфатів алюмінію контрольованою нейтралізацією розчинів $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ розчинами $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Йони Ca^{2+} у складі такого коагулянту відіграють роль реагенту, який, наприклад, взаємодіє зі солями жирних кислот з перетворенням їх на малорозчинні. Однак через малу розчинність $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у воді ($\sim 1,5 \text{ г/дм}^3$) відбувається відчутне розведення отриманого коагулянту, а відтак зменшення ефективності його дії. Тому як реагент для нейтралізації розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ було використано суспензію $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Показано, що здійснення цього процесу у кавітаційних полях (кавітацію збуджували УЗ-випромінювачем магнітострикційного типу «Ultrasonic disintegrator UD-20») забезпечує значно більший ступінь перетворення $\text{Ca}(\text{OH})_2$, порівняно з умовами механічного перемішування реакційного середовища, а також підсилення коагуляційних властивостей отриманого продукту. Це зумовлено трьома головними ефектами: 1) диспергування частинок $\text{Ca}(\text{OH})_2$, що призводить до виникнення реакційно активних ювенільних поверхонь та одночасно збільшення контакту фаз і, як наслідок, збільшення швидкості їх взаємодії з алюмінію сульфатом; 2) руйнування утвореного на поверхні частинки $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, що блокував її, з оновленням поверхні; 3) набуття під дією кавітації частинками $\text{Ca}(\text{OH})_2$ заряду (значення ζ -потенціалу сягає 90 мВ), внаслідок чого йому також, як встановлено експериментально, притаманні властивості коагулянту.

Отримані коагулянти показали високу ефективність очищення фільтратів полігону твердих побутових відходів, а отже, перспективність цього напрямку досліджень.

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ ВОДИ НА ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИХ ФІЛЬТРАХ ДЛЯ ПИТНИХ ЦІЛЕЙ

Новік Б.О., Куницький С.О.

e-mail: s.o.kunytskyi@nuwm.edu.ua

ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП»,
Україна, Рівне

Питання забезпечення виробничих та побутових потреб населення України водою належної якості не втрачає своєї актуальності впродовж вже тривалого часу.

Водопостачання господарських та виробничих об'єктів, здебільшого, здійснюється з поверхневих та підземних джерел. Вода, що подається споживачам, повинна бути належної нормативної якості.

У Рівненській області більшість споживачів використовує воду із систем централізованого водопостачання з підземних водоносних горизонтів. Рівненська область добре забезпечена підземними водними ресурсами. Проте слід розглянути основні вимоги до води питного водопостачання з підземних джерел.

Для господарсько-питних цілей вода повинна відповідати Державним санітарним правилам і нормам «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання», затверджені Наказом від 12.05.2010 № 400 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [1]: каламутність не більше 1,5 мг/л, кольоровість не більше 20 град, запах і присмак менше 2 балів, колі-індекс – менше 3, загальна кількість бактерій – менше 100, загальна жорсткість – менше 7 мг-екв/л, вміст заліза – менше 0,2 мг/л, сухий залишок – менше 100 мг/л, фтору – 0,7...1,5 мг/л, марганцю – менше 0,1 мг/л, сульфатів – менше 500 мг/л, хлоридів – менше 350 мг/л, рН – 6,5...8,5.

Останнім часом досить актуальним питанням стало влаштування власних вузлів підготовки та подачі води в приватні будинки котеджного типу. При влаштуванні свердловини для автономного господарсько-питного водопостачання будинку виникає потреба в очищенні води від сполук розчиненого в ній заліза. Готові картриджні й касетні фільтри розраховані на дуже малу продуктивність й короткий термін експлуатації. А при середній та високих концентраціях сполук заліза – малоефективні й у перші 5-7 днів потребують заміни. Тому виникла потреба влаштування автономної фільтруючої установки, яка забезпечить водою необхідної якості та в потрібній кількості.

В основу конструкції установки було закладено умови, найбільш характерні для підземних вод Рівненщини. Установку монтували виходячи з концентрації заліза у підземній воді 1-2мг/дм³ та витрати санітарно-технічних приладів. Для влаштування установки керуються наступними

рекомендаціями: при розрахунковій витраті санітарно-технічних приладів $0,1 \text{ дм}^3/\text{с}$ доцільно влаштовувати один фільтр $\varnothing 200 \text{ мм}$, при витраті $0,25 \text{ дм}^3/\text{с}$ – один $\varnothing 300 \text{ мм}$, при витраті $0,5 \text{ дм}^3/\text{с}$ – два $\varnothing 300 \text{ мм}$ [2].

Ефективність роботи знезалізнюючого обладнання за схемою знезалізнення води з напірним пінополістирольним фільтром та аерацією на рециклі в натурних умовах досліджувалася для котеджу в с. Майків Рівненського району Рівненської області.

Вода забирається з водоносного горизонту, який представлений крейдою білою тріщинуватою, глибина свердловини 98 м. В будинку проживає чотири людини.

Показники якості підземної води, що використовується для автономного водопостачання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічні показники якості підземної води в с. Майків

№ з/п	Найменування показника	Позначення одиниці вимірювання	Значення
1	Амоній	мг/дм^3	0,22
2	Водневий показник рН	од. рН	7,5
3	Жорсткість загальна	моль/м^3	6,5
4	Залізо загальне	мг/дм^3	2,88
5	Кольоровість	град.	2,0
6	Лужність загальна	моль/м^3	7,1
7	Марганець	мг/дм^3	не виявл.
8	Нітрати	мг/дм^3	1,69
9	Окислюваність перманганатна	$\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	2,4
10	Сухий залишок	мг/дм^3	422

Якість підземної води не відповідає вимогам споживача за концентрацією загального заліза.

Для знезалізнення води нами був запропонований напірний пінополістирольний фільтр, який виготовлений з ємкості $\varnothing 520 \text{ мм}$ і встановлений безпосередньо в колодязі. Фільтр промивається один раз на чотири дні. Концентрація заліза протягом 48 год дослідження є практично постійною й знаходиться в межах $2,65\text{--}2,85 \text{ мг/дм}^3$. Вміст заліза у фільтраті $0,18\text{--}0,13 \text{ мг/дм}^3$. Якість фільтрату знаходиться нижче допустимої $0,2 \text{ мг/дм}^3$, що свідчить про ефективну роботу автономної установки.

Література:

1. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10).
2. Підготовка води на пінополістирольних фільтрах / В.О. Орлов, С.Ю. Мартинов, А.М. Орлова, В.О. Зошук, С.О. Куницький – Рівне: НУВГП, 2017. – 170 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СХЕМИ КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІМІНЕРАЛЬНИХ РУД

Пігалєв Д., Іванченко Л.В., Брем В.В.

e-mail: l.v.ivanchenko@op.edu.ua

Національний університет «Одеська політехніка»,
Україна, Одеса

Найважливішим завданням економіки України є відновлення виробництва мінеральних добрив, в тому числі калійних, що потребує розроблення нових методів перероблення полімінеральних руд Прикарпаття та вже накопичених відходів.

