



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

ІХ Міжнародної науково-технічної  
конференції  
**«ХІМІЯ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

**ТОМ І**

*24-26 квітня 2019  
Дніпро*

**УДК 54(06)**

**X 46**

*Друкується за рішенням Вченої Ради ДВНЗ УДХТУ*

*(протокол № 91-аг від 18.04.2019)*

**ISBN 978-617-7478-35-4**

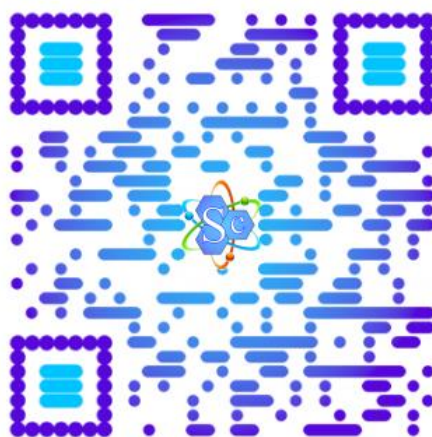
Перший том збірника тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології». Дніпро. – 2019. – Т. I. – 120 с.

В збірнику надані тези доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології», присвяченої вирішенню сучасних фундаментальних, теоретичних і практичних проблем в області неорганічної хімії, хімії води та електрохімії.

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

**sciendar.com**

**КАЛЕНДАР НАУКОВИХ ПОДІЙ**



**УДК 54(06)**

**ISBN 978-617-7478-35-4**

**© Sciendar.com**

## ЗМІСТ

НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ТА ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ INORGANIC CHEMISTRY, TECHNOLOGY OF INORGANIC SUBSTANCES AND INDUSTRIAL ECOLOGY .....	9
ELECTROCHROMIC PROPERTIES OF Ni(OH) <sub>2</sub> THIN FILMS ON FTO GLASS WITH Ag GRID DEPOSITED WITH THE AEROSOL PRINTING METHOD <i>Kirillova E. A., Kotok V. A., Efimov A. A., Kovalenko V. L., Rizoev D. S., Mochalov A. V.</i> .....	11
PECULIARITIES OF FORMATION AND CHEMICAL NATURE OF Co(II) AND Mn(II) DIPHOSPHATES SOLID SOLUTION <i>Filipova P. A., Antraptseva N. M., Moskvich B. R.</i> .....	13
PREPARATION OF SILVER NANOPARTICLES/NANOCOMPOSITES AND THEIR CATALYTIC/ANTIMICROBIAL ACTIVITY <i>Skiba M. I., Vorobyova V. I., Dontsova T. A.</i> .....	14
SOIL TYPE MONITORING BY GROUND AIR COMPOSITION <i>Gutsol N., Nahirniak S., Dontsova T., Lapinsky A.</i> .....	15
SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SEMICONDUCTING ZnCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> -POLICRYSTALS DOPED WITH DYSPROSIUM <i>Barsova Z., Jendrzewska I.</i> .....	17
АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТНИХ НІКЕЛЕВИХ ФЕРИТІВ <i>Возняк В. С., Куцан Н. В., Іваненко І. М.</i> .....	18
ВИЛУЧЕННЯ СПОЛУК As(V) ІЗ ПРИРОДНИХ ВОД МОДИФІКОВАНИМ ПАЛИГОРСЬКІТОМ <i>Бондарєва А. І., Холодцько Ю. М., Тобілко В. Ю.</i> .....	20
ВПЛИВ НЕОРГАНІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ЦЕРІЮ (IV) НА БІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЮМБРИЦИД РОДУ EISENIA <i>Тимчий К. І., Сідашенко О. І., Верещак В. Г., Валєєв Д. В.</i> .....	22
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОФОБІЗОВАНИХ ЗРАЗКІВ СИЛІЦІЮ (IV) ОКСИДУ МЕТОДОМ ІЧ СПЕКТРОСКОПІЇ <i>Савченко М. О., Мисов О. П., Загинайко Є. С.</i> .....	24
ЕЛЕКТРОНОКАТАЛІТИЧНА ПЕРЕРОБКА ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ <i>Каменський А. О., Ольшевський О. П., Починок В. В., Вязовик В. М.</i> .....	26

ЕФЕКТИВНИЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВІ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ <i>Шворак О. В., Донцова Т. А.</i> .....	28
КАТАЛІТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ В ПРОЦЕСІ КОНДЕНСАЦІЇ ЕТАНОЛУ В 1-БУТАНОЛ: ВПЛИВ МОДИФІКУЮЧИХ ДОБАВОК <i>Власенко Н. В., Янушевська О. І., Кирієнко П. І.</i> .....	30
ОБГРУНТУВАННЯ УМОВ ТЕРМІЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ МАГНІЮ ДИФОСФАТУ ГЕКСАГІДРАТУ <i>Філіпова П. О., Антрапцева Н. М.</i> .....	31
ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ СТАДІЇ ВІДМИВКИ ДОМШОК ЕЛЕКТРОЛІТІВ В ПРОЦЕСІ СИНТЕЗУ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ E171 <i>Дубенко А. В., Ніколенко М. В., Куцевол А. Є.</i> .....	33
ОЦІНКА ЕКСТРАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДУ ПО ВИЛУЧЕННЮ НІТРАМІНІВ ІЗ ПРОДУКТІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДОГО РАКЕТНОГО ПАЛИВА <i>Челтонов М. М., Опарин С. О., Кириченко О. Л.</i> .....	34
ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНЕ ТИТРУВАННЯ ЦИНК НІТРАТУ <i>Денисов О. С., Прилипко І. О., Корчуганова О. М.</i> .....	35
РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕАКТОРА ПРОЦЕСУ КОНВЕРСІЇ N-ВМІСНИХ СПОЛУК КОНДЕНСАТУ СОКОВОЇ ПАРИ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ В N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> <i>Демчук І. М., Столяренко Г. С.</i> .....	36
СИНТЕЗ ГІДРОКСИДАПАТИТУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИМ СПОСОБОМ <i>Войтко З., Сергієнко А., Донцова Т., Лапінський А.</i> .....	38
СОРБЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛЬФРАМВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ САПОНІТОВОЇ ГЛИНИ <i>Скіп О. А., Янушевська О. І., Донцова Т. А.</i> .....	40
УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ <i>Парфьонова Л. А., Алексєєв Є. Ю.</i> .....	41
УТИЛІЗАЦІЯ ШЛАМІВ ВАПНУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВОДОПІДГОТОВЧИХ УСТАНОВОК <i>Канарова К. І., Кузенна А. О., Корчуганова О. М.</i> .....	43
<b>ХІМІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВОДИ</b> <b>ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ</b> <b>CHEMISTRY AND WATER TECHNOLOGY</b> .....	44
WATER PURIFICATION BY OZONATION METHOD <i>Trishch V. R., Beznosyk Y. O.</i> .....	45

ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД <i>Мороз В. В., Громико А. В., Столяренко Г. С.</i> .....	46
ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ КОБАЛЬТУ ОРГАНОМОДИФІКОВАНИМ МОНТМОРИЛОНІТОМ <i>Омел'яненко К. С., Пилипенко І. В.</i> .....	48
ВИЛУЧЕННЯ ЙОДИД-ІОНУ АДСОРБЦІЙНИМ МЕТОДОМ <i>Ткачук О. О., Руденко В. Г., Іваненко І. М.</i> .....	49
ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ КАНАЛА-ВОДОСЛИВА С ШИРОКИМ ПОРОГОМ И ПАРАБОЛИЧЕСКИМИ СТЕНКАМИ <i>Сувак Е., Шаратов И., Пleshка П., Чобану Н.</i> .....	51
КАВІТАЦІЙНИЙ ВПЛИВ ГАЗІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА ШВИДКІСТЬ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ЖИРКОМБІНАТУ <i>Вашикурак У. Ю., Шевчук Л. І.</i> .....	53
КОНЦЕПЦІЯ КОМБІНОВАНОЇ КАВІТАЦІЙНО-АДСОРБЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД БАРВНИКІВ <i>Сухацький Ю. В.</i> .....	54
НАНОКОМПОЗИЦІЙНІ СОРБЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ <i>Алексик А. І., Донцова Т. А.</i> .....	55
НОВІТНІЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ АДСОРБЦІЙНОГО ВИЛУЧЕННЯ ФЕНОЛУ З ВОДИ <i>Якимечко М. М., Курпіта А. В., Іваненко І. М.</i> .....	56
ОЧИЩЕННЯ ВОД ВІД ІОНІВ $Cd^{2+}$ КОМПОЗИЦІЙНИМ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВІ ПЕРЛІТОВОГО ПОРОШКУ <i>Хоруженко О. Є., Тобілко В. Ю., Ковальчук І. А.</i> .....	58
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТЕКСТИЛЬНО-ФАРБУВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРИРОДНИМИ СОРБЕНТАМИ <i>Коваль М. Г., Кузьменко В. Г.</i> .....	60
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ХІТОЗАНУ В ЯКОСТІ ФЛОКУЛЯНТУ РОЗЧИННИХ БАРВНИКІВ <i>Якименко І. К., Солодовнік Т. В.</i> .....	62
РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНОГО АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ <i>Охріменко К. В., Косогіна І. В., Пономаренко А. В.</i> .....	64
СЕЛЕКТИВНІ СОРБЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ГЛИНИСТИХ МІНЕРАЛІВ <i>Бахмацька К. Г., Пилипенко І. В.</i> .....	65

СТВОРЕННЯ КОАГУЛЯНТІВ З ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ ЯК РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ КРУГОВОЇ ЕКОНОМІКИ <i>Кирий С. О., Косогіна І. В., Нечипорук Д. О.</i> .....	66
ФЛОТОЕКСТРАКЦІЙНЕ ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ НІКЕЛЮ І КОБАЛЬТУ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ <i>Казначеев О. С.</i> .....	67
<b>ЕЛЕКТРОХІМІЯ</b>	
<b>ЭЛЕКТРОХИМИЯ</b>	
<b>ELECTROCHEMISTRY</b> .....	69
ELECTROCHEMICAL CHEMOSENSOR FOR ASYMMETRIC DIMETHYLARGININE DETECTION WITH MOLECULARLY IMPRINTED RECOGNITION LAYER <i>Malyshev V., Michota-Kaminska A., Shao S., D`Souza F., Noworyta K.</i> .....	71
OXYGEN EVOLUTION REACTION AT MO-MODIFIED NICKEL FOAM ELECTRODE IN 25% KOH <i>Slis A. A., Solodovnik T. V.</i> .....	73
PALLADIUM-BASED ANODIC CATALYSTS MODIFIED BY CONDUCTIVE POLYMERS AND PALLADIUM-PLATINUM CATHODIC CATALYSTS FOR DIRECT FORMIC ACID FUEL CELLS <i>Kurpiec K. R., Borodziński A., Lin H.-M., Chiou Y.-J., Kędzierzawski P.</i> .....	74
THE NEW «SMART» CORROSION PROTECTIVE PIGMENT BASED ON TRIPOLYPHOSPHATE-INTERCALATED Zn-Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDE: SYNTHESIS AND CHARACTERISATION <i>Rusakevich S. R., Kovalenko V. L., Kotok V. A.</i> .....	76
АНОДИ ДЛЯ ОКИСНЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК <i>Мазанка В. М., Косогін О. В.</i> .....	78
АНТИСКАЛАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕКСТРАКТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ КАТОДНОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ КАРБОНАТІВ <i>Калінчук О. О., Васильєв Г. С., Воробйова В. І.</i> .....	79
ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ МЕТОДОМ ЦИКЛІЧНОЇ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРІЇ <i>Кузьменко О., Васильєв Г. С., Воробйова В. І.</i> .....	80
ВПЛИВ ДОМІШОК СІРКИ ТА МІДІ НА КОРОЗІЙНУ ПОВЕДІНКУ БЛИСКУЧИХ НІКЕЛЕВИХ ПОКРИТТІВ В ПАРАХ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ <i>Якубенко В. В., Уцяповський Д. Ю., Лінючева О. В.</i> .....	81
ГІДРАТОВАНА ПОЛІСУРМ'ЯНА КИСЛОТА ЯК ТВЕРДИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ <i>Матвеев О. М., Косогін О. В., Лінючева О. В.</i> .....	83

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ОПОРУ АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ АЛЮМІНІЮ ТА ЙОГО СПЛАВІВ <i>Чорнобрива Н. О., Букет О. І.</i> .....	84
ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНИЙ ШВИДКІСНИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ЦИНКОВОГО ПОКРИТТЯ СПОСОБОМ ЕЛЕКТРОНАТИРАННЯ <i>Пушкін С. О., Грима М. Р., Андрійчук О. О., Ущановський Д. Ю., Мотронюк Т. І.</i> .....	86
ЕЛЕКТРОЕКСТРАКЦІЯ МІДІ З НІТРАТОВМІСНИХ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ПРОМИСЛОВИХ РОЗЧИНІВ <i>Більченко О. Ю., Ущановський Д. Ю., Мотронюк Т. І.</i> .....	88
ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ ОЛОВ'ЯНОГО КАТАЛІЗАТОРУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОВІДНОВЛЕННЯ CO <sub>2</sub> <i>Аксьонова О. В., Забалуєв А. С., Лінючева О. В., Підвашецький Г. Ю., Ущановський Д. Ю.</i> .....	90
ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ДЕСТРУКЦІЯ ФУРАЦИЛІНУ НА PbO <sub>2</sub> -АНОДІ <i>Загорулько С. Ю., Шмичкова О. Б., Лук'яненко Т. В., Веліченко О. Б.</i> .....	91
МЕХАНІЗМ ЕЛЕКТРОСИНТЕЗУ ФОРМІАТІВ ТА ВПЛИВ рН НА ЇХ ВИХІД ЗА СТРУМОМ <i>Підвашецький Г. Ю., Ущановський Д. Ю.</i> .....	92
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИОННОГО ОБМЕНА НА ИОНИТАХ <i>Волкова В. И., Кошель С. А., Смирнова Е. В., Кошель Н. Д.</i> .....	94
ОПТИМИЗАЦИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛУЧЕНИИ ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ КАК АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ <i>Вепрева А. И., Набоков Д. В., Сыкчин А. С., Сулопарова А. С., Коваленко В. Л., Коток В. А., Бурков А. А., Ананченко Б. А., Deabate S., Mehdi A., Bantignies J.-L., Henn F., Баскевич А. С.</i> .....	96
ПІДВИЩЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ПАЛИВНОГО ЕЛЕМЕНТА ІМПУЛЬСНОЮ ПОДАЧЕЮ ОКИСНИКА І ПАЛИВА <i>Тягур У. М., Якубенко В. В., Букет О. І.</i> .....	97
ПОЛУЧЕНИЕ NiCo <sub>2</sub> O <sub>4</sub> МЕТОДОМ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА КАК АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ <i>Сулопарова А. С., Сыкчин А. С., Коваленко В. Л., Коток В. А., Бурков А. А., Ананченко Б. А., Deabate S., Mehdi A., Bantignies J.-L., Henn F., Баскевич А. С.</i> .....	98

ПОТЕНЦІОДИНАМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БАЗИСУ ПІТИНГОСТІЙКОСТІ АУСТЕНІТНОЇ СТАЛІ AISI 316 ПРИ НАКЛАДАННІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ВІБРАЦІЇ <i>Берегова Н. С., Мальцева Д. В., Васильєв Г. С. ....</i>	100
РОЗПОДІЛ ГАЛЬВАНІЧНИХ СТРУМІВ ПРИ ДИФЕРЕНЦІЙНІЙ АЕРАЦІЇ В СИСТЕМІ ТРУБА-ВІДВІД <i>Коваль О. В., Васильєв Г. С. ....</i>	101
СИНТЕЗ ИНДИГОКАРМИН-ИНТЕКАЛИРОВАННОГО Ni-Al СЛОИСТОГО ДВОЙНОГО ГИДРОКСИДА КАК ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА И ПИГМЕНТА <i>Горбонос А. А., Коваленко В. Л., Коток В. А. ....</i>	102
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НАНОУГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА СУПЕРКОНДЕНСАТОРА С ЩЕЛОЧНЫМ ВОДНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ <i>Папулова А. И., Коваленко В. Л., Мансурова И. А., Савин А. А., Коток В. А. ....</i>	105
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПЕНОНИКЕЛЯ КАК ТОКООТВОДА И ОСНОВЫ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРА <i>Спиров И. В., Сыкчин А. С., Коваленко В. Л., Коток В. А. ....</i>	107
УМНЫЕ ОКНА: СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ ПЛЕНОК ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ <i>Лавриненко С. Е., Коваленко В. Л., Коток В. А. ....</i>	109
ФОРМИРОВАНИЕ Ni(II)-СОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ МЕХАНОХИМИЧЕСКОМ ТВЕРДОФАЗНОМ СИНТЕЗЕ <i>Коваленко К. В., Самсонов И. В., Коваленко В. Л., Коток В. А. ....</i>	111
ФОРМУВАННЯ НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА НА КРЕМНІЇ ІМПУЛЬСНИМ ЕЛЕКТРОЛІЗОМ У DMSO <i>Шепіда М. В. ....</i>	113
<b>ІМЕННИЙ ВКАЗІВНИК.....</b>	<b>115</b>



**НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ  
НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН  
ТА ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ**

**НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ,  
ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ  
ВЕЩЕСТВ И ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ЭКОЛОГИЯ**

**INORGANIC CHEMISTRY,  
TECHNOLOGY OF INORGANIC  
SUBSTANCES AND INDUSTRIAL  
ECOLOGY**



## ELECTROCHROMIC PROPERTIES OF Ni(OH)<sub>2</sub> THIN FILMS ON FTO GLASS WITH Ag GRID DEPOSITED WITH THE AEROSOL PRINTING METHOD

Kirillova E. A., Kotok V. A., Efimov A. A., Kovalenko V. L., Rizoiev D. S., Mochalov A. V.

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

*Vyatka State University, Kirov, Russian Federation*

*Moscow Institute of Physical and Technology, Moscow, Russian Federation*

“Smart” windows are one from a broad range of “smart” devices. “Smart” windows can change optical state from transparent to non-transparent through a row of partially transparent states. They can be used for decreasing electricity consumption, lower consumption in peak periods and comfort increasing in buildings.

Ni(OH)<sub>2</sub> is well-known promising electrochromic material for elements of a “Smart” window. It can be deposited on conductive substrates (e.g. FTO, ITO) from Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> solutions by means of the electrochemical method. The electrochemical method is simple, inexpensive and not requires complex equipment. The limitation of this method is a low current distribution on the high-resistance substrate during deposition process caused by the low-conductive substrate. Also, the bleaching-colorization process can be non-uniform and that is caused by a high-resistance substrate.

In order to increase current distribution on the high-resistance substrate, the deposition on its surface of the silver grid was performed.

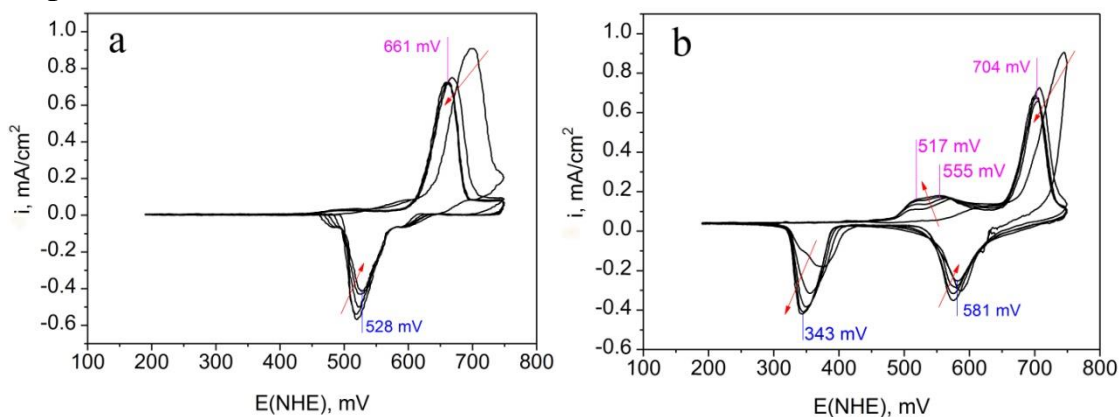


Fig. 1 – Cyclic voltammety curves for: a – FTO glass covered with Ni(OH)<sub>2</sub> film; b – FTO glass covered with Ag grid and Ni(OH)<sub>2</sub> film.

The silver grid was deposited by the aerosol printing method [1]. The size of the grid was 2x2 cm with inner square 1x1 cm – Fig. 3a, b. Further, Ni(OH)<sub>2</sub> deposition on FTO glass & FTO glass with Ag grid was performed according to [2].

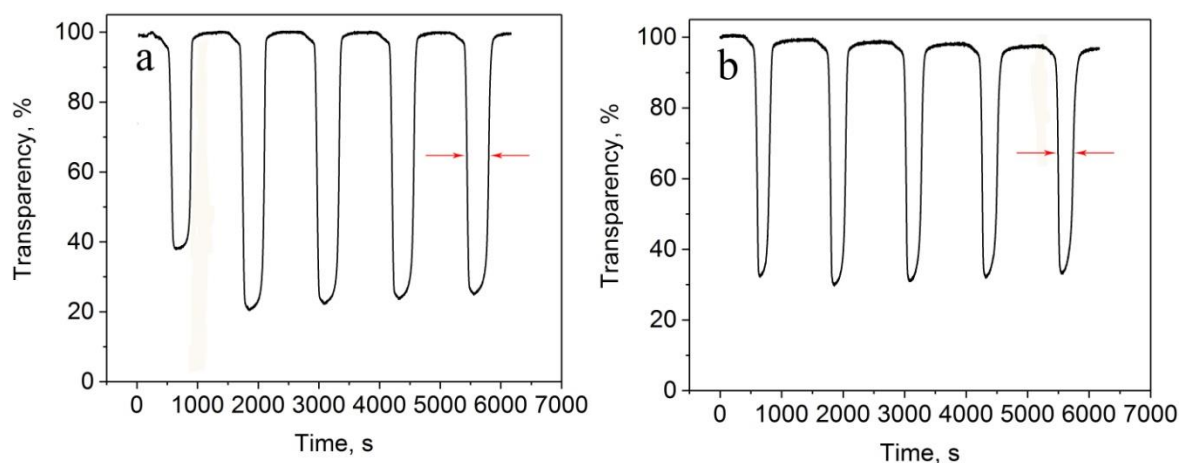


Fig. 2 – Colorization-bleaching curves for: a – FTO glass covered with  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  film; b – FTO glass covered with Ag grid and  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  film.

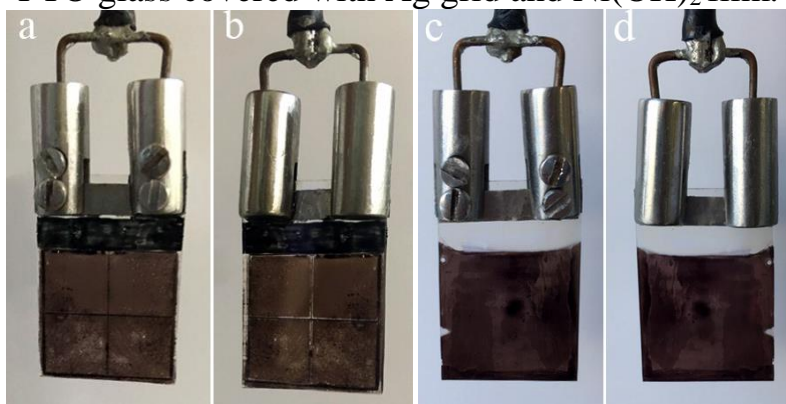


Fig. 3 – Photo of electrodes in the colored state: a, b – FTO glass covered with Ag grid and  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  film; b, c – FTO glass covered with  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  film.

In order to define performance  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  films on different substrates cyclic voltammetry with simultaneous recording of optical dependencies were done – Fig. 1-3. All CVs and colorization-bleaching curves showed sharp differences. As such,  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  film deposited on FTO glass with Ag grid showed additional peaks on the CV and higher bleaching velocity. Also, the colorization of the electrode on FTO glass with Ag grid was more uniform – Fig. 3.

References:

1. Arsenov, P.V., Efimov, A.A., Ivanov, V.V. (2018) Effect of Methods of Changing in Focusing Ratio on Line Geometry in Aerosol Jet Printing. *Key Engineering Materials*, Vol. 779, pp. 159-164. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.779.159>;
2. Kotok, V.A., Malyshev, V.V., Solovov, V.A., Kovalenko, V.L. (2017). Soft Electrochemical Etching of FTO-Coated Glass for Use in  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  – Based Electrochromic Devices. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 6 (12), P772–P777. doi: 10.1149/2.0071712jss.

## PECULIARITIES OF FORMATION AND CHEMICAL NATURE OF Co(II) AND Mn(II) DIPHOSPHATES SOLID SOLUTION

Filipova P. A., Antraptseva N. M., Moskvich B. R.

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Individual cobalt (II) and manganese (II) diphosphates are used as a basis of various modern materials: catalysts of organic synthesis, pigments, heat-sensitive paints, corrosion-resistant coatings, luminescent materials etc. Use for this of Co(II) and Mn(II) diphosphates solid solution, the contents of cations in them can be changed in the set limits is perspective. It will allow to create materials with a forecast complex of improved physico-chemical and production characteristics.

The purpose of the present work is synthesis of cobalt(II) and manganese(II) hydrated diphosphates solid solution and determination their chemical nature.

The solid solution of composition  $\text{Co}_{2-x}\text{Mn}_x\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  is synthesized by interaction of mixture of water solutions of cobalt(II) and manganese(II) sulfates with solution of potassium diphosphate. The most significant parameters of their synthesis as it has been established, are: a ratio in composition of initial solutions  $n = \text{P}_2\text{O}_7^{4-}/\text{Co}^{2+}, \text{Mn}^{2+} = 0.25$  and  $K = \text{Co}^{2+}/\text{Mn}^{2+} = 19.0 \leq K \leq 49.0$ ; concentration of solutions – 0.1 mole/l; duration of contact of a solidphase with a mother solution – on achievement of equilibrium; temperature – 293-298 K.

With use of a complex of chemical and physico-chemical methods of research it is established, that  $\text{Co}_{2-x}\text{Mn}_x\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  according to the chemical nature is the limited solid solution of replacement, which area of homogeneity ( $x$ ) change from 0 up to 0.23.  $\text{Co}_{2-x}\text{Mn}_x\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $0 < x \leq 0.23$ ) is formed owing to isomorphous substitution Co(II) on Mn(II) in octahedrons Co-O<sub>6</sub> of diphosphate-matrix  $\text{Co}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

A coordination environment Co (II) includes four oxygen atoms to four molecules H<sub>2</sub>O and two oxygen atoms of diphosphate tetrahedrons. Composition of a saturated solid solution conform to diphosphate  $\text{Co}_{1.77}\text{Mn}_{0.23}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , which contains 26.18% mas. of cobalt(II) and 3.47% mas. of manganese(II). The attempt to substitute in crystalline structure of  $\text{Co}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  more than 26.18% mas. Co(II) on Mn(II) leads to formation of a mechanical mixture of two crystal phases – saturate solid solution  $\text{Co}_{1.77}\text{Mn}_{0.23}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  and a phase of structure  $\text{Mn}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

By X-ray diffraction measurement of diphosphates solid solution it is established, that they crystallized in monoclinic system (space group P2<sub>1</sub>/n) and they are structural analogues  $\text{Co}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Parameters and volume of elementary cell  $\text{Co}_{2-x}\text{Mn}_x\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $0 < x \leq 0.23$ ) are increased in proportion to substitution Co(II) on Mn(II) in accordance with values of efficient ionic radiuses Co<sup>2+</sup> (0.088 nm) and Mn<sup>2+</sup> (0.097 nm).

## **PREPARATION OF SILVER NANOPARTICLES/NANOCOMPOSITES AND THEIR CATALYTIC/ANTIMICROBIAL ACTIVITY**

Skiba M. I.<sup>1</sup>, Vorobyova V. I.<sup>2</sup>, Dontsova T. A.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>*Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine*

<sup>2</sup>*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine*

---

Silver nanoparticles were prepared in aqueous AgNO<sub>3</sub> solution by using of contact non-equilibrium low-temperature plasma and different stabilizer reagents: polysorbate 80 (Tween 80), sodium alginate, citrate, PVP, PVA as capping agent. AgNPs were characterized by UV-visible spectroscopy, X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). The average size of formed AgNPs is 20-65 nm.

The synthesized AgNPs showed significant antibacterial activity against Gram-positive *Staphylococcus aureus* and Gram-negative *Escherichia coli*, assayed using agar well diffusion method. The catalytic activity of the AgNPs was evaluated for the reduction of 4-nitrophenol using NaBH<sub>4</sub> at room temperature. The effect of different synthesis parameters and the catalytic property of the NPs were examined. Silver NP has been decorated on SnO<sub>2</sub> nanoparticles to structure the Ag-SnO<sub>2</sub> composites by impregnation of SnO<sub>2</sub> samples with as synthesized nanoparticles. The difference of structure and properties between SnO<sub>2</sub> and composite was characterized by XRD, UV-vis spectroscopy, Brunauer. Emmett. Teller (BET) analysis. Compared to bare SnO<sub>2</sub>, the surface modified photocatalysts (Ag-SnO<sub>2</sub>) showed a red shift in the visible region. The photocatalytic activity was monitored via the degradation of rose bengal (RB) dye and the results revealed that Ag-SnO<sub>2</sub> shows better photocatalytic activity than that of SnO<sub>2</sub>. No extra phase changes were observed after Ag doping. UV-visible spectroscopy measurements indicated that the band gap of 3.50 eV for pure SnO<sub>2</sub> nanostructures, decreased to 3.29 eV after doping.

The antibacterial activity of the nanostructures against *E. coli* was evaluated and a continuous decrease of microbial count was observed. The microbial population decreased from 5·10<sup>5</sup> cfu/ml to 6·10<sup>4</sup> cfu/ml and 3.5·10<sup>4</sup> cfu/ml on SnO<sub>2</sub> and Ag-SnO<sub>2</sub> treatments, respectively.

## SOIL TYPE MONITORING BY GROUND AIR COMPOSITION

Gutsol N., Nahirniak S., Dontsova T., Lapinsky A.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,  
Kyiv, Ukraine*

A promising method for determining the type of soil is monitoring the composition of ground air, as it is known that the composition of the gas phase of the soil directly depends on the chemical and biochemical parameters of the soil.