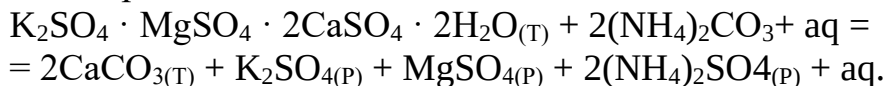
За основу прийнято існуючу схему комплексного перероблення полімінеральних руд, що була реалізована на Калуському заводі. Флотаційна частина цієї схеми виявилась не працездатною через велику кількість пісково-мулистої фракції, вміст якої в руді доходить до 25%. Це призводило до перевитрат коштовних флотореагентів, які адсорбуються на розвинутій поверхні мулистих частинок. Окрім цього, флотаційний концентрат, що повертається в головний цикл, складається з лангбейніту, кізериту, полігаліту та каїніту, і захоплює із собою значну кількість ПАА, що викликає вторинну флотацію в апаратах головного циклу та суттєво ускладнює процес через виникнення піноутворення.

Саме у відділенні флотації вирішено проводити модернізацію діючої схеми. Модернізована схема передбачає такі стадії:

1. Швидкісне відмивання галіту з галіто-лангбейнітових відвалів холодною водою. Такі заходи вже апробовані та добре розроблені на укрупнених дослідних установках. Утворений галітовий розчин прямує на виробництво високоякісної кухарської солі.

2. Отриманий після відмивки лангбейніто-полігалітовий концентрат, який містить, % мас: лангбейніту – 40...50, полігаліту – 18...20, кізериту – 12...15, галіту – 4...8, мулу – до 5, подається у відділення карбонатної конверсії для перероблення в азотно-калійно-магнієвий розчин.

Процес взаємодії полігаліту з карбонатними розчинами можна представити реакцією:



3. Фільтрація утвореної пульпи. Отриманий нерозчинений залишок містить кальцію карбонат та пісково-мулисту фракцію, яку можна використовувати для вапнування ґрунту та покращення його структури. Фільтрат перероблюється шляхом випаровування, грануляції та сушки на азотно-калійне добриво, яке може містити до 16% K_2O . Рекомендується використовувати його в тукозмішуванні під час створення широкого асортименту повних комплексних добрив з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і вирощування культур.

ВИВЧЕННЯ ФЛОКУЛЯЦІЇ СУСПЕНЗІЙ КОМПОЗИЦІЯМИ ПРИРОДНИХ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК

Пуріч А.Д., Тимчук А.Ф.

e-mail: a.purich@stud.onu.edu.ua

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
Україна, Одеса*

Процес флокуляції широко використовується в процесах очищення води для покращення процесів фільтрації, поділу та зневоднення суспензій. Високомолекулярні сполуки, що використовуються у флокуляції, значно поліпшують ефективність цих процесів, що дозволяє знизити витрати на обладнання і зменшити вплив токсичних речовин на навколишнє середовище. Виявлення способів оптимізації процесів флокуляції через наукові та практичні дослідження є актуальним завданням. В процесах флокуляції зазвичай використовують синтетичні флокулянти, але деякі з них проявляють токсичність. Особливої уваги заслуговує вивчення впливу природних високомолекулярних сполук на стійкість дисперсних систем. Вони відрізняються безпечністю та екологічністю.

Дослідження спрямовані на вивчення флокуляції суспензій за допомогою природних високомолекулярних сполук, а саме, альгінату натрію (АН) та хітозану (ХТЗ).

Було проведено реологічні дослідження розчинів високомолекулярних сполук, вивчено їх вплив на процес освітлення суспензій бентоніту методом седиментації. Як модельну систему використовували водну суспензію каоліну. Каолін висушували до постійної маси при 100°C і зберігали в ексікаторі. Концентрація дисперсної фази в суспензіях становила 0,1-5,0%.

З метою порівняння було проведено освітлення суспензій каоліну та бентоніту без додавання флокулянтів. Освітлення відбувається тривалий час, ступінь освітлення не досягає 100%. Дослідження показали, що додавання суміші флокулянтів значно прискорює освітлення суспензій бентоніту. При використанні композицій полімерів для освітлення суспензій достатньо 25-30 с. В процесі флокуляції композиціями полімерів утворюються більш об'ємні флокули. Порівняння властивостей окремих природних флокулянтів та їх композицій показало, що останні діють ефективніше [1].

Література:

1. А.Ф. Тимчук, О.О. Стрельцова, А.Д. Пуріч. Внесок асоціації високомолекулярних сполук природного походження у підвищення ефективності флокуляційних процесів/ Вісник ОНУ. Хімія. 2023. – Т. 28, вип. 2(85). – С. 109-116.

СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АКТИВОВАНОГО ВУГЛЕЦЕВОГО МАТЕРІАЛУ ОТРИМАНОГО ІЗ ФРУКТОВИХ КІСТОЧОК

Рачій Н.В.

e-mail: nadiarachiy@gmail.com

*Івано-Франківський спортивний ліцей Івано-Франківської обласної ради,
Україна, Івано-Франківськ*

Активовані вуглецеві матеріали займають особливе місце в вирішенні екологічних проблем, а саме у питаннях, що стосуються очистки технологічних та питних вод від екотоксикантів різної природи, оскільки ці токсиканти володіють мутагенними та канцерогенними властивостями. До них належать іони важких металів (свинець, ртуть, кадмій, стронцій), поліароматичні вуглеводні, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини. Тому очистка води від такого роду забруднень є одним із найважливіших завдань, пов'язаних з охороною навколишнього середовища.

Сучасні методи очистки від органічних забруднень включають біологічні, фізичні, фізико-хімічні, хімічні та адсорбційні методи. Останні є досить ефективними при використанні матеріалів з високою адсорбційною активністю. Крім того, адсорбція є достатньо легким технологічним процесом, на відміну від хімічних та біологічних методів. Висока адсорбційна здатність активованого вугілля пов'язана з його внутрішньою пористістю і залежить від питомої площі поверхні, об'єму пор та розподілу пор за розмірами. Зазвичай активовані вуглеці є мікропористими, проте важливим є наявність мезо- та макропор, які забезпечують доступ адсорбату всередину вуглецевої частинки. Тому дослідження сорбційних властивостей активованих вуглеців є доволі актуальною темою.

Основна мета роботи полягає у вивченні адсорбційних властивостей вуглецевого матеріалу активованого гідроксидом калію. Отримання вуглецевого матеріалу здійснювали наступним чином: початкову вихідну сировину (фруктові кісточки) піддавали карбонізації в діапазоні температур 300-900°C з інтервалом 100°C, а наступний етап полягав у перемелюванні отриманого вуглецю до фракції 250 мкм і змішуванні з водою та КОН у співвідношенні 1:1:1 та активації при температурі 800°C. Отримані матеріали відмивали до нейтрального рН після чого висушували. Адсорбційні властивості отриманих вуглеців вивчали по адсорбції метиленового блакитного.