Each type of soil is characterized by its own chemical composition, which is the reflection of the elemental composition of all geospheres involved in the formation of soil. Therefore, all soil contains elements that are common or found both in the lithosphere and in the hydro-, atmo- and biosphere (Table 1). The change in the chemical composition of the soil leads to changes in the concentration of gas components of ground air [1].

Table 1 – Chemical composition of soil solutions of various soil types according to V.V. Volkova, I.N. Srynnikova

Content, mg/l	Soil type			
	Podzol	Chernozem	Solonets	Saline
Organic matter	20-760	10-50	65	3-5
Si <sup>4+</sup>	3-20	1-5	18	1,0-2,8
Al <sup>3+</sup>	6-12	0,1-2,0	5	–
Fe <sup>3+</sup>	3-10	0,1-2,0	15	0,7-1,4
Ca <sup>2+</sup>	5-25	200	450	920
Mg <sup>2+</sup>	5-15	30-60	230	23000
Na <sup>+</sup>	1-3	5-20	4400	93000
K <sup>+</sup>	2-5	8-30	–	7000
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10-60	500	720	915
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	8-20	80	7400	–
Cl <sup>-</sup>	4-10	100	1800	146000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10-60	170	–	190

Ground air – gases that are in soil pores, free of moisture; its amount is expressed as a percentage of the volume of soil, and the content varies depending on the dynamics of soil moisture in the area. Soil air may be due to colloids in the absorbed state, may be dissolved in soil (water can absorb up to 1-2%), in a clamped state (when the air is in pores, on all sides, surrounded by an aqueous

film), and in a free state. The composition of soil air is similar to atmospheric (Table 2). It contains O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, as well as small quantities of methane, hydrogen sulfide, ammonia, hydrogen, etc. Soil air of well-drained soils contains 78% nitrogen, 21% oxygen 21, 0,9% argon, 0,03% carbon dioxide gas Depending on the porosity, humidity, type and species composition of the vegetation, the amount of organic matter, microorganisms, the content of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in the ground air can vary from 0 to 20%. Differences in the concentration of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> are determined by the intensity of use of O<sub>2</sub>, the production of CO<sub>2</sub> and the rate of exchange of gas content between atmospheric and ground air – aeration. The relationship in soils O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> is constantly changing due to the seasonal and annual cycles of plant development and climatic factors.

Table 2 – Content of various gases and volatile organic compounds in atmospheric and soil air

Gases and volatile organic compounds	Content, %	
	in the atmosphere	in the soil
N <sub>2</sub>	79,1	68÷73
O <sub>2</sub>	21,9	5 ÷ 21
CO <sub>2</sub>	0,03	0,1÷20
H <sub>2</sub>	5·10 <sup>-5</sup>	1 ÷ 8·10 <sup>-6</sup>
CO	1·10 <sup>-5</sup>	1 ÷ 8·10 <sup>-6</sup>
NO	1·10 <sup>-5</sup>	1 ÷ 10·10 <sup>-4</sup>
N <sub>2</sub> O	5·10 <sup>-6</sup>	4 ÷ 40·10 <sup>-5</sup>
CH <sub>4</sub>	3·10 <sup>5</sup>	1 ÷ 8·10 <sup>-7</sup>

To date, there are no established patterns between the type of soil and the composition of ground air [2]. Conducting research data is extremely relevant as it will allow the development of an online method for determining the type of soil that will be used to assess their quality and the choice and calculation of correct rules for the application of mineral fertilizers.

References:

1. Samofalov I. A. Chemical composition of soil and soil creating species [Electronic resource] / I. A. Samofalov // Perm State Agricultural Academy. – 2009 [in Russian].
2. Types of soil, their features and ways of improvement Source: <https://www.botanichka.ru/article/vidyi-pochvy/> [Electronic resource] // Garden and garden. – 2015 [in Russian]



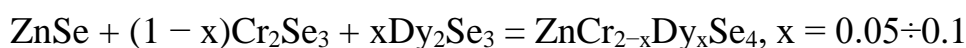
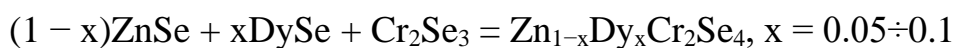
## SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SEMICONDUCTING ZnCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>-POLYCRYSTALS DOPED WITH DYSPROSIUM

Barsova Z., Jendrzewska I.

University of Silesia, Institute of Chemistry,  
Katowice, Poland

The compound ZnCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> crystallizes in cubic spinel structure and is a semiconductor with helical magnetic structure below the Néel temperature  $T_N = 20$  K with a strong ferromagnetic (FM) component confirmed by a large positive Curie-Weiss temperature ( $\theta$ ) of 115 K. It is known that elements substitution can strongly influence on parent compound properties. In our research we used dysprosium as a dopant.

The compounds based on the system Zn<sub>1-x</sub>Dy<sub>x</sub>Cr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> were synthesized by ceramic method, according to the following reactions:



XRD and Rietveld refinement analysis were used in order to obtain structural parameters. Chemical composition defined using JEOL scanning microscope (SE 6480). The results showed less Dy content then it was expected. The structural parameters increase with increasing of Dy amount. The results of XRD analysis showed only one spinel phase.

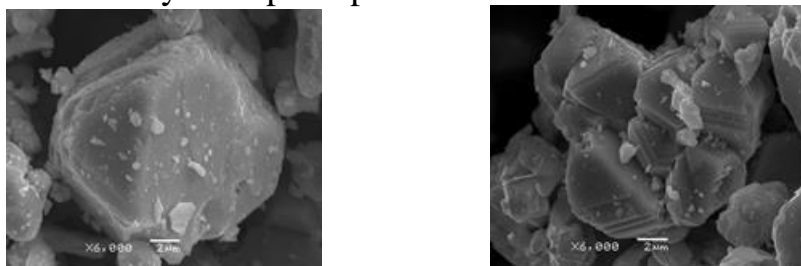


Fig.1 The polycrystalline compounds obtained in the ZnCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>:Dy system: Zn<sub>0.98</sub>Cr<sub>1.68</sub>Dy<sub>0.06</sub>Se<sub>4</sub> (left side), Zn<sub>0.92</sub>Dy<sub>0.06</sub>Cr<sub>2.01</sub>Se<sub>4</sub> (right side)

The magnetic isotherms of the obtained compounds were studied using high magnetic stationary fields (up to 14T). It was confirmed increasing of magnetization with increasing of Dy ions, in tetrahedral and octahedral positions, respectively.

Decreasing of paramagnetic Curie-Weiss temperature with increasing of Dy amount indicates the boost of the antiferromagnetic interactions.

The results of XANES and EXAFS showed that Dy<sup>3+</sup> ions are located in the same chemical environment.

## **АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТНИХ НІКЕЛЕВИХ ФЕРИТІВ**

**Возняк В. С., Куцан Н. В., Іваненко І. М.**

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

Добре відомо, що нікелеві ферити ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ) структури зворотної шпінелі показують значний феромагнітний імпульс, що виникає внаслідок антипаралельних спинів між  $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{Ni}^{2+}$  в тетраедричних і октаедричних положеннях [1]. Цей матеріал використовується в газових сенсорах, магнітних рідинах, каталізі, магнітних системах зберігання, фотемагнітних матеріалах, магнітно-резонансній томографії, в пристроях доставки ліків і мікрохвильових печей тощо [1,2].

Відомо також, що металеві ферити мають порувану структуру з достатньо розвиненою питомою площею поверхні, внаслідок чого володіють адсорбційною здатністю, що разом із високими магнітними характеристиками робить їх вельми перспективним адсорбційним матеріалом. Однак, при зменшенні розмірів оксидів від мікрометрів до нанометрових рівнів, збільшена енергія поверхні неминуче призводить до поганої стабільності таких матеріалів [3]. Одним із способів подолання цього недоліку було запропоновано наносити ферити на поверхню поруватих носіїв, тобто формувати структури композитного типу.

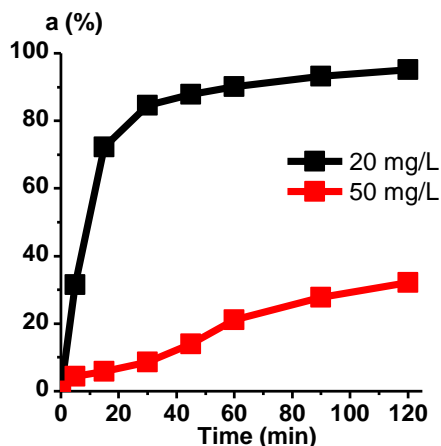
Метою представленої роботи був синтез композитного матеріалу на основі нікелевого фериту та активованого вугілля, а також дослідження його адсорбційних властивостей.

Синтез нікелевих феритів проводили із застосуванням методу співосадження. Для цього  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  та  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  з молярним співвідношенням  $[\text{Ni}^{2+}]/[\text{Fe}^{3+}]=1/2$  розчиняли в дистильованій воді і додавали розчин цитратної кислоти із розрахунковим співвідношенням катіонів  $\text{Me}/\text{цитратна кислота} = 1/1$ . До отриманого розчину додавали розчин гідроксиду амонію до  $\text{pH} \sim 7$ , повільно упарювали при постійному перемішуванні за температури  $80^\circ\text{C}$  до утворення гелю, а потім перегрівали шляхом подальшого упарювання до утворення ксерогелю. Додавали вихідне активне вугілля марки Norit із розрахункового співвідношення нікелевий ферит/вугілля = 4/6, а потім прожарювали при  $400^\circ\text{C}$  протягом 2 годин на повітрі.

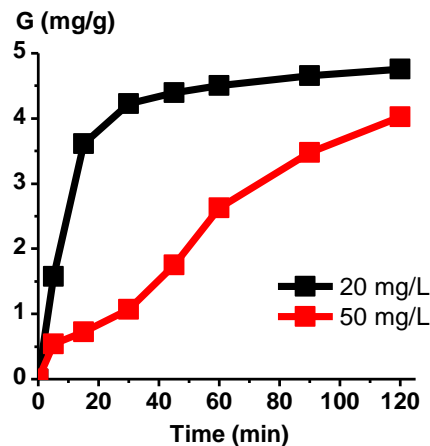
Адсорбційну активність синтезованого композиту вивчали за адсорбцією барвника конго червоного з модельних водних розчинів двох різних вихідних концентрацій:  $c_0 = 20$  та  $50 \text{ мг/дм}^3$ , об'єм якого складав  $25 \text{ см}^3$  в кожному експерименті. Маса адсорбенту в кожному досліді становила  $0,1 \text{ г}$ . Відділення сорбенту від розчину проводили центрифугуванням з наступною магнітною сепарацією, після чого встановлювали залишкову концентрацію барвника ( $c_r$ ,  $\text{мг/дм}^3$ ) фотоколориметричним методом. Ступінь адсорбції ( $a$ , %) і адсорбційну ємність ( $G$ ,  $\text{mg/g}$ ) розраховували за відповідними формулами:

$$a = \left( \frac{C_0 - C_r}{C_0} \right) \cdot 100;$$

$$G = \frac{(C_0 - C_r) \cdot V}{m}$$



(а)



(б)

Рисунок 1 – Залежність ступеня адсорбції конго червоного (а) та адсорбційної ємності (б) синтезованого композиту.

Як видно на рисунку 1а, ступінь адсорбції барвника конго червоного синтезованим композитним адсорбентом залежить не тільки від вихідної концентрації модельних розчинів, а від тривалості процесу. Найбільший ступінь адсорбції (~96%) досягається після двох годин контактування для розчинів, початкова концентрація яких становила 20 мг/дм<sup>3</sup>. Адсорбція з більш концентрованих розчинів (50 мг/дм<sup>3</sup>) проходила менш інтенсивно і сягала свого максимального значення 33% через дві години встановлення рівноваги. Адсорбційна ємність дослідженого композита теж сильно залежить і від початкової концентрації, і від тривалості контакту, як показано на рисунку 1б. Найбільше досягнуте в цьому експерименті значення питомої адсорбції складає 4,8 мг/г.

Таким чином, результати представленого дослідження свідчать про високу адсорбційну ємність композитів на основі нікелевих феритів та активованого вугілля, і підтверджують перспективність їх застосування для очищення стічних вод від барвників.

#### References:

1. Kinemuchi, Y., Ishizaka, K., Suematsu, H., Jiang, W., Yatsui, K. Magnetic properties of nanosize NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> particles synthesized by pulsed wire discharge. *Thin Solid Films*. 2002. – Vol. 407. – P. 109-113.
2. Galindo, R., Mazario, E., Gutierrez, S., Morales, M.P., Herrasti, P., 2012. Electrochemical synthesis of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles: characterization and their catalytic applications. *J. Alloys Compd.*, 2012. – Vol. 536. – P. 241-244.
3. Lingamdinne, L.P., Koduru, J.R., Choi, Y.L., Chang, Y.Y., Yang, J.K. Studies on removal of Pb(II) and Cr(III) using graphene oxide based inverse spinel nickel ferrite nano-composite as sorbent. *Hydrometallurgy*, 2016. – Vol. 165. – P. 64-72.

## **ВИЛУЧЕННЯ СПОЛУК As(V) ІЗ ПРИРОДНИХ ВОД МОДИФІКОВАНИМ ПАЛИГОРСЬКІТОМ**

**Бондарєва А. І., Холодько Ю. М., Тобілко В. Ю.**

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

До одних із найбільш небезпечних неорганічних токсикантів, які забруднюють природні води, належать сполуки арсену. Цей хімічний елемент зустрічається в гірських породах, мінералах, ґрунтах, поверхневих та підземних водах. Забруднення водних об'єктів сполуками арсену обумовлене природними факторами – проходженням процесів геохімічного вилуговування ґрунтів та антропогенним навантаженням на навколишнє середовище гірничо-збагачувальної, фармацевтичної галузей, підприємств з виробництва кераміки, скла, фарб, нафтопереробних, металургійних заводів та ін.

Арсен в природних водах знаходиться в основному в неорганічних формах As(III) і As(V), співвідношення між якими обумовлюється окисно-відновлювальним потенціалом та величиною рН водного середовища. Вміст сполук As(V) у поверхневих водах коливається від 1 до 10 мкг/дм<sup>3</sup>. Проте у підземних водах регіонів, що зазнають впливу стічних вод гірничо-збагачувальних та металургійних комбінатів, його концентрація значно вища.

Очищення вод від аніонів металів (арсену, хрому) природними силікатами є складним завданням, адже їх поверхня, головним чином, негативно заряджена. Відомо, що композиційні сорбенти на основі глинистих мінералів та оксидів заліза мають підвищену адсорбційну здатність порівняно з вихідними глинистими мінералами та набувають аніонообмінних властивостей, зберігаючи при цьому катіонообмінну здатність.

Метою даної роботи було вивчити основні фізико-хімічні особливості вилучення As(V) композиційним матеріалом на основі палигорськіту, модифікованого сполуками (окси)гідроксиду заліза(III).

Одержання композиційного сорбенту полягало у нанесенні шару залізовмісного матеріалу на поверхню очищеного від домішок палигорськіту Черкаського родовища. Для цього до водної суспензії шарувато-стрічкового мінералу додавали певний об'єм солі тривалентного заліза та осаджували сполуки (окси)гідроксиду заліза(III) розчином гідроксиду калію. Процес синтезу вели при постійному перемішуванні. Після багаторазового відмивання від надлишку солей, одержаний матеріал висушували при 80°C, розтирали та просіювали.