Показано, що температура карбонізації впливає на адсорбційну активність вуглецю, зокрема матеріали карбонізовані при 300-400°C мають активність на рівні 280-300 мг/г, а зростання температури карбонізації до 800-900°C призводить до монотонного спаду активності до величини 140-160 мг/г.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОКАТАЛІТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ФУРУМ(III) ОКСИДУ В РЕАКЦІЇ ДЕСТРУКЦІЇ ФУРАЦИЛІНУ**

Родін Д. О., Нікітін М. О., Бутиріна Т.Є., Фролова Л.А.

e-mail: dima_rodin@yahoo.com

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

У теперішній час використання окислювальних процесів в системах очищення стічних вод, що містять домішки органічних речовин, є одним з перспективних напрямків. Обсяги стічних вод, які вміщують невеликі кількості неорганічних, органічних і мінеральних високостійких токсичних речовин, помітно збільшились. Пов'язано це в основному з розвитком водовитратних галузей промисловості, агропромислового комплексу.

Одним з практичних рішень для видалення органічних забруднювачів зі стічних вод є використання вдосконалених окислювальних процесів (ВОП) або їх комбінацій з іншими технологіями очищення. Такі методи в значній мірі здатні усунути стійкі забруднювачі або слугують для перетворення забруднюючих речовин в нешкідливі на попередніх етапах очищення. Для окислення домішок стічних вод фармацевтичних підприємств необхідно розробити оптимальну технологію з урахуванням таких параметрів, як склад стічних вод, апаратурне оформлення схеми і економічна доцільність. З цієї точки зору перспективними є процеси фотокаталітичного окислення антибіотиків в присутності магнітних гетерогенних каталізаторів.

У даній роботі розглянута можливість окислення фурациліну в присутності магнітних феруму(III) оксидів.

Визначали вплив таких параметрів, як концентрація фотокаталізатора, об'єм H_2O_2 та час обробки УФ-опроміненням на деградацію фурациліну. Ядро центрального композиційного плану становив повний факторний експеримент (ПФЕ) типу 2^n за $n=3$. В якості функції відгуку використовували ступінь розкладання фурациліну. Було досліджено магнітні, фотокаталітичні і структурні особливості фотокаталізатора. Визначені оптимальні умови проведення процесу окислення фурациліну. Отримана математична модель, встановлені найбільш впливові фактори.

Також встановлено, що вплив концентрації перекису водню та каталізатору має екстремальний характер. Значимість впливових факторів зменшується в наступному порядку: $m_{адс} > V_{H_2O_2} > t_{об}$.

Крім того, дисперсійний аналіз показав узгодженість між експериментальними даними та теоретично визначеними, тобто отримана математична модель адекватна.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ $\text{Cu}_2\text{S}_2\text{H}_2\text{O}$

Савченко М.О., Мисов О.П.

e-mail: mary.mis2018@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро

Для визначення технологічних умов отримання сульфату міді необхідно провести комплексний термодинамічний і кінетичний аналіз дослідження. Основною метою є ретельне вивчення можливостей перебігу хімічних реакцій, що призводять до утворення сульфату міді, а також визначення оптимальних температурних умов для проведення цих процесів. Завданням термодинамічного моделювання є визначення оптимальної температури та співвідношення компонентів, за яких можливий максимальний перехід металічної міді в оксиди, гідроксиди та Cu^{+2} . Вирішенням зазначеної проблеми є теоретичне передбачення перебігу процесу у водному розчині з використанням методів термодинамічного моделювання, яке дає змогу зробити розрахунок хімічного процесу за допомогою комп'ютерних програм, не вдаючись до експерименту.

Метод заснований на математичному розрахунку рівноважного фазового і компонентного складу системи шляхом мінімізації ізобарно-ізотермічного потенціалу Гіббса. При цьому, здійснюються розрахунки повних, метастабільних і проміжних хімічних рівноваг у системах, де одночасно можуть бути присутніми водний розчин електроліту, газова суміш, рідкі та тверді одно- і багатокомпонентні фази. Слід зазначити, що термодинамічна рівновага є лише окремим випадком перебігу хімічних реакцій, коли швидкості прямої та зворотної реакції збігаються. Проте, таке ідеальне моделювання дає змогу передбачити як перебіг процесу, так і оптимальні співвідношення компонентів.

Зміна рівноважних кількостей речовини залежно від кисню за температури 80°C показала, що подальше підвищення температури недоцільне, оскільки різко збільшується вміст водяної пари, тобто підвищуються енерговитрати процесу. При цьому концентрація Cu^{+2} вже не збільшується. При зниженні температури збільшується кількість гідрогену дисульфату і можливе погіршення кінетичних характеристик. Таким чином, діапазон температур 75°C-85°C є оптимальним. Максимальні значення куприту (Cu_2O) та оксиду міді (CuO) і $\text{Cu}(\text{OH})_2$ спостерігаються за вмісту кисню $\sim 0,032 - 0,042$ кг. (1,0-1,3) мол. Одним із завдань розрахунку було встановити, за яких умов можливий перехід міді у Cu_2O , CuO та $\text{Cu}(\text{OH})_2$, оскільки оксиди та гідроксиди практично миттєво реагують із сірчаною кислотою на відміну від металічної міді.

ВИЛУЧЕННЯ ФОСФАТІВ ІЗ МОДЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ ПРИРОДНИМИ АДСОРБЕНТАМИ

Середа Ю.О., Воронов В.В., Іванченко А.В.

e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com

*Дніпровський державний технічний університет,
Україна, Кам'янське*

Фосфати входять до ряду пріоритетних забруднювачів стічних вод виробництва фосфатних добрив та міських комунальних стоків. У світовій практиці розроблено методи, технології та конструкції споруд для видалення фосфатів із стічних вод, але специфіка водокористування, технологічні особливості методів очищення та їх економічна складова обмежують можливість їх застосування та визначають необхідність у вдосконаленні наявних та розроблення нових технологій очищення стічних вод, адаптованих до цих особливостей. Одним з найбільш перспективних та технологічних є сорбційний метод вилучення фосфатів зі стічних вод [1].