Відомо, що тривалість встановлення сорбційної рівноваги обумовлюється природою сорбенту та типом його поруватої структури. Тому для визначення оптимальних умов вилучення іонів арсену отриманими матеріалами була вивчена кінетика сорбції. Показано, що стан рівноваги досягається швидше при використанні модифікованого палигорськіту і складає менше, чим 30 хвилин.

На ефективність вилучення іонів металів глинистими мінералами та сорбентами на їх основі суттєво впливає рН водного середовища. Проте отримані результати вказують на те, що величина рН не впливає на ступінь вилучення сполук арсену композиційними залізовмісними сорбентами в широкому діапазоні.

Одержані ізотерми сорбції на модифікованому палигорськіті в нейтральному діапазоні величин рН вказують на те, що максимальні значення величин сорбції для композиційного сорбенту становлять 8 мг/г, що значно перевищує такі для природного палигорськіту (0.18 мг/г).

Дослідження впливу фосфатів, хімічна поведінка яких у водних розчинах аналогічна арсенатам, на сорбційну здатність композиційного матеріалу щодо As(V) при рН 6,5 та вихідній концентрації 8 мг/дм<sup>3</sup> показало, що ступінь вилучення арсену несуттєво зменшується навіть при мольному співвідношенні  $\text{HPO}_4^{2-} : \text{H}_2\text{AsO}_4^-$  рівному 5:1 і становить 95%.

На основі проведених досліджень показана ефективність очищення вод від забруднення сполуками арсену композиційними силікатними залізовмісними матеріалами. Встановлено, що застосування сорбційних технологій із використанням матеріалів на основі глинистих мінералів є ефективним при доочищенні вод від забруднення іонами важких металів.

## ВПЛИВ НЕОРГАНІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ЦЕРІЮ (IV) НА БІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЮМБРИЦИД РОДУ *EISENIA*

Тимчий К. І., Сідашенко О. І., Верещак В. Г., Валєєв Д. В.

---

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

---

Переважає більшість живих організмів на Землі в своїй життєдіяльності не може обходитись без споживання кисню, при цьому процес метаболізму в біологічних системах супроводжується утворенням різних активних форм кисню. Необхідний рівень активних форм кисню (АФК) в організмі регулюють ферменти; в разі дисбалансу між продукцією АФК і концентрацією ферментів виникає окислювальний стрес. Тоді гідроксильний радикал окислює практично всі органічні молекули – в тому числі білки, нуклеїнові кислоти та інші біополімери, здатний відривати атом водню від молекул насичених жирних кислот та ініціювати перекисне окислення ліпідів.

Окислювальний стрес може виникати так само при ендогенних і екзогенних інтоксикаціях, техногенних забрудненнях навколишнього середовища та іонізуючого випромінювання.

В останні роки у нанодисперсного діоксиду церію виявлені унікальні біохімічні властивості, завдяки яким даний матеріал здатний виконувати функції деяких ензимів – оксидоредуктаз, фосфатаз і ін. Наночастки діоксиду церію здатні брати участь в біологічних процесах в якості регулятора АФК і акцептора вільних радикалів як *in vitro*, так і *in vivo*, внаслідок властивої їм кисневої нестехіометрії.

Діоксид церію являє собою поліфункціональний матеріал, широкий спектр застосувань якого пов'язаний з притаманним йому комплексом унікальних фізико-хімічних властивостей. Для деяких оксидних сполук (включаючи  $\text{CeO}_2$ ) у наслідок збільшення поверхневого натягу параметри елементарних комірок збільшуються зі зменшенням розмірів частинок.

У дослідженні обрано в якості чинника хімічного впливу на популяцію черв'яків саме діоксид церію. Дослідження дії цього металу на люмбрицидах роду *Eisenia* не проводилось, але ці тварини дихають усією поверхнею тіла, тому саме їх обрано як біологічний об'єкт.

Для проведення дослідження було сформовано групи тварин за показником маси по 10 представників у кожній групі, 9 дослідних та 1 контрольна. Середня маса кожної групи становила  $2 \pm 0,05$  г. До кожного субстрату у якому утримували відібраних тварин одноразово додали розчин діоксиду церію з відповідною концентрацією. Масу тварин фіксували шляхом зважування на аналітичних вагах один раз в чотири дні.

Результати збільшення показника маси відносно обраних концентрацій діоксиду церію представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Зміна маси тварин відносно концентрацій діоксиду церію

Доба експерименту	Діоксид церію, мг/кг									Конт.
	1	3	5	7	10	13	15	17	20	
Вага групи, г										
0	2,00 ±0,06	2,00 ±0,05	2,00 ±0,08	2,00 ±0,04	2,00 ±0,06	2,00 ±0,04	2,00 ±0,07	2,00 ±0,09	2,00 ±0,04	2,00 ±0,06
4	2,24 ±0,05	2,40 ±0,04	2,22 ±0,07	2,17 ±0,06	2,19 ±0,05	2,24 ±0,04	2,21 ±0,08	2,25 ±0,04	2,40 ±0,09	2,24 ±0,06
8	2,53 ±0,04	2,54 ±0,05	2,41 ±0,07	2,41 ±0,05	2,46 ±0,06	2,39 ±0,04	2,52 ±0,08	2,43 ±0,05	2,64 ±0,06	2,54 ±0,08
12	2,77 ±0,05	2,74 ±0,04	2,55 ±0,06	2,63 ±0,05	2,64 ±0,05	2,48 ±0,08	2,61 ±0,04	2,61 ±0,07	2,80 ±0,06	2,81 ±0,04
16	2,92 ±0,06	3,00 ±0,07	2,68 ±0,05	2,80 ±0,08	2,77 ±0,07	2,53 ±0,04	2,82 ±0,06	2,80 ±0,05	2,98 ±0,07	2,96 ±0,05
20	3,04 ±0,07	3,18 ±0,04	3,02 ±0,03	3,27 ±0,04	2,94 ±0,05	2,72 ±0,08	2,85 ±0,08	2,98 ±0,06	3,05 ±0,05	3,09 ±0,07
24	3,13 ±0,04	3,37 ±0,05	3,18 ±0,05	3,09 ±0,07	3,00 ±0,06	2,85 ±0,08	2,90 ±0,09	3,41 ±0,07	2,96 ±0,05	3,25 ±0,04
28	3,15 ±0,05	3,44 ±0,07	3,28 ±0,06	2,92 ±0,08	3,10 ±0,07	2,90 ±0,07	2,83 ±0,06	3,74 ±0,08	2,99 ±0,05	3,26 ±0,09
32	3,12 ±0,07	3,34 ±0,06	2,82 ±0,08	2,62 ±0,09	2,99 ±0,04	2,62 ±0,04	2,64 ±0,07	3,86 ±0,09	3,00 ±0,08	2,99 ±0,05
36	2,69 ±0,05	3,08 ±0,08	2,71 ±0,07	2,25 ±0,05	2,59 ±0,04	2,51 ±0,07	2,51 ±0,05	3,59 ±0,09	2,62 ±0,05	2,70 ±0,06
Максимум ваги	3,15 ±0,05	3,44 ±0,07	3,28 ±0,06	3,27 ±0,04	3,10 ±0,07	2,90 ±0,07	2,90 ±0,09	3,86 ±0,09	3,05±0,05	3,26 ±0,09
Приріст маси	1,15	1,44	1,28	1,27	1,10	0,90	0,90	1,86	1,05	1,26

Як видно з отриманих результатів на початку експерименту відбулося збільшення маси у групах тварин при крайніх концентраціях препарату 3 та 20 мг/кг. Але не зважаючи, що найбільший показник маси тіла виявлено за концентрацією 17 мг/кг, більш логічним є результат показника збільшення маси тварин за концентрацією діоксиду церію 3 мг/кг, так як це збільшення має виражений лінійний характер.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОФОБІЗОВАНИХ ЗРАЗКІВ СИЛІЦІЮ (IV) ОКСИДУ МЕТОДОМ ІЧ СПЕКТРОСКОПІЇ**

**Савченко М. О.<sup>1</sup>, Мисов О. П.<sup>1</sup>, Загинайко Є. С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, Україна*

<sup>2</sup>*«Дніпропетровський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС  
України», Дніпро, Україна*

---

В останні роки представляє інтерес синтез нових дешевих адсорбентів на основі силіцію (IV) оксиду, які використовують для очистки стічних вод підприємств. Перспективним є отримання гідрофобного матеріалу на основі силіцію (IV) оксиду, який володіє адсорбційними властивостями к неполярним органічним матеріалам. Для надання силіцію (IV) оксиду гідрофобних властивостей його поверхню модифікують кремній-органічними гідрофобизаторами. Для вивчення особливостей кремнеземних носіїв використовують фізико-хімічні методи дослідження. Особливо інформативним вивченням хімії поверхні, є метод інфрачервоної спектроскопії (ІЧ).

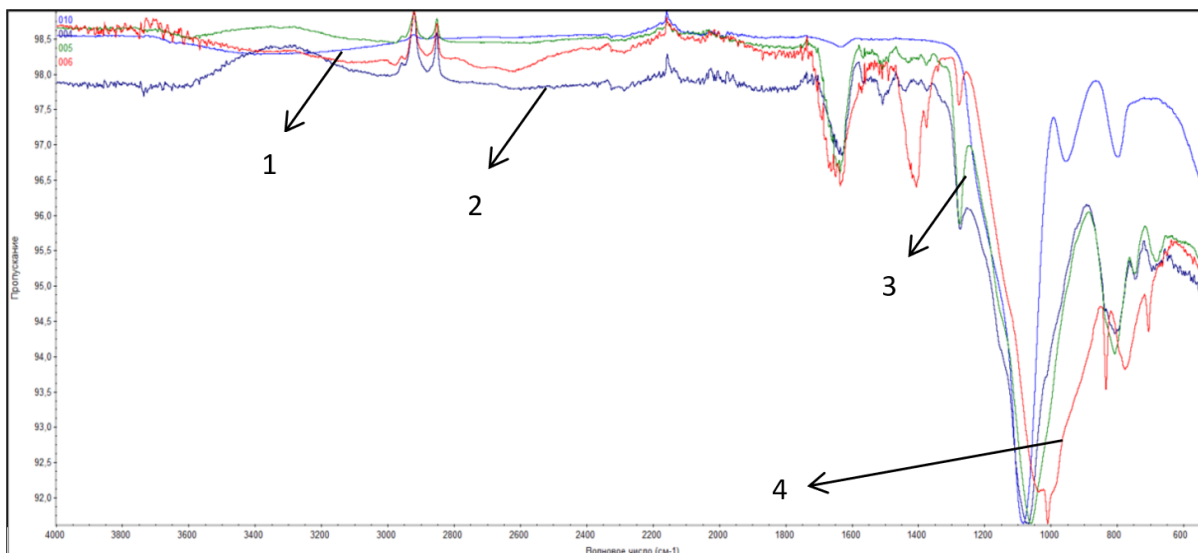
В представленій роботі досліджено гідрофобізовані зразки силіцію (IV) оксиду методом ІЧ спектроскопії. Гідрофобізацію зразків SiO<sub>2</sub> проводили з використанням гідрофобізуючих кремнійорганічних рідин ГКЖ-11, ГКЖ-94 та ТМХС (триметилхлорсилану). Отримання гідрофобного матеріалу здійснювали в дві стадії. На першій, сірчанокислотним способом осаджували силіцій (IV) оксид з натрієвого рідкого скла. На другій, для надання поверхні силіцій (IV) оксиду гідрофобних властивостей обробляли його кремнійорганічними сполуками.

Інфрачервоні спектроскопічні випробування проводились на суміщеному ІЧ-Фур'є спектрометрі Nicolet iN10 з модулем Nicolet iZ10 та приставкою Smart iTX ATR, з кристалом – Diamond та детектором DTGS. Обробка спектрограм проводилась за допомогою програмного забезпечення – Omnic.

Для кращого сприйняття і більш точної оцінки ІЧ спектрів гідрофобізованих зразків на рисунку вони наведені методом накладення з вихідним SiO<sub>2</sub>. В якості приклада на рисунку 1 наведені ІЧ-спектри SiO<sub>2</sub>/ГКЖ-94.

Відомо, що всі силікати поглинають в області ІЧ-спектра в діапазоні 1000-1200 см<sup>-1</sup>. Проявляється це у вигляді широкої, інтенсивної смуги в цій області. Смуга поглинання при 690 см<sup>-1</sup>, характерна для кристалічних форм SiO<sub>2</sub>, відсутня. Гострі, як у кристалічних речовин, смуги поглинання при 810 і 1080 см<sup>-1</sup>, вказують, відповідно, на симетричні і асиметричні валентні коливання зв'язку Si-O. Пік в області 1640 відносимо до валентних коливань Si-OH. Зменшення світлопропускання в області 3000-3600 см<sup>-1</sup> вказує на наявність активних гідроксильних груп –OH.



Рисунок 1 – ІК-спектри  $\text{SiO}_2$  / ГКЖ-94.

1 –  $\text{SiO}_2$ ; 2 –  $\text{SiO}_2$  / ГКЖ-94 (10%); 3 –  $\text{SiO}_2$  / ГКЖ-94 (20%); 4 –  $\text{SiO}_2$  / ГКЖ-94 (30%).

Аналізуючи ІЧ-спектри зразків  $\text{SiO}_2$  / ГКЖ-11 і  $\text{SiO}_2$  / ГКЖ 94 звертає на себе увагу поява інтенсивних піків в області  $800\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$  з одночасним зменшенням полого піку в області  $3000\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ . Мабуть відбувається заміна гідроксильних груп  $\text{--OH}$  на групи  $\text{Si--OC}$ ,  $\text{Si--CH}_3$ ,  $\text{Si--CH}_2$  і можливо  $\text{Si--H}$ . Також потрібно відзначити кореляцію між появою піків в області  $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ , групи  $\text{O--CH}_3$  і  $\text{O--CH}_2$  і проявом найкращих гідрофобних властивостей у цих зразків, звертає на себе увагу поява інтенсивних піків в області  $800\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$  з одночасним зменшенням полого піку в області  $3000\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ .

Незначні зміни ІЧ-спектра силіцію (IV) оксиду при обробці його ТМХС говорять про те, що кардинальної зміни складу поверхні не відбулося. Такий висновок узгоджується з даними про знижену гідрофобність досліджуваних зразків  $\text{SiO}_2$ /ТМХС. Пов'язано це, на наш погляд, з недостатньо оптимальними технологічними умовами процесу гідрофобізації силіцію (IV) оксиду, оскільки сам гідрофобізатор за літературними даними є одним з кращих.

Таким чином в результаті досліджень встановлено, що силіцію (IV) оксиду з поверхнею модифікованою кремнійорганічним гідрофобізатором має високу абсорбційну спроможність до органічних складових у водному середовищі, що дозволяє використовувати його в якості очищувача в стічних водах.

Разом з тим очікуваний ефект очищення під підвищенням поверхні адсорбентів не виявив повну міру. Мабуть, це пов'язано з особливими обробками вихідних порошків гідрофобізуючою рідиною. Незадовільні результати адсорбенту із застосуванням ТМХС не говорять про слабкі гідрофобні властивості модифікатора, а лише про те, необхідно продовжити пошуки оптимальних технологічних параметрів процесу гідрофобізації.

## **ЕЛЕКТРОННОКАТАЛІТИЧНА ПЕРЕРобКА ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ**

Каменський А. О., Ольшевський О. П., Починок В. В., Вязовик В. М.

*Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна*

---

Вуглекислий газ в атмосфері Землі є одним із компонентів сучасної земної атмосфери. Станом на початок лютого 2018 року концентрація його в атмосферному повітрі становила 407,95 ppm [1], тоді як вже на початок лютого 2019 року вона вже складає 411,37 ppm і продовжує збільшуватися. В Україні, яка займає 28 місце із 220 за кількістю CO<sub>2</sub>, ця концентрація складає станом на 2017 рік біля 212 ppm [2]. Станом на початок 2018 року в атмосферу в результаті діяльності людини було викинуто більше 2 000 Гігатон CO<sub>2</sub> [2].

Основними джерелами викиду вуглекислого газу в атмосферу є виробництво, транспортування, переробка і споживання викопного палива (86%), зведення тропічних лісів і інше спалювання біомаси (12%), і інші джерела (2%), наприклад, виробництво цементу і окислення монооксиду вуглецю.

Тому виникло питання в створенні і розвитку в світі низько вуглецевої економіки, яка базується на низьковуглецевих джерелах енергії, які мають мінімальний викид парникового газу (парниковий газ) емісія в біосферу навколишнього середовища.

Для отримання різноманітних сполук з CO<sub>2</sub> можуть використанні різноманітні способи. Це:

– звичайна термічна конверсія CO<sub>2</sub>. Вона в свою чергу поділяються на розщеплення CO<sub>2</sub> та конверсію CO<sub>2</sub> в поєднанні з сореагентом, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> або H<sub>2</sub>O. Перший спосіб не дуже ефективний і використовується мало. Другий ж дозволяє отримувати різноманітні органічні сполуки;

– CO + H<sub>2</sub>O: штучний фотосинтез. Це спроба відтворення природного процесу фотосинтезу. При цьому під впливом електромагнітного випромінювання видимого спектру вода і діоксид вуглецю перетворюються в молекулярний кисень і глюкозу. Іноді до штучного фотосинтезу відносять поділ води на водень і кисень під впливом сонячної енергії;

– сонячна термохімічна конверсія. Це метод використання сонячної енергії для проведення термохімічної конверсії. Цей метод не потребує додаткових джерел енергії і не чинить негативного впливу на навколишнє середовище. Можна виділити дві форми прямого перетворення сонячної енергії: теплове перетворення – може бути залучена після поглинання сонячного світла у вигляді теплової енергії, і квантове перетворення – це безпосередньо поглинання світла (наприклад: напівпровідник, молекула або органічна сполука);

– фотохімічна конверсія. Цей спосіб відрізняється від сонячного тим, що в ньому використовується енергія фотону для протікання реакції, тоді як

в сонячній при поглинанні теплової енергії відбувається подолання бар'єрів активації та впливу на хімічну рівновагу;

– безхімічна конверсія. Це перетворення сонячної енергії в хімічну енергію є «природний» фотосинтез для виробництва біопалива;

– електрохімічна конверсія. Це спосіб, в якій електрична енергія подається для створення потенціалу між двома електродами електролізу, що дозволяє перетворити  $\text{CO}_2$  в хімічні сполуки.

– плазмова технологія для конверсії  $\text{CO}_2$ . Це спосіб, в якому використовується різноманітні види плазми. Серед розрядів як найбільших джерел плазми, що використовуються для конверсії  $\text{CO}_2$  можна виділити розряд діелектричного бар'єру (ще його називають із-за «повільних» електронів «тихий» або бар'єрний), мікрохвильовий та ковзаючої дуги, тліючий, коронний, іскрові та імпульсні.

Було запропоновано процес синтезу органічних сполук, а саме метанолу і формальдегіду з  $\text{CO}_2$  і парів води з використанням бар'єрного розряду в присутності каталізатору.

Процес синтезу складається з двох стадій:

– активація суміші  $\text{CO}_2$  і парів води в зоні бар'єрного розряду. В результаті цієї стадії утворюється  $\text{CO}$ , водень та кисневмісні радикали. Об'єм реактору складав  $7,6 \text{ см}^3$  і час контакту  $0,0285 \text{ с}$ .

– обробка суміші  $\text{CO}_2$ , водню, кисневмісних радикалів та парів води на каталізаторі, який знаходиться в зоні розряду. Утворення формальдегіду чи метанолу керували температурою, яку підтримували на каталізаторі. Об'єм реактору з каталізатором складав  $39,67 \text{ см}^3$  і час контакту  $14,6 \text{ с}$ .

В обох реакторах змінювали напругу в межах від 7 до 10 кВ.

Вихід формальдегіду та метанолу визначали за допомогою спектрофотометру 102UV, ULAV при скануванні усіх частот.

В результаті досліджень було отримана найбільша концентрація формальдегіду  $0,45 \text{ г/дм}^3$  і метанолу –  $0,14 \text{ г/дм}^3$ .

В результаті усього сказаного можна стверджувати, що електронно-каталітичний метод переробки вуглекислого газу в органічні сполуки є досить ефективний метод і тому потребує подальших досліджень.

---

#### Література:

1.  $\text{CO}_2$ . Earth is live!! Daily  $\text{CO}_2$  URL: <https://www.co2.earth/daily-co2> (дата звертання 09.02.2019).

2. Global Carbon Atlas.  $\text{CO}_2$  Emissions. URL: <http://www.globalcarbonatlas.org/ru/CO2-emissions> (дата звертання 09.02.2019).

## **ЕФЕКТИВНИЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВІ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ**

Шворак О. В., Донцова Т. А.

---

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

Щороку відходи виробництва, як в Україні, так і у світі, значно зростають. Найбільша кількість відходів накопичується у гірничо-металургійних підприємствах. У результаті накопичення таких відходів відбувається порушення екологічної рівноваги у природі; вони є важливим чинником забруднення навколишнього середовища. Одним з таких небезпечних відходів є червоний шлам. Він є побічним продуктом виробництва оксиду алюмінію, який містить у своєму складі різні оксиди металів. Близько 95% виробництва алюмінію формується за допомогою процесу Байєра: з кожної тонни оксиду алюмінію отримують 1-1,5 т червоного шламу. Щорічний приріст червоного шламу лише з одного підприємства становить приблизно 800 тис. тон. Отже, проблема переробки червоного шламу й досі є актуальною [1].

У даній роботі запропоновано ефективний сорбційний матеріал шляхом переробки червоного шламу по відношенню до аніонних барвників (на прикладі конго червоного).

Обробку червоного шламу здійснювали нагріванням при 200, 400, 600 і 800°C протягом 1 години (зразки TR200, TR400, TR600, TR800). Додатково, отримували магнітний зразок обробкою нативного шламу за температури 600°C у присутності крохмалю (TS600). Зразки випробовували на сорбційну ємність до конго червоного. Також для порівняння досліджено активність вихідного червоного шламу.

Сорбційні експерименти проводили наступним чином: сорбент з дозою 10 г/дм<sup>3</sup> додавали до розчину конго червоного з концентрацією 20 мг/дм<sup>3</sup> та витримували 4 години при перемішуванні. Далі сорбент відділяли, а отримані розчини аналізували спектрофотометричним методом. Після цього розраховували ступінь вилучення барвника. Результати експериментів наведені на рисунку 1.

З наведених даних на рисунку 1 можна бачити, що видалення барвника для нативного шламу і зразку TS600 склало 21 і 67% відповідно. Для зразків TR200, TR400, TR600, TR800 ступінь видалення конго червоного становить 25, 70, 90 і 95% відповідно. Таким чином, за отриманими результатами більш раціональним є зразок TR600.

З метою виявлення раціональної тривалості контакту між обраним сорбентом TR600 та розчином конго червоним було проведено адсорбцію барвника за різної тривалості контакту. Як видно з рисунка 2 рівновага адсорбції встановлюється через 2 години.

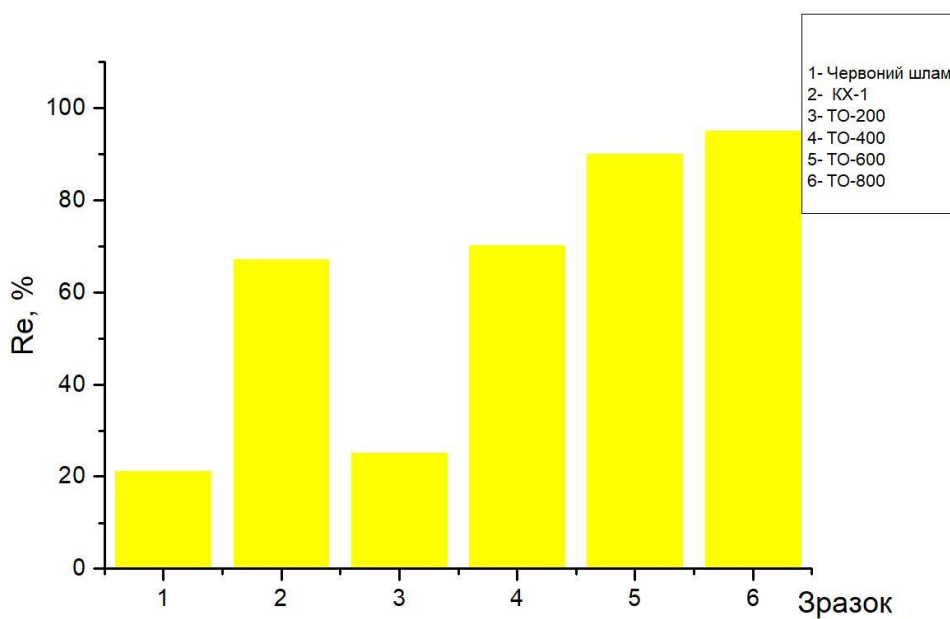


Рисунок 1 – Ступінь видалення (Re, %) конго червоного з водних розчинів.

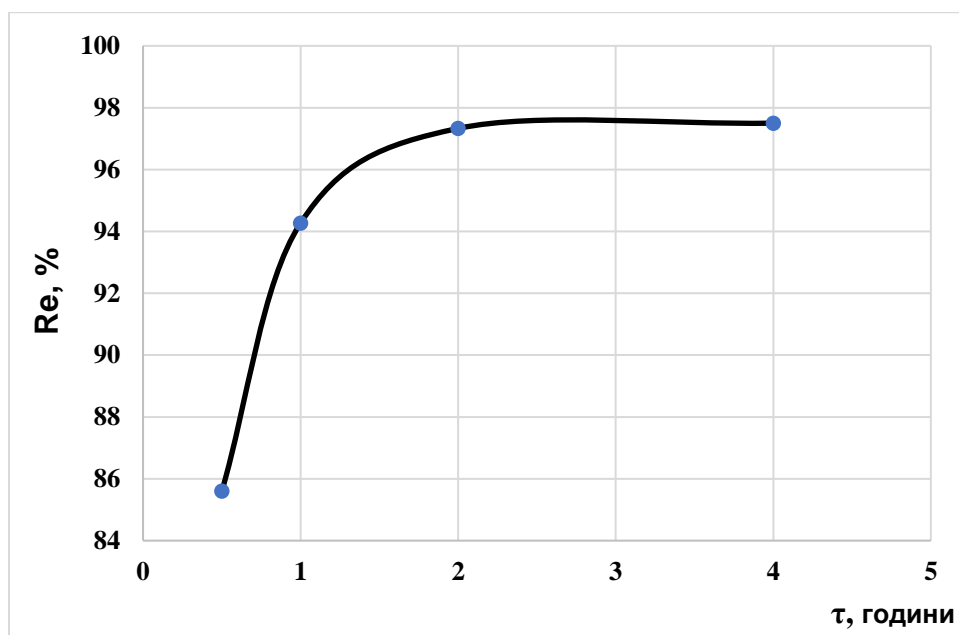


Рисунок 2 – Залежність ступеня видалення (Re, %) конго червоного від тривалості контакту.

Таким чином, можна зробити висновок, що проста термічна обробка червоного шламу призводить до утворення ефективного сорбційного матеріалу для видалення аніонних барвників з води.

Література:

1. Ковальский В. П. Применения красного бокситового шлама в производстве строительных материалов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2005. – № 1(49). – С. 55-60.

## КАТАЛІТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ В ПРОЦЕСІ КОНДЕНСАЦІЇ ЕТАНОЛУ В 1-БУТАНОЛ: ВПЛИВ МОДИФІКУЮЧИХ ДОБАВОК

Власенко Н. В.<sup>1</sup>, Янушевська О. І.<sup>2</sup>, Кирієнко П. І.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України, Київ, Україна

<sup>2</sup>НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Встановлено, що добавки  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  дозволяють істотно змінювати каталітичні властивості композитів на основі  $\text{ZrO}_2$  в процесі конденсації етанолу в 1-бутанол (реакція Гербе-Марковнікова). Це відбувається за рахунок зміни фазового складу  $\text{ZrO}_2$ , який визначає його кислотно-основні властивості. Відомо [1], що метастабільна тетрагональна модифікація  $\text{ZrO}_2$  характеризується більшою основністю порівняно з моноклінною модифікацією  $\text{ZrO}_2$ . Завдяки стабілізації метастабільної тетрагональної фази діоксиду цирконію добавками  $\text{CeO}_2$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  відбувається збільшення основності бінарних оксидних композицій  $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$  і  $\text{ZrO}_2\text{-H}_3\text{PO}_4$ , що в результаті обумовлює вищу селективність каталізаторів по 1-бутанолу, порівняно з індивідуальним діоксидом цирконію. Тим часом, додавання  $\text{SiO}_2$  призводить до утворення слабо окристалізованої композиції  $\text{ZrO}_2\text{-SiO}_2$ , що містить виключно моноклінний  $\text{ZrO}_2$ . В результаті, каталізатор  $\text{ZrO}_2\text{-SiO}_2$  характеризується невеликою силою як кислотних, так і основних центрів. Тому, хоча за конверсією етанолу даний зразок переважає всі досліджені каталізатори, він є малоактивним щодо утворення 1-бутанолу.

Таблиця 1 – Кислотно-основні, каталітичні характеристики композицій з  $\text{ZrO}_2$

Каталізатор	Основність		Кислотність		Каталітичні характеристики ( $T=300^\circ\text{C}$ )	
	$C_b$ , ммоль $\text{CO}_2/\text{г}$	$T(\text{CO}_2)$ , $^\circ\text{C}$	$C_a$ , ммоль $\text{NH}_3/\text{г}$	$T(\text{NH}_3)$ , $^\circ\text{C}$	Конверс. етанолу, %	Селектив. за 1-бутанолом, %
$\text{ZrO}_2$	0,24	150	0,47	150	9,9	19,9
$\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$	0,29	225	0,25	150	13,3	31,6
$\text{ZrO}_2\text{-H}_3\text{PO}_4$	0,25	200	0,41	200	16,7	8,4
$\text{ZrO}_2\text{-SiO}_2$	0,13	100	0,26	100	44	2,1

$T_{\text{CO}_2}$  и  $T_{\text{NH}_3}$  – температури десорбції тестових речовин:  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ , відповідно.