Для проведення експериментальних досліджень застосовано лабораторну установку адсорбера з псевдозрідженим шаром, яка представляла собою колонку, у яку завантажували наступні сорбенти: шкаралупу волоського горіха, цеоліт та активоване вугілля (проба порівняння). Хімічний склад цеоліту, що використано у дослідженнях, наступний: % мас.: Al_2O_3 – 13,1; SiO_2 – 60,7; Na_2O – 4,38; K_2O – 1,73; CaO – 8,1; Fe_2O_3 – 3,9; MnO_2 – 1,07; TiO_2 – 0,2. Вихідний вміст фосфору у модельному розчині становив 100 мг/дм³. В результаті експериментальних досліджень виявлено, що найвищу ефективність по відношенню до поглинання фосфатів проявив цеоліт. Ефективність очищення природним алюмосилікатом становила 94,5%, активованим вугіллям 76,5%, сорбентом на основі шкаралупи волоського горіха 67,75%. Вірогідно, механізмом видалення фосфатів цеолітом є хімічне осадження складних сполук, які утворюються в результаті взаємодії фосфатних аніонів з катіонами кальцію, алюмінію та феруму, що містяться у цеоліті. Природні цеоліти широко поширені в Україні, мають унікальні фізичні, фізико-хімічні, адсорбційні та іонообмінні властивості, з можливістю модифікування, утилізації та регенерації, завдяки чому можуть знайти застосування у практиці очищення стічних вод від фосфатів.

Література:

1. Wan C. et al. Simultaneous recovery of nitrogen and phosphorus from sludge fermentation liquid by zeolite adsorption: Mechanism and application. Separation and Purification Technology. 2017. V. 180. P. 1–12

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДИ

Скомороха Н.В., Власенко Н.Є., Зульфїгаров А.О., Коваленко І.В.
e-mail: studentnaz3@gmail.com

*Національний технічний університет України «Київський технічний
інститут імені Ігоря Сікорського»,
Україна, Київ*

Одним з найчастіше застосовуваних методів очищення води є електрохімічний, заснований на електролізі [1]. При цьому електроліз проводять як з нерозчинними анодами (графіт, магнетит, оксиди свинцю (IV) і марганцю (IV), які нанесені на титанову основу), так і з розчинними (залізо, алюміній). Електрохімічний метод використовують для виділення чи знешкодження токсичних неорганічних і органічних речовин.

Сьогодні існує кілька методів електролізу води. До них відноситься електроекстракція, електрокоагуляція і електрофлотація [2, 3]. Електроліз води, застосовуваний для очищення стічних вод, проводиться в електролізерах. Це спеціальні споруди, в яких органічні речовини розкладаються на метали, кислоти та інші речовини, що відносяться до категорії неорганічного походження. Особливо важливо проводити очищення стічних вод на шкідливих виробництвах, таких як підприємства хімічної промисловості, там, де ведуться роботи з міддю і свинцем, а також на комбінатах, що випускають фарби, лаки, емалі.

Для проведення електролізу потрібно враховувати питомий опір води та вміст солі у ній [2,3]. З електропровідністю розчинів солей у воді (електролітів) пов'язано дуже багато чого в нашому житті. З першого удару серця (“жива” електрика в тілі людини, яке складається з води) до автомобілів на вулиці, леєрів і мобільних телефонів (невід’ємною частиною цих пристроїв є “батарея”- електрохімічний елемент живлення і різноманітні акумулятори – від свинцево-кислотних в автомобілях до літієво-полімерних у найдорожчих мобільних телефонах). У величезних, паруючих отруйними парами чанах з розплавленого при величезній температурі бокситу електролізом одержують алюміній – “крилатий” метал для літаків і банок для “Фанти”. Усе навколо – від хромових ґрат радіатора іномарки до посрібленої сережки у вусі, зіштовхувалось з розчином чи розплавом солей, а отже, і з електрострумом у рідинах.

Уже кілька десятків років, не стільки в науці, скільки в середовищі споживачів зі змінною інтенсивністю обговорюється питання активованої води, вона ж «жива», лужна (рН – 8,0-10,5), або католіт, і «мертва», кислотна (рН – 2,5-5,5), або аноліт, що отримується за допомогою електролізу. Розроблено і продаються численні прилади для отримання такої води в домашніх і промислових масштабах.

Сьогодні також досить популярна інша теорія – антиоксидантна – про необхідність захисту здорової тканини від руйнівного окислення активним киснем, постійно виробленим людським організмом. Речовини, що запобігають окислення, називають антиоксидантами. Однією з таких речовин, на думку прихильників цієї теорії, є іонізована вода – водопровідна вода, перетворена помірним електролізом, в результаті якого в ній утворюється величезна кількість електронів, які можуть бути доставлені активному кисню в організмі, щоб припинити небажане окислення нормальних клітин.

Література:

1. Іванова Н.Д., Герасимчук А.І., Власенко Н.Є. Кінетика процесу електроекстрації Си(II) з розбавлених розчинів електролітів з використанням біполярного електрода. ЖПХ 2002 75(7) С. 1096-1098.
2. Власенко Н.Є., Коваленко І.В., Тригубець Б.О. Кінетика процесу електролізу водопровідної води II Міжнародна науково – практична конференція «Priority directions of science development» Львів, 25-26 листопада 2019. С. 123-125
3. Тригубець Б.О., Власенко Н.Є. Кінетичні характеристики очищення водопровідної води методом електролізу. XXI Міжнародна конференція студентів, аспірантів і молодих вчених «Сучасні проблеми хімії» 20-22 травня 2020 м. Київ с.129.

QSPR АНАЛІЗ ЛІПОФІЛЬНОСТІ НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА З ОРГАНІЧНОЮ ОБОЛОНКОЮ

Стельмах С.І.

e-mail: s.i.stelmakh@gmail.com

Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України,
Україна, Одеса

QSPR моделювання є потужним та розповсюдженим інструментом для виконання завдань із встановлення кількісного зв'язку між молекулярною структурою та досліджуваною властивістю сполук. Однак моделювання наночастинок (НЧ) потребує врахування ряду додаткових факторів: невелика кількість досліджуваних структур та обмеженість представлених даних у окремих наукових працях, відсутність централізованих джерел даних, нездатність доступних програмних комплексів врахувати особливості комп'ютерного представлення молекулярної будови нанооб'єктів – це обставини, які зумовлюють необхідність створення програмного забезпечення, орієнтованого на дослідження саме нанорозмірних сполук.

Для формування досліджуваної вибірки наночастинок Золота (Au), використовуючи TypeScript, було розроблено веб-краулер із застосуванням фільтрів Блума, що дозволило автоматизувати пошук публікацій за відповідною тематикою та провести автоматизовану екстракцію даних зі знайдених джерел [1]. Після курації даних, вибірка нараховує 123 записів щодо наночастинок Au, включно з вичерпною інформацією про їх будову (у файлі формату *.pdb – Protein Data Bank), а також даними щодо ліпофільності (LogP).

Всі 123 досліджувані сполуки включають наступні атоми: Au, C, O і S. 120 сполук також у складі мають атоми N, а 110 сполук мають і атоми H. Кількості атомів варіюються від сотень до декількох десятків тисяч, зокрема, кількість атомів Au у складах досліджуваних сполук варіюється від 1072 до 53758.

Використовуючи Python, розроблено програмний інструментарій для дослідження об'єктів з вищезгаданими властивостями, що має наступні функції:

- рекомпіляція молекулярної структури з формату .pdb до формату, придатного для подальших розрахунків;
- розрахунок 1-D молекулярних дескрипторів у рамках симплексного представлення молекулярної структури (СПМС) [2]: розрахунок кількості атомів, диференційованих за різноманітними фізико-хімічними параметрами (далі – властивостями); розрахунок кількості пар та трійок атомів, диференційованих за властивостями;
- формування фінальної збірки, що містить необхідні для моделювання «структура-властивість» дані.

Крім вищезазначених 1-D структурних дескрипторів (одиниць, двійок, трійок), диференційованих за різноманітними фізико-хімічними характеристиками атомів, в якості параметрів були використані співвідношення між кількостями атомів певних типів (наприклад, кількість атомів C/ кількість атомів Au (C/Au), кількість атомів Au/ кількість атомів O (Au/O) тощо). Таким чином, для досліджуваних 123 сполук Au було розраховано усього 372 структурних дескриптора.

Для пошуку зв'язку між розрахованими структурними дескрипторами і ліпофільністю використовувались наступні статистичні методи: метод часткових найменших квадратів (PLS - Partial Least Squares) і метод випадкового лісу (RF - Random Forest).

Розроблено адекватні 1D PLS- і RF-QSPR моделі для ліпофільності сполук Золота. При побудові консенсусної PLS-QSPR моделі було використано процедуру п'ятикратної крос-валідації (5-folds). Було сформовано п'ять наборів, кожний з яких містив навчальну і тестову (20% від загальної кількості молекул) вибірки. В результаті проведення дослідження побудовано адекватні 1D QSPR моделі, які були в свою чергу використані в основі консенсусної моделі, для якої коефіцієнт детермінації для тестового набору (R^2_{test}) дорівнює 0.71.

При використанні методу випадкового лісу була побудована 1D-RF-модель, яка характеризується задовільною прогностичною здатністю, що оцінена відповідно до внутрішньої процедури валідації RF моделей. Коефіцієнт детермінації для навчальної вибірки $R^2 = 0.98$, а для "out-of-bag" вибірки коефіцієнт детермінації $R^2_{\text{oob}} = 0.79$.

Таким чином, 1D-QSPR моделі виявилися цілком адекватними з задовільною прогнозуючою здатністю, наша модель RF перевищує за якістю значно більш складну 3D - QSPR модель китайських дослідників ($R^2 = 0.79$, $R^2_{\text{test}} = 0.76$) [3]. Аналіз нашої 1D - QSPR моделі показав, що на величину $\log P$ найбільш впливають співвідношення кількості атомів карбону відносно інших атомів в наночастинках, що є цілком зрозумілим з точки зору природи ліпофільності.

Література:

1. Yan, X., Sedykh, A., Wang, W. et al. Construction of a web-based nanomaterial database by big data curation and modeling friendly nanostructure annotations. *Nat Commun* 11, 2519 (2020).
2. Kuz'min V., Artemenko A., Ognichenko L., Hromov A., Kosinskaya A., Stelmakh S., Sessions Zoe L., Muratov E.N. Simplex representation of molecular structure as universal QSAR/QSPR tool. *Struct. Chem.* 2021. Vol. 32, № 4. P.1365-1392.
3. Yan X., Sedykh A., & Wang W., Zhao X., Yan B., Zhu H. In silico profiling nanoparticles: Predictive nanomodeling using universal nanodescriptors and various machine learning approaches. *Nanoscale*. 11 (2019).

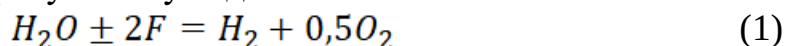
ВЛАСТИВОСТІ ДІАФРАГМОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДНИХ ПРОСТОРІВ В ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

Сухий М.К., Нефедов В.Г., Матвеев В.В., Поліщук Ю.В.

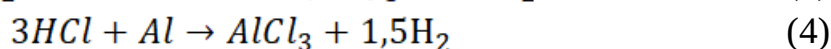
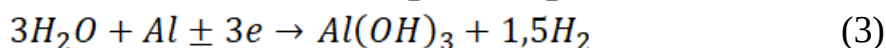
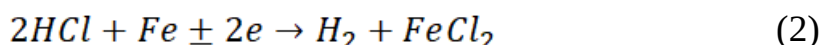
e-mail: tntmishatnt@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро

Інтенсивний розвиток «зеленої енергетики» - екологічно чистих та відновлюваних джерел енергії, визначив інтерес до отримання та використання електролітичного водню. Основним недоліком цього способу є великі витрати електроенергії, обумовлені високою напругою розкладання у процесі розриву зв'язку водень-кисень:



Для зменшення витрат енергії нами запропоновано замінити реакцію виділення кисню на розчинення аноду з електронегативного металу, заліза або алюмінію. Причому у якості анодів використовується дешевий брут цих металів:



Продукти електролізу можуть використовуватися як коагулянти, або піддаватись гідролізу і після термообробки служити сировиною металургійної промисловості. В якості електроліту використовується соляна кислота або гідроксид натрію.

Оскільки умови максимально ефективного виділення водню та розчинення анодів відрізняються, то в електрохімічному реакторі необхідно розділяти анодну та катодну камери. Для розділення використовуються пористі діафрагми або мембрани. Це дозволяє уникнути змішування кисню та водню з подальшим утворенням вибухонебезпечних гримучих газів.

В якості діафрагмових матеріалів нами досліджено пористий поліпропіленовий сепаратор, поліпропіленову, хлоринову і поліетиленову тканини, азбест і міпор. Крім того, нами вивчалася можливість використання аніонообмінної мембрани МА-40.

Властивості діафрагм оцінювалися за наступними параметрами: об'ємна поруватість; проникність, коефіцієнт звивистості пор; питомий електричний опір.

Об'ємна поруватість визначалася за класичною методикою. Зразок діафрагми з точно вимірними геометричними розмірами зважувався на аналітичних терезах, потім вимочувався в дистильованій воді під вакуумом і знову зважувався. Поруватість (ϵ) визначалася за формулою:

$$\varepsilon = \frac{m_w - m_d}{\rho V_m} \quad (5)$$

де: m_w – маса зразка, просоченого водою, г; m_d – маса сухого зразка, г; V_m – об'єм зразка (мембрани), см^3 ; ρ – щільність рідини, у якій просочувалася діафрагма, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$.