### Література:

1. Ma Z.-Y., Yang C., Wei W., et al. // J. Mol. Catal. A. – 2005. – 227. – P. 119-124.

## ОБГРУНТУВАННЯ УМОВ ТЕРМІЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ МАГНІЮ ДИФОСФАТУ ГЕКСАГІДРАТУ

Філіпова П. О., Антрапцева Н. М.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна*

Безводні фосфати двовалентних металів і їх тверді розчини є основою для створення нових функціональних матеріалів з технічно цінними властивостями. Найбільш технологічним способом їх одержання визнано термічну дегідратацію відповідних гідратованих солей. Отримання часткового і повністю зневоднених фосфатів конкретного складу і, відповідно, властивостей потребує знання умов термообробки вихідних кристалогідратів. Їх, як правило, одержують за результатами термографічних досліджень гідратованих фосфатів та їх твердих розчинів.

Наукові критерії вибору умов нагрівання зразка при термографічних дослідженнях практично відсутні. Швидкість нагріву кристалогідрату, яка найчастіше становить 2,5-10,0 град./хв., обирають емпірично, обмежуючись найчастіше конкретизацією температури початку і завершення теплових ефектів на кривих диференційно-термічного аналізу. Однак швидкісні режими термообробки гідратованих фосфатів можуть істотно впливати на природу твердофазних перетворень, що супроводжують їх зневоднення [1].

Мета даної роботи – обґрунтувати вибір умов зневоднення  $Mg_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  – дифосфату-матриці для синтезу твердих розчинів гідратованих і безводних дифосфатів.

Магній дифосфат гексагідрат синтезували взаємодією водних розчинів магнію сульфату і калію дифосфату. Вибір умов зневоднення виконували за допомогою диференційно-термічного аналізу (деріватограф Q-1500 D, тиглі платинові з кришкою, наважка зразку 200 мг., еталон порівняння – свіжопрокалений  $Al_2O_3$ ).

Для отримання надійних відтворюваних результатів виконували серії дослідів, в яких вивчали термічну поведінку  $Mg_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  з конкретизацією основних характеристик процесу. Нагрівання його проводили на повітрі в динамічному (швидкість 1.25, 2.5, 5.0 і 10.0 град./хв.) і квазіізотермічному (лабіринтовий тримач проб, швидкість 3 град./хв.) режимах.

Згідно з результатами диференційно-термічного аналізу, зневоднення гексагідрату складу  $Mg_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  при нагріванні зі швидкістю 5 град./хв. починається при 381 К і відбувається в дві основні стадії. Вони реєструються на кривій втрати маси (ТГ) двома досить чіткими ступенями, які відповідають видаленню 4,25 і 1,17 моль  $H_2O$  в інтервалах 381-521 і 581-659 К.

На кривих ДТА і ДТГ перша стадія описується двома частково накладеними один на одного ендотермічними ефектами з максимумами при 458 і 483 К. Вони характеризують видалення 2,80 и 1,45 моль  $H_2O$ , які на кривій ТГ практично не розділяються. Друга стадія реєструється на кривій

ДТГ ендотермічним ефектом, що складається з двох компонент з максимумами 597 і 629 К. На кривій ДТА в цьому температурному інтервалі спостерігається один уширений з лівого боку ендотермічний ефект неправильної форми. Остання кількість води (0,48 моль) видаляється в інтервалі 659-830 К. При подальшому нагріванні дифосфату до 1273 К теплові ефекти на термічних кривих не реєструються.

Спроби розділити накладені один на одного ендотермічні ефекти, варіюючи швидкісними режимами термообробки, показали, що принципових відмінностей в ході термічних кривих не спостерігається. Збільшення швидкості нагріву з 5.0 до 10 град./хв. призводить до зміщення температурних інтервалів реалізації обох стадій зневоднення  $Mg_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  і супроводжується ще більшим накладанням теплових ефектів (табл).

Таблиця 1 – Характеристики процесу зневоднення  $Mg_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  в різних умовах нагрівання

Режими термообробки	Характеристики процесу			
	Стадійність процесу	Температурні інтервали, К	Втрати маси, моль $H_2O$	
			I стадія	II стадія
Динамічний: 1.25 град./хв.	2	340-462 490-610	4.08	0.97
2.5 град./хв.	2	364-496 512-630	4.11	1.03
5.0 град./хв.	2	381-521 581-659	4.25	1.17
10.0 град./хв.	2	403-546 552-709	4.37	1.20
Ізотермічний: 3.0 град./хв.	2	395-533 542-689	4.30	1.25

У разі зниження швидкості нагріву з 5.0 до 2.5 і 1.25 град./хв. теплові ефекти на кривих ДТА і ДТГ набувають розширені форми незначної інтенсивності, що знижує результативність термографічних досліджень.

Отже, отримані дані свідчать про те, що оптимальним режимом зневоднення  $Mg_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  є його термообробка в динамічних умовах зі швидкістю нагрівання 5.0 град./хв.

#### Література:

1. Acton A.Q. Phosphates – advances in research and application / A. Q. Acton. – Atlanta, Georgia : Scholarly Editions, 2013. – 374 p.



## ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ СТАДІЇ ВІДМИВКИ ДОМІШОК ЕЛЕКТРОЛІТІВ В ПРОЦЕСІ СИНТЕЗУ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ E171

Дубенко А. В., Ніколенко М. В., Куцевол А. Є.

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

Харчова добавка E171 є хімічно чистим  $TiO_2$  та використовується в якості білого барвника. Діоксид титану можна виявити у складі жувальної гумки, морозива, шоколадних батончиків, зефіру та інших харчових продуктів, при цьому, неорганічний барвник не впливає на смак та запах продуктів. Добавка E171 також використовується в косметичних засобах для догляду за шкірою, присутня в багатьох кремах для засмаги і допомагає захищати шкіру від ультрафіолетового випромінювання.

Склад барвника E171 обумовлений способом його одержання. Зараз нами проводяться роботи з розробки сульфатно-фторидного способу переробки титановмісної сировини. Суть такого способу полягає у використанні фторуєчого агенту на стадії вилуговування. Це дозволяє переробляти навіть рутильну форму діоксиду титану, яка, як відомо, не розчиняється у концентрованій сульфатній кислоті. Додавання в реакційну суміш фторидних солей обумовлює необхідність вилучати фторид-іони на стадії фільтрації осаду гідратованого діоксиду титану (ГДТ), кількість яких нормується в харчовому  $TiO_2$  у зв'язку з їх токсичністю. Також на стадіях гідролізу та фільтрації в ГДТ залишається значна кількість домішок сульфатних солей і важких металів (Fe, Al, Mn, Si, Ca). Очевидно, що ефективність відмивки таких домішок є важливою задачею для одержання конкурентоспроможного діоксиду титану. Відмивання ГДТ від таких домішок проводиться за допомогою багаторазової репульпації в чистій воді з подальшою декантацією, згущенням і фільтрацією.

В даний час вивчена кінетика процесів вилуговування рудної сировини сульфатно-фторидним способом і осадження оксигідроксиду титану. За допомогою потенціометричних методів аналізу встановлено закономірності адсорбції/десорбції домішок електролітів на/з поверхні ГДТ. Одержані дані показали, що за рівних умов найбільш сильно на поверхні  $TiO_2$  адсорбуються іони фтору, в порівнянні з аніонами  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ . Експериментально встановлено, що використання ультразвуку найбільш сильно інтенсифікує процес десорбції домішок з поверхні осаду при використанні промивних розчинів з  $pH=8$ . Встановлено, що в вибраних умовах фільтрування можливо видаляти половину фторид-іонів від їх вихідної кількості на кожній стадії промивки. Далі було визначено, що наступним кроком досліджень є встановлення оптимальних параметрів відмивання осаду ГДТ від домішок важких металів.

## **ОЦІНКА ЕКСТРАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДУ ПО ВИЛУЧЕННЮ НІТРАМІНІВ ІЗ ПРОДУКТІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДОГО РАКЕТНОГО ПАЛИВА**

Челтонов М. М.<sup>1</sup>, Опарин С. О.<sup>2</sup>, Кириченко О. Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*«Державне підприємство «науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод», Павлоград, Україна*

<sup>2</sup>*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, Україна*

В даний час в процесі утилізації твердих ракетних палив (ТРП) із закінченим терміном зберігання з споряджених корпусів двигунів (СКД) є питання ефективного вилучення компонентів ТРП (перхлорату амонію, нітраміна – циклотетраметілететранітраміна) методом ресурсозворотніх технологій. Об'єктом досліджень є тип ТРП, яке представляє собою полімерне зв'язуюче на основі полібутадієну, наповнене окислювачем (перхлоратом амонію), енергетичними (нітраміном, алюмінієм) і технологічними добавками.

Одним із способів вилучення нітраміну з ТРП є застосування селективних органічних розчинників, якими є – диметилсульфоксид (ДМСО), N-метилпіролідон,  $\gamma$ -бутіролактон. У лабораторних умовах була виконана оцінка екстракційної здатності диметилсульфоксида (ДМСО) для вилучення нітраміну з полімерної крихти твердого ракетного палива різного розміру. З полімерної крихти ТРП нітрамін екстрагувати ДМСО з подальшим відділенням екстракту від рафінованої полімерної матриці і висадженням нітраміну введенням в розчин екстракту розчинника, компонента, не розчинюючого нітрамін – води.

Визначено, що застосування ДМСО дозволяє витягувати з полімерної крихти ТРП із середнім розміром частинок 2x2x2 мм до 71,8% нітраміну. Проведено термохімічний розрахунок рецептури емульсійної вибухової речовини (ЕВР) з різним вмістом рафінованої полімерної матриці (ПМ) після вилучення нітраміну. Додавання до 10% рафінованої ПМ до складу ЕВР призводить до збільшення енергетичних характеристик ЕВР, але при цьому не призводить до утворення додаткового обсягу токсичних газів, кількість яких практично залишається незмінним.

Згідно з отриманими термохімічними розрахунками обрана рецептура з оптимальним вмістом рафінованої ПМ в ЕВР, яка рекомендується використовувати для практичного відпрацювання в досвідчених умовах. Після детального техніко-економічного аналізу в якості основного дослідно-промислового методу вилучення нітраміну з ТРП рекомендується метод із застосуванням ДМСО.

## ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНЕ ТИТРУВАННЯ ЦИНК НІТРАТУ

Денисов О. С., Прилипко І. О., Корчуганова О. М.

Східно Національний Університет ім. Володимира Даля, Сєвєродонецьк, Україна

Метою роботи є визначення співвідношення осаджувач/катіон цинку методом потенціометричного титрування цинк нітрату. У цій роботі використовувався рН-метр типу рНТ-028, оздоблений скляним електродом та електродом порівняння. [1]

Експеримент складався з двох частин: це пряме титрування та зворотне. У якості реагентів використовували цинк нітрат ( $Zn(NO_3)_2$ ), натрій гідроксид (NaOH), калій карбонат ( $K_2CO_3$ ), гідролізований карбамід та вуглеамонійна сіль ( $(NH_4)_2CO_3$ ) (концентрація розчинів реагентів 0,1Н).

В ємність поміщувався один розчин, а в бюретку другий розчин (в залежності від типу титрування), в крапельному режимі в ємність додавали по 0,5 мл розчину, та фіксували показники рН-метру. Розчин постійно перемішували магнітною мішалкою. Титрування проводили до рН=7-9 (для прямого), та до рН=4-5 (для зворотного титрування). Дані експерименту показані в таблиці.

Таблиця 1 – Результати потенціометричного титрування

Розчин солі цинку	Осаджувач	Початок осадження		Точка перегину		Кінець перегину	
		рН	$N_{ос}/N_{кат}$	рН	$N_{ос}/N_{кат}$	рН	$N_{ос}/N_{кат}$
цинк ннітрат	NaOH	6,61	0,1	8,7	1,775	9,26	1,975
	$K_2CO_3$	6,49	0,04	6,77	0,78	7,78	1,44
	Гідр. Карбамід	6,78	0,6	6,89	0,8	7,03	2,6
	$(NH_4)_2CO_3$	6,76	0,8	6,64	1,4	6,4	2

З літературних джерел [1] відомо, що випадіння осаду цинк гідроксиду починається з рН= 6,4 (закінчується при рН=8,0), так як цинк має амфотерні властивості та починає розчинятися при рН=10,5. З таблиці видно що початок осадження рН=6,48-6,8 (в залежності від осаджувача). Осаджувачі, що містять карбонатну групу дозволяють отримувати цинк гідроксокарбонат Карбамід може використовуватись як осаджувач, але його потрібно додавати з надлишком. Вуглеамонійні солі використовуватись у якості осаджувача, співвідношення показано в таблиці, осад з'являється початку титрування [2].

### Література:

1. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии – М.: Химия. 1979. – 480с.
2. Н.С. Николаева, В.В. Иванов, А.А. Шубин. Синтез высокодисперсных форм оксида цинка: химическое осаждение и термолиз – Journal of Siberian Federal University. Chemistry 2 (2010 3) 153-173

**РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ  
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕАКТОРА ПРОЦЕСУ КОНВЕРСІЇ  
N-ВМІСНИХ СПОЛУК КОНДЕНСАТУ СОКОВОЇ ПАРИ  
ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ В  $N_2H_4$**

Демчук І. М., Столяренко Г. С.

---

*Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна*

---

Практично всі галузі хімічної промисловості орієнтуються на велику кількість споживання сировини, енергії та води. Можливість рекуперації водостоків шляхом створення нової технології конверсії N-вмісних сполук стічних вод дозволить не тільки розширити сировинну базу та вплинути на економічні показники продуктів, а й заощадити водні ресурси.

Метою цієї роботи стала розробка електромагнітного реактора (ЕМР) конверсії N-вмісних сполук конденсату сокової пари (КСП) виробництва карбаміду до стадії десорбції та гідролізу в  $N_2H_4$ .

Нами розроблена та випробувана в напівпромислових умовах технологія утилізації КСП шляхом конверсії низько концентрованих водних розчинів амідного та амонійного Нітрогену, що містяться в стоках, в  $N_2H_4$ -сирець з вилученням гідразину у вигляді малорозчинної солі –  $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ . Основною стадією є процес конверсії низько концентрованих водних розчинів зв'язаного N в гідразин. В якості альтернативи процесам теплопередачі та конвекції використано мікрохвилі довжиною від 1 мм до 1 м. Так, під впливом мікрохвильового опромінення з частотою 2,4-3,0 ГГц в інтервалі температур 263-373 К (тиск ~ атмосферний) в мультимодовому електромагнітному реакторі проходив синтез  $N_2H_4$ . Нами розроблено механізм синтезу  $N_2H_4$ -сирця з N-вмісних сполук КСП із урахуванням утворення інтермедіатів та радикальних часток та їх подальшою взаємодією з компонентами синтез-розчину, який досліджено на основі трьох гіпотетичних механізмів протікання основних реакцій синтезу  $N_2H_4$  в ЕМР з низько концентрованих водних розчинів амідного та амонійного N, враховуючи утворення інтермедіатів ( $HOCl$ ;  $NH_2Cl$ ;  $CONH_2Cl$ ) та радикалів  $O^{\cdot}$  та  $Cl^{\cdot}$ . Доведено ефективність впровадження ЕМР та встановлено збільшення коефіцієнту корисної дії ЕМР на ~ 80% в порівнянні з реактором синтезу  $N_2H_4$ , в якому використовуються термічні способи нагріву реакційної суміші.