В основі методу оцінки проникності лежить закон Дарсі. Проникність діафрагм визначалася за обсягом води ΔV , що протікає в одиницю часу Δt через одиницю площі діафрагми S при заданій різниці тисків, що задається висотою стовпа рідини над мембраною Δh . Коефіцієнт проникності діафрагми (коефіцієнт Дарсі) можна визначити як:

$$K_D = \frac{\Delta V}{\Delta t} \frac{\eta}{\Delta P} \frac{\delta}{S} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \frac{\eta}{\rho g \Delta h} \frac{\delta}{S} \quad (6)$$

Коефіцієнт Дарсі K_D має розмірність площі.

Електричний опір діафрагми оцінювали по різниці потенціалів ΔU (В) з двох сторін діафрагми, при проходженні струму заданої величини I (А). Вимірювання проводили у розчині КСІ з концентрацією $0.1 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$. Діафрагми просочували електролітом під вакуумом. Опір діафрагми (мембрани), її електропровідність та безрозмірний коефіцієнт збільшення опору розраховувалися, відповідно, як:

$$R_m = \frac{U}{I}, \quad \kappa_m = \frac{I}{U} \frac{\delta}{S}, \quad k_R = \frac{\kappa_e}{\kappa_m}, \quad (7)$$

де R_m – опір діафрагми, κ_m – її електропровідність, $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$; S – її площа, м^2 , δ – товщина, м.

Коефіцієнт звивистості пор розраховувався за відомими значеннями поруватості (5) та опору діафрагми. (7):

$$\beta = \sqrt{\kappa_e \frac{U}{I} \frac{S}{\delta} \varepsilon}. \quad (8)$$

Властивості діафрагм та мембрани МА-40 приведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Властивості діафрагм та мембрани МА-40

	Поліпропіленовий сепаратор	Поліпропіленова тканина	Поліетиленова тканина	Азбест	Хлоринова тканина	Міпор	МА-40
Поруватість	0.48	0.25	0.32	0.45	0.56	0.48	-
Проникність, м^2	$2.8 \cdot 10^{-14}$	$3.9 \cdot 10^{-11}$	$6.4 \cdot 10^{-11}$	$5.6 \cdot 10^{-13}$	$9.9 \cdot 10^{-11}$	$2.0 \cdot 10^{-11}$	-
Проникність, D	0.028	39	64	0.56	99	20	-
Коефіцієнт збільшення опору	8.88	20.31	22.9	3.46	15.9	15.0	3.15
Коефіцієнт звивистості пор	2.02	2.25	2.68	1.25	2.99	2.68	-

Робота виконана в рамках перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» ДВНЗ УДХУ (Договір № БФ/17-2021).

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВТОРИННОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ В ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ РЕАГЕНТІВ В УКРАЇНІ

Федін В.М.¹, Трус І.М.¹, Скиба М.І.², Гомеля М.Д.¹
e-mail: vadimfedin00@gmail.com

¹*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Україна, Київ*

²*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро*

В умовах постійного тиску на екосистему та обмеженості природних ресурсів виникає необхідність у вдосконаленні своїх технологій для забезпечення сталого розвитку для промисловості. З огляду на глобальні зміни клімату та постійне збільшення світового населення, промисловість повинна відігравати важливу роль у забезпеченні життєво необхідних потреб людства, при цьому зберігаючи природні ресурси та зменшуючи негативний вплив на довкілля. Вода має ключову роль в сучасній промисловості та важливість, яка є необхідною для виконання різних технологічних процесів. В сучасному світі проблема відновлення та збереження водних ресурсів та екосистем має високу важливість в умовах збільшення промислового виробництва. В Україні є необхідність задля того, щоб раціонально використовувати воду та зменшити витрати реагентів, впровадити новітні технології для очищення води та в подальшому її якісного вторинного використання у промисловості.

На сьогоднішній день процес водоочищення відбувається по системах централізованого водопостачання населених пунктів, очищується відповідно до вимог та стандартів якості та санітарно-гігієнічних норм. Зазвичай процес очищення води відбувається за такими основними методами, як: механічний, знезараження води, пом'якшення, знезалізнєння, видалення марганцю та видалення сірководню, аміаку/амонію [1]. За інформацією офіційного порталу Києва Київської міської ради Київської міської державної адміністрації на 05 травня 2023 року ПрАТ «АК «Київводоканал»» щомісяця витрачає більш ніж 1,5 тисячі тон різних реагентів для якісного очищення і знезараження води. Слід зазначити, що через війну витрати на реагенти збільшились на 160% через те, що вітчизняні підприємства опинились на окупованій території [2]. Цілий ряд проблем, може виникати через не проведення якісного очищення стічних вод промислових підприємств, і як наслідок: спалахи інфекційних захворювань людей, погіршення якості води та неможливість для вживання і використання в побутових чи рекреаційних цілях та потрапляння шкідливих та небезпечних отруйних речовини для риб, тварин та людей [3].

Для оптимізації витрат різних реагентів, якісного очищення та знезараження води, підтримання необхідних умов балансу екологічної стійкості потрібно використовувати новітні технології. Підвищити ефективність очищення води можна використовуючи ультрафільтрацію води. Ця технологія спрямована на тонке очищення, яка видаляє домішки розміром не більше 0,03 мкм. Якщо порівнювати з установкою зворотного осмосу, то в системі ультрафільтрації виконується робота з меншими тисками. До переваг використання системи ультрафільтрації можна віднести: високу ефективність очищення, стабільну роботу, високий рівень автоматизації, простоту в обслуговуванні та низькі експлуатаційні витрати [4]. До недоліків можна віднести те, що системи ультрафільтрації не видаляють розчинені неорганічні речовини [5].

Отже, новітні технології раціонального використання води в промисловості для зменшення витрат реагентів в Україні дуже важливі для оптимізації процесу водоочищення. Важливо впроваджувати новітні технології очищення води, які покращать екологічну ситуацію, та зменшать фінансові витрати на закупівлю реагентів та сприятимуть ефективному використанню водних ресурсів на промислових підприємствах в Україні.

Література:

1. Рішення по водоочистці для водоканалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://ziko.com.ua/organization-solution-ochyshchennya-vody-na-vodokanalakh/> (дата звернення 12.11.2023). – Назва з екрану.
2. «Київводоканал»: Для очищення і знезараження води підприємство щомісяця витрачає більш ніж 1,5 тисячі тонн різних реагентів, тож на їх закупівлю потрібні суттєві кошти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: https://kyivcity.gov.ua/news/kivvodokanal_dlya_ochischennya_i_znezarazhennya_vodi_pidpriyemstvo_schomisyatsya_vitrachaye_bilsh_nizh_15_tisyachi_tonn_riznikh_reagentiv_tozh_na_kh_zakupivlyu_potribni_suttyevi_koshti/ (дата звернення 12.11.2023). – Назва з екрану.
3. Методи очищення стічних вод та їх вплив на водойми [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://deisumy.gov.ua/?p=2858> (дата звернення 13.11.2023). – Назва з екрану.
4. Системи ультрафільтрації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: https://ecosoft.ua/ua/sistemy-ultrafiltratsii_prom/ (дата звернення 15.11.2023). – Назва з екрану.
5. Методи фільтрації води їхні переваги та недоліки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.aquanova.com.ua/ua/stati-i-obzory/metody-filtratsii-vody-ikh-dostoinstva-i-nedostatki-ua/> (дата звернення 15.11.2023). – Назва з екрану.

КІНЕТИЧНА МОДЕЛЬ КИСЛОТНОГО ВИЛУГОВУВАННЯ ВІДНОВЛЕНОГО САМОТКАНСЬКОГО ІЛЬМЕНІТУ

Цибуля Є.О., Кожура Р.О., Ярошенко В.С., Кожура О.В

e-mail: eugenetsb@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Україна, Дніпро

Україна одна з трьох країн у світі, яка має повний цикл переробки титанової сировини від добування руд та одержання концентратів до отримання титанових пігментів, титанової губки, компактного металу та виробів із нього. Тим не менш із-за застарілих технологій та невирішених екологічних проблем лише незначна частина вітчизняних титанових концентратів переробляється на продукти з високою доданою вартістю.

Отримати високоліквідні концентрати синтетичного рутилу дозволяють процеси кислотного вилугування відновлених сильнозміненних ільменітових концентратів. Використання у цьому процесі у якості вилугувача гідролісної сірчаної кислоти виробництва пігментного TiO_2 знижує собівартість продукції і тиск галузі на довкілля.

Ільменіти Самотканського родовища є сильнозміненними (рис. 1а) мають високий вміст ($\sim 67\% \text{TiO}_2$), порівняно низький вміст сполук феруму ($26\% \text{Fe}_2\text{O}_3$) та недостатню хімічну активність для переробки їх концентратів у титанові пігменти методами сірчано-кислотного розкладання.

Карботермічним відновленням ільменітових концентратів протягом 3-4 год при $\sim 1200^\circ\text{C}$ одержують рутил імпрегнований тонкодисперсним сплавом на основі α -заліза (рис. 1б).

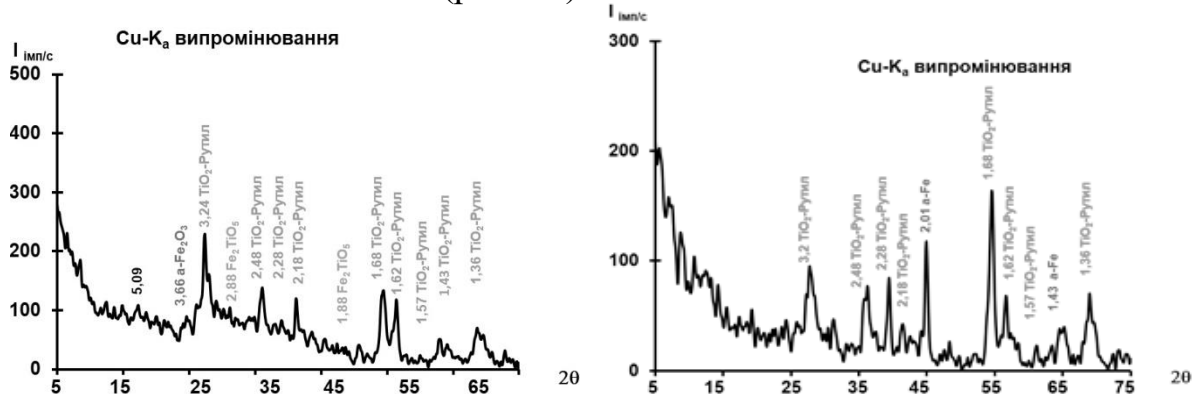


Рис. 1 – Рентгенівські дифрактограми Самотканського ільменітового концентрату (а) до та (б) після карботермічного відновлення протягом 4 год при 1200°C

Високий хімічний потенціал відновлених металів дозволяє вилугувати їх розчинами гідролісної сірчаної кислоти.

Кінетичні параметри процесу вилуговування досліджували у розчинах, що моделювали гідролізну кислоту різної концентрації (рис.2). Під час вилуговування зерна відновленого ільменіту зберігали свої розміри та форму. Вміст Fe в промитому і прожареному при 800°C осаді < 2%, вміст TiO₂ 92%.

Отримані кінетичні дані по вилуговуванню відновленого ільменіту було проаналізовано на відповідність дифузійно-кінетичним моделям формальної та неформальної кінетики гетерогенних реакцій [1,2]. Аналіз літературних даних дозволяє виокремити більше 20

кінетичних рівнянь, які стосуються різних механізмів контролю процесу. Розрахунки проводилися по всім запропонованим рівнянням.

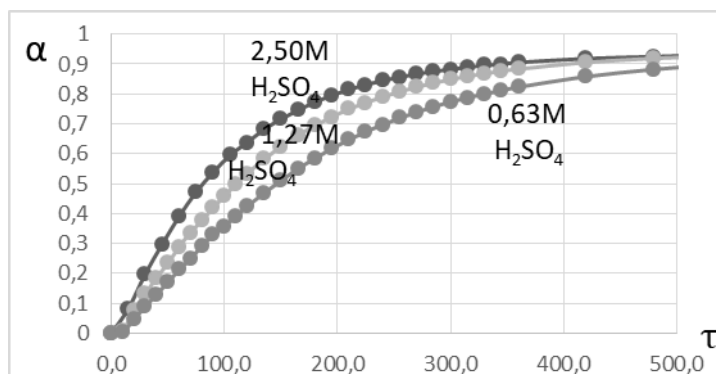


Рис.2. Ступінь вилучення феруму із відновленого ільменіту у часі

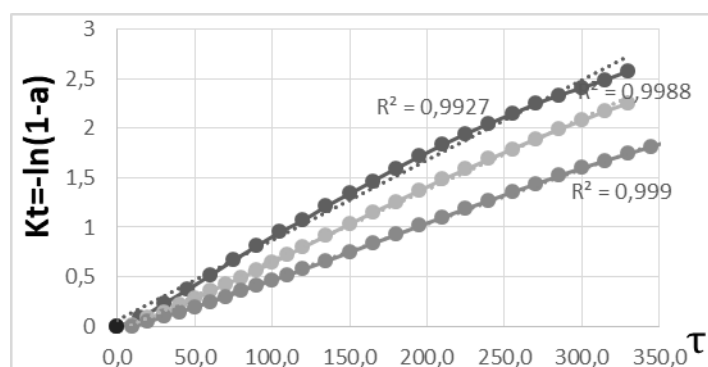


Рис.3 – Залежність ступеня вилучення заліза від часу вилуговування відновленого ільменіту та концентрації кислоти у координатах кінетичної моделі F1 ($K\tau = -\ln(1-\alpha)$)

Близька до лінійної залежність (рис.3), отримана по моделі F1, що описує кінетику гетерогенного процесу реакцією першого порядку коли концентрація реагента-вилуговувача змінюється за рахунок його витрати на взаємодію, а рушійна сила процесу пропорційна величині $(1-\alpha)$: $K\tau = -\ln(1-\alpha)$, де α – ступінь вилуговування феруму; k – константа швидкості реакції; τ – час вилуговування.