Спираючись на результати експериментів конверсії N-вмісних сполук КСП в  $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ , проведені з використанням модельної установки синтезу, яка розміщена на території підприємства ПАТ «АЗОТ» в місті Черкаси, початковий вихід  $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$  складає 5,3 кг з 1 м<sup>3</sup> азотовмісної сировини. При повторному багаторазовому використанні фільтрату як джерела  $H_2SO_4$  встановлено збільшення виходу  $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$  до 6 кг з 1 м<sup>3</sup>. Встановлена максимальна продуктивність модельної установки синтезу  $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ , яка становить 0,9 кг/добу. На основі даних роботи модельної установки синтезу ГС з використанням ЕМР синтезу  $N_2H_4$  розроблено принципово-технологічну схему процесу утилізації нітрогенвмісних сполук

КСП шляхом переробки в  $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ , основною стадією процесу став синтез  $N_2H_4$  в мономодовому ЕМР.

Конструктивні особливості ЕСР синтезу  $N_2H_4$  більш детально представлені на рисунку 1.

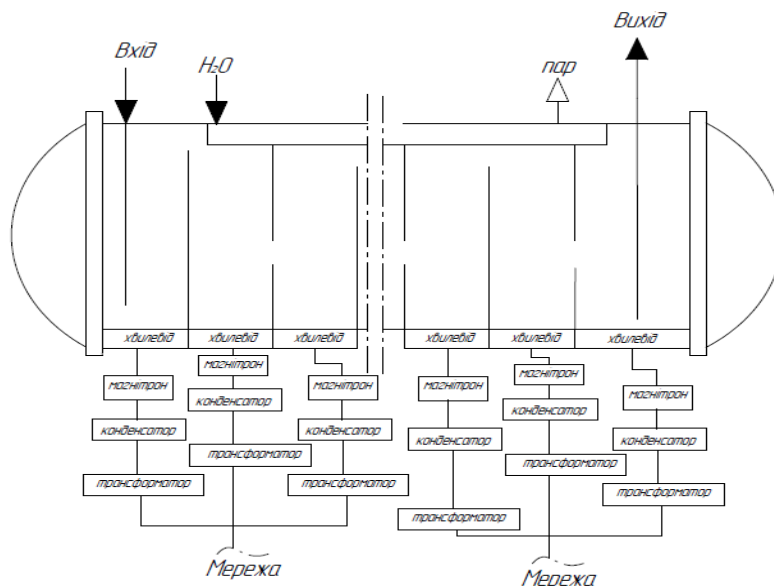


Рисунок 1 – Мономодовий ЕМР синтезу  $N_2H_4$

В зв'язку з тим, що реактори синтезів хімічних сполук з використанням електромагнітних коливань знаходяться в стадії лабораторного тестування і не набули промислового значення, розробка конструктивних особливостей даних реакторів матиме практичне значення не тільки для технології синтезу  $N_2H_4$  з КСП, а й для хімічної технології в цілому. Зазвичай, для проведення лабораторних синтезів використовують ЕМР з мультимодовою системою розподілення мікрохвиль. Для локалізації мікрохвиль і, як наслідок зменшенню енергоємності апарату, доцільніше використовувати мономодову систему розподілення хвильового опромінення. В світовій практиці основною проблемою використання мономодової системи є неможливість ведення безперервного процесу, що для промислових масштабів є обов'язковою умовою. До того ж, для збільшення продуктивності основною вимогою є забезпечення турбулентності режиму потоку реакційної суміші. Розроблене конструктивне виконання мономодового реактора синтезу (рис. 1) можна застосувати для промислових синтезів з урахуванням турбулентності режиму потоку реакційної суміші. Запропоноване конструктивне рішення дає можливість зменшити час перебування реакційної суміші в зоні дії опромінення не втрачаючи в якості.

**СИНТЕЗ ГІДРОКСИДАПАТИТУ  
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИМ СПОСОБОМ**  
Войтко З., Сергієнко А., Донцова Т., Лапінський А.

---

*НТУУ «Київський Політехнічний Інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

Сучасна наука ставить однією з головних своїх цілей продовження тривалості людського життя. Захворювання кісткової тканини займають одну з перших позицій у рейтингу проблем, що найбільш часто зустрічаються у людей похилого віку. Існують різні способи зімітувати кісткову тканину за допомогою різноманітних матеріалів. Найбільш перспективним з них є створення штучної кістки. При цьому штучна кістка повинна якомога точніше відповідати необхідній частині скелета за механічними властивостями. Перспективним в ортопедії для цих цілей вважається застосування гідроксидапатиту (ГАП). Гідроксидапатит прекрасно сумісний з м'язовою тканиною і шкірним покривом. Після імплантації ГАП може безпосередньо зростатися з кістковою тканиною в організмі [1]. Таким чином, синтез гідроксидапатиту з метою створення на його основі штучної кістки є вельми актуальним.

Для отримання гідроксидапатиту використовують різні методи, такі як: хімічне осадження, золь-гель метод, гідротермальний спосіб, твердофазний метод тощо. Залежно від методу синтезу, може бути отриманий порошок з різною морфологією, питомою поверхнею, стехіометрією і ступенем кристалічності. Але, на жаль, практично всі перелічені методи включають стадію термообробки за високих температур: твердофазний та хімічне осадження – на рівні 900-1200°C, золь-гель метод близько 500°C, гідротермальний метод – 200-300°C [2]. Тому досі ще актуальним залишається розробка відтворюваного методу синтезу ГАП за низьких температур.

Метою даної роботи було отримання гідроксидапатиту низькотемпературним методом. Для цього, на підставі літературних джерел [3], було обрано метод хімічного осадження із сахаратних розчинів.

Синтез реалізовували наступним чином. Спочатку було одержано розчин сахарату кальцію, далі в отриманий та нагрітий до 40°C розчин при постійному перемішуванні додавали гідрофосфат амонію і після цього аміак (25%) до рН 10. Отриману суміш витримували 30 хвилин і залишали на старіння. Після старіння утворений осад фільтрували та сушили за температури 80°C.

Отриманий порошок аналізували дифракційним методом аналізу, який проводився на дифрактометрі Rigaku Ultima IV. Аналіз було проведено автоматично пакетом програм PDXL з використанням баз даних ICDD/PDF-2 і COD та стандартної карточки ICDD 01-076-0694 (ГАП). Отримана дифрактограма наведена на рисунку 1.

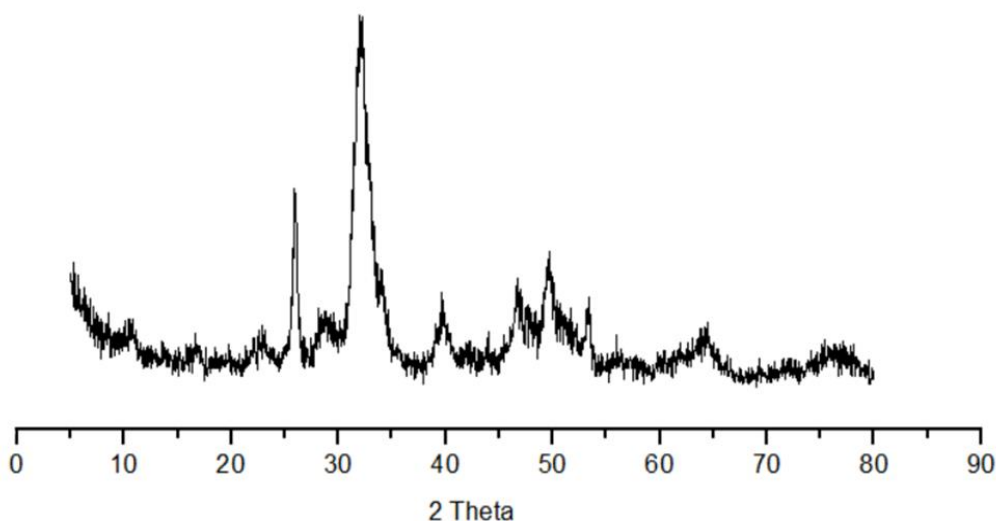


Рисунок 1 – Дифрактограма отриманого зразка.

В результаті проведеного аналізу дифрактограми шляхом співставлення піків із стандартною карткою на ГАП виявлено, що всі одержані піки притаманні чистому ГАП.

Отже, метод хімічного осадження з використанням сахарози дозволяє отримати чисту фазу ГАП без додаткової стадії прожарювання.

#### Література:

1. Войтко З.О., Знак Д.А., Донцова Т.А. Синтез гідроксиапатиту з використанням сахаридів // Збірка тез доповідей VII Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології (11-13 квітня 2018 р., м. Київ) / Укладач Гайдай О. В. – с. 22.
2. Yoshimura M., Suda H. Hydrothermal processing of hydroxyapatite: past, present and future // in: Hydroxyapatite and related materials, P.W. Brown, B. Constantz editors. 1994. CRC Press Inc. P. 45-72.
3. Сафронова Т.В. Синтез нанокристалічного гідроксиапатита кальція из сахаратов кальція и гидрофосфата аммония / Т.В. Сафронова, В.И. Путляев, А.И. Сергеева, Э.В. Куненков, академик Ю.Д. Третьяков // Доклады академии наук. 2009. Том 426, № 4, с. 491 – 496.

## СОРБЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛЬФРАМВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ САПОНІТОВОЇ ГЛИНИ

Скіп О. А., Янушевська О. І., Донцова Т. А.

НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Перерозподіл кількості кислотних і основних центрів на поверхні сорбентів, модифікованих сульфідом вольфраму, викликає зміну ступеню сорбційного вилучення ( $R_e$ ) барвника (Congo red) з розчинів різної концентрації (1000, 800, 600, 400, 75 мг/дм<sup>3</sup>).

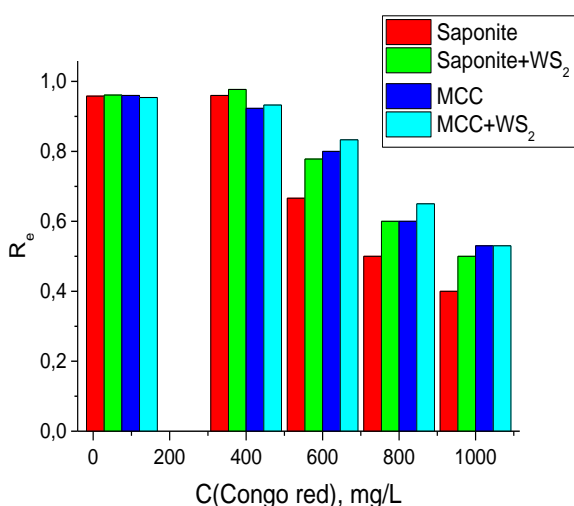


Рисунок 1 – Залежність ступеню вилучення барвника (Congo red) від концентрації: зліва направо – (Saponite); (Saponite+WS<sub>2</sub>); (MCC); (MCC+WS<sub>2</sub>).

З рисунку видно, що вилучення полютанту суттєво покращується при застосуванні сорбентів, які містять сульфід вольфраму. Слід відмітити, що за всіх концентрацій барвника сорбційна активність Saponite+WS<sub>2</sub> є співрозмірною з активністю MCC+WS<sub>2</sub>.

У вирішенні практичних задач очи-

щення води від забрудників, цей факт є раціональним аргументом на користь модифікування дешевого нативного сапоніту сульфідом вольфраму з метою здешевлення процесу. З огляду на те, що магніто-керований сорбент MCC+WS<sub>2</sub> значно полегшує відокремлення осадів за рахунок використання магнітної сепарації, але ж є більш вартісним сорбентом, можна запропонувати двостадійну схему очищення розчинів від барвників. На першій стадії очищення при концентраціях від 1000 до 400 мг/дм<sup>3</sup> використовувати Saponite+WS<sub>2</sub> з подальшим доочищенням і осадженням з використанням MCC+WS<sub>2</sub>. Отже, дослідження модифікованих сорбентів на основі сапонітової глини показали зміну кислотно-основних характеристик поверхні і сорбційної активності до аніонного барвника (Congo red). Виявлене зростання ступеню вилучення барвника добре корелюється із збільшенням кислотних центрів Бренстеда на поверхні досліджуваних сорбентів, які можуть бути активними центрами для сорбції аніонних полютантів у водному середовищі. На нашу думку, вищенаведені результати досліджень відкривають широку перспективу для використання процесу модифікування нативних глин типу сапоніту магнетитом та графеноподібними сульфідами металів щодо подальшого застосування модифікованих сорбентів у технологіях водоочищення.

Література:

1. Dontsova T.A., Yanushevskaya E.I., Nahirniak S.V., Makarchuk O.V., Ivanets A.I., Roshchina M.Yu., Kutuzova A.S., Kulikov L.M. Directional control of the structural adsorption properties of clays by magnetite modification, 2018, Journal of Nanomaterials, 1-9.



## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Парфьонова Л. А.<sup>1</sup>, Алексєєв Є. Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, Україна

<sup>2</sup>Комунальний навчальний заклад «Хіміко-екологічний ліцей» Дніпровської міської ради, Дніпро, Україна

За обсягом виробництва і споживання в світі мідь поступається тільки алюмінію, займаючи друге місце у виробництві кольорових металів (алюміній, мідь, свинець, цинк, нікель). В Україні більше 70% всієї споживаної міді йде на виробництво електротехнічних виробів, 15% – на елементи будівельних конструкцій, 5% – на деталі машин і механізмів, 4% – на транспортні конструкції і 4% – на інші види виробів. При цьому використання рафінованої міді постійно зростає як в світовому масштабі так і в Україні. Виробництво міді вогневого рафінування і катодної міді з брухту та відходів дає можливість організувати виробництво мідної катанки з власної сировини, тобто скоротити витрати валюти на закупівлю катодної міді за кордоном. Але на рівні з цим збільшуються відходи особливо при електролітичному рафінуванні яке забезпечує отримання найбільш чистої (99%), високоякісної міді. Після електролізу відпрацьований електроліт містить  $H_2SO_4$ ,  $FeSO_4$ ,  $NiSO_4$ ,  $CuSO_4$  та ін. Необхідність утилізації такого розчину стає на першому місці.

Цей розчин можливо використовувати для виробництва добрив для сільськогосподарських культур, що зменшить затрати на похідні речовини у синтезі хелатних добрив та зменшить навантаження на навколишнє середовище.

Хелатні добрива містять той чи інший мікроелемент, з'єднаний з так званим хелатуючим агентом. В результаті утворюється хелат, комплексне з'єднання у вигляді «кleshні», в середині якого знаходиться мікроелемент. Така комплексна сполука має біологічну активність. Завдяки чому хелатні добрива добре засвоюються рослинами у порівнянні зі звичайними неорганічними солями. Вони безпечні для ґрунтів, рослин і людини, як у використанні, так і у виробництві. У виробництві хелатних добрив можна використовувати ряд різних органічних кислот – хелатуючих агентів (етилендіамінтетраоцтова кислота, оксиетилендифосфонова кислота, етилендіаміндіантарна кислота, нітрилтриметилфосфонова кислота та ін.).

Основою при виготовленні рідкого концентрованого хелатного добрива (РКХД) був відпрацьований електролітичний розчин наступного складу:  $H_2SO_4$  – 200 г/л,  $FeSO_4 \geq 10$  г/л,  $NiSO_4 \approx 10$  г/л,  $CuSO_4 = 40-50$  г/л отриманий зі стадії рафінування міді на виробництві ТОВ «Запорізький завод кольорових металів». Розчин змішували у співвідношенні 1:1 з водопровідною водою та нейтралізували лугом до рН=2. У якості хелатуючого агента була обрана оксиетилендифосфонова кислота (ОЕДФ), яка має більш комплексуючу здібність до мікроелементів ніж інші хелатуючі агенти.