Модель добре відтворює перебіг процесу до ступеня перетворення $\alpha=90\%$ та відхиляється від лінійності на кінцевій ділянці залежності.

Література:

1. Dickinson, C.F., Heal, G.R., 1999. Solid-Liquid Diffusion Controlled Rate Equations. *Thermochimica Acta* 340-341 89-103.
2. Yucai Cao et al., 2006. Kinetic Study On The Leaching Of Pt, Pd And Rh From Automotive Catalyst Residue By Using Chloride Solutions. *Materials Transactions* 47 (8), 2015–2024.

ДОСЛІДЖЕННЯ КАТАЛІТИЧНОГО ФІЛЬТРУЮЧОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ В ПРОЦЕСАХ ВИДАЛЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ЗАЛІЗА

Якименко І.К. Солодовнік Т.В.

e-mail: yakimenko97@ukr.net, solodovniktetana@gmail.com

*Черкаський державний технологічний університет,
Україна, Черкаси*

Каталітичні завантаження – це природні або штучні матеріали, що містять на поверхні або в пористій структурі гранули каталізатору окиснення, який створює каталітичний ефект в реакціях окиснення-відновлення, необхідний для швидкого їх перебігу. Обробка води із застосуванням каталітичних завантажень – це один із сучасних технологічних методів, які забезпечують в одній фільтрувальній колоні три операції: окиснення, осадження та фільтрацію осаду. Як правило, вони використовуються для видалення заліза, марганцю та сірководню. Сплав окислювально-відновного середовища діє як каталізатор, наприклад, для перетворення розчинних катіонів заліза (позитивно заряджених іонів) на нерозчинний гідроксид заліза, який можна видалити за допомогою регулярного зворотного промивання.

В Черкаському державному технологічному університеті на кафедрі Хімічних технологій та водоочищення проведено дослідження роботи каталітичного фільтруючого завантаження марки КДФ-55 та КДФ-85, для визначення оптимальних умов використання в процесі видалення іонів заліза.

Визначення оптимальної маси матеріалу проводили в статичних лабораторних умовах. В конічні колби об'ємом 250 см³ вносили по 100 см³ модельного розчину з концентрацією іонів заліза 2 мг/дм³, та додавали 0,2, 0,5, 1, 2, 3 г матеріалу. Тривалість контакту 15 хвилин [1]. Після закінчення процесу розчини фільтрували та аналізували на вміст загального заліза.

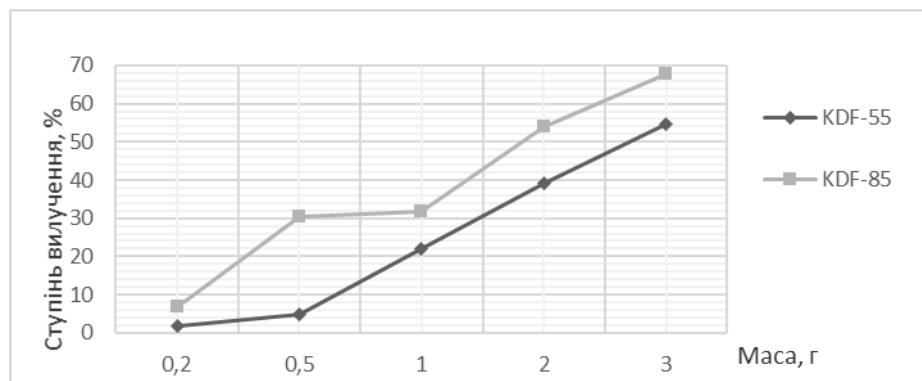


Рисунок – Графічна залежність ступеню очищення модельних розчинів, %
від маси завантаження

Аналіз результатів видалення загального заліза з модельних розчинів на рисунку показує, що збільшення маси навантаження KDF-55 та KDF-85 збільшує ступінь очищення при різній масі завантаження, однак було встановлено, що використання адсорбенту KDF супроводжується виділенням у розчин іонів міді та цинку, що містяться в складі фільтруючого завантаження (див. таблицю).

Таблиця – Вміст елементів у вихідній воді мг/дм³

Маса, г	KDF-55		KDF-85	
	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺
0,2	0,0025	0,339	0,0303	0,379
0,5	0,004	0,451	0,0966	1,21*
1	0,0095	0,974	0,0962	1,23*
2	0,0114	1,68*	0,1736	2,11*
3	0,0246	2,55*	0,2536	2,77*

*- гранично допустима концентрація 1 мг/дм³ згідно [2]

Аналізуючи дані досліджень, можна зробити такі висновки:

- оптимальною масою навантаження при умові часу контакту 15 хв та концентрації до 2 мг/дм³ загального заліза можна вважати 5 г/дм³ для КДФ-55 та 1 г/дм³ для КДФ-85;

- фільтруюче завантаження KDF збільшує вміст цинку та міді у вихідній воді, що містяться у складі навантаження.

Отже, каталітичне фільтруюче завантаження марки KDF-55 та KDF-85 потребує додаткових досліджень та пошуку оптимальних способів зниження побічних забрудників, а саме міді та цинку.

Література:

1. Якименко І. К., Солодовнік Т. В. Адсорбційні матеріали для доочищення питної води від сполук заліза та мангану в системах децентралізованого водопостачання. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2023. Т. 34 (73), № 2. С. 72–77 DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/13>

2. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10): Наказ МОЗ України від 12.05.2010 р. № 400 : станом на 22 берез. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>

Наукове видання

I том збірника тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «**Хімія і сучасні технології**», що відбувалась 06-07 грудня 2023 р.

Набір здійснено з готових оригіналів-макетів, які були надані авторами доповідей в електронному вигляді. Відповідальність за зміст окремих публікацій, їх орфографію та якість рисунків несуть автори тез.

Оригінал-макет виготовлений РВВ ДВНЗ УДХТУ

Відповідальний секретар виконавчого комітету: Величко О.В., к.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії, голова ради молодих учених ДВНЗ УДХТУ

Технічне редагування О.В. Величко
Комп'ютерна верстка Т.М. Кіжло

Редакційно-видавничий відділ ДВНЗ УДХТУ
49005, Дніпро, пр. Гагаріна, 8
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №5026 від 16.12.2015 р.

Підписано до друку 04.12.2023. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний № 1.
Друк різнограф. Гарнітура Times New Roman.
Облік.-видавн. арк. 5,32.
Тираж 300 прим. Зам. № 143.