Виготовлення РКХД проводили за методикою, яка забезпечує поступове додавання у основний розчин розрахованої кількості солей металів:  $Zn(O_2CCH_3)_2$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $(NH_4)_2MoO_4$ ,  $MnSO_4 \cdot 5H_2O$  у відповідній послідовності, відповідних рН і температурі. Оксietenдифосфоновна кислота (ОЕДФ) додавалась у стехіометричній кількості до хелатуючих мікроелементів. Концентрації речовин у добриві підбрані з урахуванням їх кількості у відпрацьованому електролітичному розчині та оптимально збалансовані за кількістю поживних речовин і мікроелементів, необхідних для нормального розвитку зернових культур (табл.1).

Таблиця 1 – Склад рідкого концентрованого хелатного добрива на основі ОЕДФ

Елемент	Кількість елемента, г/л	Елемент	Кількість елемента, г/л
$P_2O_5$	50,00	$B^{3+}$	5,00
$K_2O$	80,00	$Co^{2+}$	0,10
$(MoO_4)^{2-}$	0,15	$Ni^{2+}$	1,89
$Zn^{2+}$	15,00	$S^{2-}$	38,76
$Mn^{2+}$	10,00	$Fe^{2+}$	1,84
$Cu^{2+}$	7,96		

Висновки:

1. Виготовлення добрив на основі відпрацьованого електролітичного розчину дозволяє утилізувати значні кількості електроліту, зменшити витрати на похідні речовини, зменшити антропогенне навантаження на навколишнє середовище.

2. Розроблена технологія поступового додавання похідних солей до електроліту забезпечує отримання концентрованого, рідкого, прозорого добрива.

3. Отримане добриво – концентрований прозорий розчин темного синє-зеленого кольору, не містить зважених частинок з рН =7,9-8,2, стійке на протязі 30 діб.

## УТИЛІЗАЦІЯ ШЛАМІВ ВАПНУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВОДОПІДГОТОВЧИХ УСТАНОВОК

Канарова К. І., Кузенна А. О., Корчуганова О. М.

---

*Східно Національний Університет ім. Володимира Даля, Сєвєродонецьк, Україна*

---

На території міст Сєвєродонецька та Лисичанська Луганської обл. розміщені декілька великих промислових підприємств – потужних водоспоживачів, які обладнані дуже схожими схемами водо підготовки. Найбільшими з них є Сєвєродонецьке об'єднання «Азот» та Лисичанський нафтопереробний завод «ЛІНИК».

Традиційний та найдешевший зі способів зниження карбонатної жорсткості води вважається обробка її розчином кальцій гідроксиду  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , так зване вапнування. В результаті процесу утворюється осад – шлам вапнування. Осади, розміщені в накопичувачах утворювалися багато років, понад 30 років кожен. Шламонакопичувачі потребують вивільнення.

Надходження фільтрату у незахищені водоносні горизонти чинить небезпеку геологічному середовищу. Осади, які утворилися протягом всього часу експлуатації складаються з продуктів пом'якшення води та продуктів коагуляції –  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  та органічних складових. Розчинні органічні сполуки, зазвичай присутні у воді це гумінові та фульвокислоти. Фульвокислоти це похідні гумінових кислот, розчинні в лугах та кислотах, вони краще розчинні в воді. Хімічний склад фульвокислот можна записати брутто-формулою  $\text{C}_{14}\text{H}_{19}\text{O}_{12}\text{N}$ . На водо підготовчих станціях в процесі коагуляції в лужному середовищі ( $\text{pH} > 10$ ) фульвокислоти осаджуються.

Для проведення експериментів з розчинення відходів використовували нітратну кислоту 30% (мас.) концентрації. Після закінчення внесення всього відходу розчин витримували 2 години за кімнатної температури для повнішого завершення процесу розчинення, потім нагрівали до 60-90°C для видалення з розчину залишкового карбон (IV) оксиду. Після охолодження розчин відфільтровували та проводили хімічний аналіз на вміст кальцію та заліза. Органічну складову аналізували як органічний вуглець методом, заснованим на окисненні органічного вуглецю біхроматом калію. Середній вміст карбону у фульвокислотах 41-51% [1]. За результатами аналізів вміст органічної складової в одержаному розчині 0,636 г/л.

Проблема переробки шламів вапнування буде пов'язана з очисткою розчину від домішок заліза та органічної складової.

---

### Література:

1. Richard J. Cooper Humic Substances and Their Potential for Improving Turfgrass Growth – TurfGrass Trends. June 1999. – 9-13 p.

**ХІМІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВОДИ**

**ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ**

**CHEMISTRY AND WATER  
TECHNOLOGY**

**WATER PURIFICATION BY OZONATION METHOD**

Trishch V. R., Beznosyk Y. O.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic institute»  
Kyiv, Ukraine*

Water purification is one of the most acute and main problems of the present time. The amount of polluted water increases constantly. Today, even the water that is used for water supply cannot display its quality. Approximately 90% of water resources that are used need the permanent cleaning, because the sources of fresh water are unable to provide the requirements of the Earth's population in general, and also the interests of landowners and cities in particular.

Ozonation and chlorination are really practical methods that disinfect water and have been tested on existing water treatment facilities. The method of chlorination became the most widespread of them. An alternative is ozonation, so as ozone is a very strong oxidant that destroys viruses and bacteria, and also destroys the chlorinated hydrocarbons that appear in the process of chlorinating.

In Table 1, a part of the equations (of 39) of the decay of ozone in the aqueous medium is given [1, pg.4].)

Table 1 – Part of the kinetic scheme for the decomposition of ozone in an aqueous medium

Reaction	Constant speed
$O_3 \leftrightarrow O + O_2$	$k_{direct} = 1.0 \cdot 10^{-6} s^{-1}$ , $k_{reverse} = 1.0 \cdot 10^9 M^{-1} s^{-1}$
$O_3 + OH^- \rightarrow HO_2^- + O_2$	$k = (1.2 \div 1.4) \cdot 10^2 M^{-1} s^{-1}$
$O_3 + H_2O_2 \rightarrow OH + HO_2 + O_2$	$k = 6.5 \cdot 10^{-3} M^{-1} s^{-1}$
$O_3 + HO_2^- \rightarrow O_3^- + HO_2$	$k = 2.8 \cdot 10^6 M^{-1} s^{-1}$

As a simulation program for displaying the investigated process, a program module was developed in the C++ environment, and Euler's method was chosen to calculate the mathematical description of the process.

**CONCLUSION**

Ozonation of water is one of the best alternatives of water chlorination due to the destruction of chlorinated hydrocarbons. The kinetic scheme of the process of decomposition of ozone in a water environment was made and calculated. According to the calculated values of the kinetic scheme, the graphs of decay of ozone in a water environment are constructed.

## **ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

**Мороз В. В., Громико А. В., Столяренко Г. С.**

*Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна*

---

Технологія очищення стічних вод в Україні протягом останніх років не зазнає істотних змін. Результатом цього є значне забруднення природних водойм, у які здійснюються скиди стічних вод. Так, вода річки Дніпро значно відрізняється за гідрохімічними показниками у різних її частинах, і за якістю вода класифікується від чистої на окремих малочисельних ділянках до надзвичайно брудної. Це обумовлено тим, що існує багато неконтрольованих стоків, а строк експлуатації очисних споруд часто перевищує 50 років.

В основі процесів очищення стоків є біохімічні процеси. Покращення біологічного очищення стічних вод спостерігається з підвищенням концентрації активного мулу в аеротенку, так як знижується питоме навантаження на активний мул. Збільшення концентрації мулу призводить до покращення його метаболічних властивостей та підвищенню окислювальної потужності аеротенку. Підвищення дози мулу в аераційній споруді можна досягти при використанні нейтральних носіїв для утворення на них фіксованої мікрофлори. При використанні додаткового іммобілізованого мулу, розміщеного на носіях, очищення води здійснюється наступними двома групами ценозів: активного зваженого мулу та мулу біоплівки, прикріпленого до носіїв.

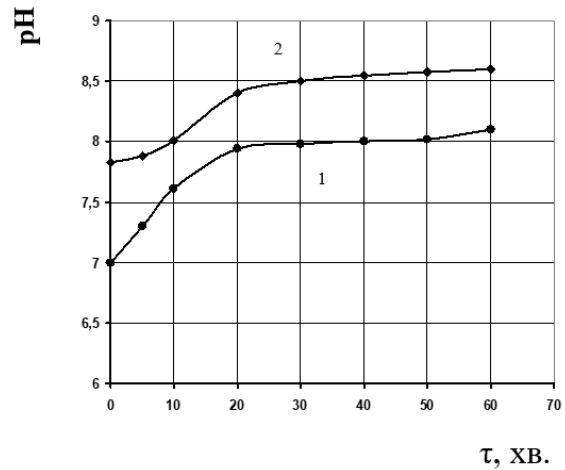
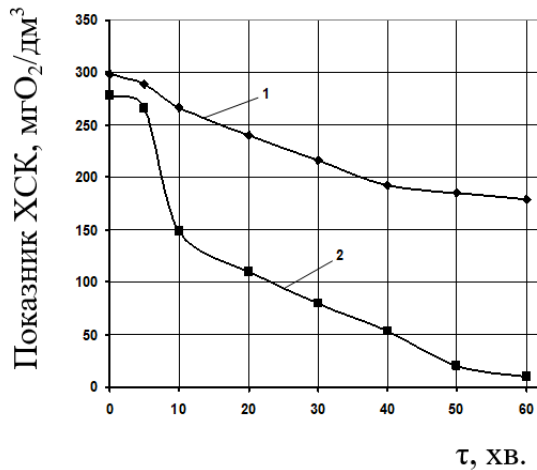
Для проведення досліджень було створено модельну установку аеробного біологічного очищення стічних вод. Установка представляє собою модель одноступеневого аеротенка-змішувача, що працює при безперервній аерації в стаціонарному режимі, з вторинним відстійником.

Досліди проводилися за умов сталої температури – 20°C. Поживним середовищем слугувала стічна вода з очисних споруд м. Черкаси. Перша частина досліджень проводилася в стандартних умовах роботи промислових аеротенків біоценозами активного мулу, що знаходився в підвішеному стані. Друга частина досліджень проводилася в умовах очистки стічної води як біоценозами активного мулу, що знаходився в підвішеному стані, так і біоплівкою, прикріпленою до носіїв.

В якості носія біоплівки активного мулу було використано шматки упаковки із біологічної пластмаси, що мали правильну форму з розвиненою поверхнею.

Ефективність процесу біологічної очистки контролювалася за зміною у стічній і очищеній воді наступних показників: хімічне споживання кисню (ХСК), водневий показник (рН).

Результати отримані під час проведення експериментів представлено у вигляді графічних залежностей на рисунках 1 та 2.



1 – без використання носіїв біоплівки;  
2 – з використанням носіїв біоплівки.

Рисунок 1 – Графічні залежності зміни показника ХСК розчину стічної води в процесі біологічного очищення в аеротенку.

1 – без використання носіїв;  
2 – з використанням носіїв.

Рисунок 2 – Графічні залежності зміни рН розчину стічної води в процесі біологічного очищення в аеротенку.

Характер зміни ХСК, представлений кривими 1 та 2 на рисунку 1 наглядно демонструє прискорення біохімічних процесів окислення за умови використання носіїв біоплівки. За один і той же проміжок часу ступінь очищення стічних вод зростає після 5 до 60 хвилин проходження процесу на 44-94%.

На рисунку 2 представлено динаміку зміни в часі рН розчину стічної води в процесі біологічного очищення в аеротенку.

З рисунка видно, що рН розчину стічної води з часом проходження процесу біохімічного розкладання забруднювачів зростає. Така зміна свідчить про початок процесу біологічного розкладання органічних сполук. За перших 20 хвилин суттєвої різниці в зміні рН для різних умов проведення процесу в аеротенку не спостерігається. В подальшому спостерігається більш різке зростання величини рН для умов використання носіїв біоплівки в аеротенку. Це свідчить про більшу величину швидкості окисних процесів в аеротенку з використанням носіїв біоплівки.

Використання носіїв біологічної плівки в аеротенку дозволить скоротити час очищення стічних вод і прийняти більшу кількість стічної води не змінюючи його конструкцію.

## **ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ КОБАЛЬТУ ОРГАНОМОДИФІКОВАНИМ МОНТМОРИЛОНІТОМ**

Омел'яненко К. С., Пилипенко І. В.

---

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

Важкі метали є одними з найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища та несуть пряму загрозу здоров'ю населення. Серед них, найбільш часто, зустрічаються такі метали, як Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn та Hg. Присутність важких металів у підземних водах також може становити значну загрозу для здоров'я людини та екологічних систем. В літературі можна знайти різні методи щодо рекультивації ґрунтів та очищення води, забруднених важкими металами. Для вилучення різних форм важких металів адсорбційними методами використання глинистих мінералів широко вивчено через їхню високу питому поверхню, ємність катіонного обміну та адсорбційну здатність.

Модифікування глинистих мінералів реагентами, які містять метал-хелатуючі функціональні групи, є одним з напрямків покращення сорбційних властивостей. Літературні дані показують, що присутність певних функціональних груп (-COOH, -SH) у катіонів алкіламонію підвищує селективність одержуваних на їх основі органоглин. Однією з таких сполук є L-карнітин – природна сполука близька до вітамінів групи B. На відміну від синтетичних сполук алкіламонію, використання карнітину для синтезу дає можливість одержувати органогли, які мають низьку токсичність.

Метою роботи був синтез органоментморилоніту на основі L-карнітину та вивчення його адсорбційних властивостей щодо вилучення кобальту II з водних розчинів.

Для синтезу органоментморилоніту відповідну кількість L-карнітину, що відповідає 50, 100 або 150% катіонної обмінної ємності, розчиняли в 50 мл 1 мМ HNO<sub>3</sub> та додавали до 1 г монтморилоніту. Для забезпечення протонування біомолекул використовували кислотні умови, що сприяло реакції обміну. Суспензії струшували протягом 24 годин, центрифугували, тричі промивали дистильованою водою та висушували.

Із аналізу ізотерм сорбції кобальту показано, що синтезовані зразки органоментморилоніту мають дещо вищі величини сорбційної ємності, що підтверджується відповідними величинами граничної адсорбції (до 400 мкмоль/г). При цьому, синтезовані зразки більш селективно вилучають іони кобальту за рахунок утворення комплексних сполук кобальт-карнітин за участю карбоксильної та гідроксильної груп. Встановлено, що зразки модифікованих монтморилонітів мають більші в 3÷4 рази величини констант адсорбційної рівноваги (за Ленгмюром), ніж вихідний монтморилоніт.



## ВИЛУЧЕННЯ ЙОДИД-ІОНУ АДСОРБЦІЙНИМ МЕТОДОМ

Ткачук О. О., Руденко В. Г., Іваненко І. М.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Актуальність проблеми видалення йоду із стічних вод полягає в тому, що йод часто потрапляє у води з очисних споруд, включаючи радіоактивні ізотопи. Також радіоактивний йод є поширеним побічним продуктом ядерного розщеплення і забруднювачем при ядерних катастрофах. Іони радіоактивного йоду мають особливу небезпеку. В Україні радіоактивний йод у стічних водах все ще представляє високу екологічну небезпеку.

Метою даної роботи був підбір ефективного адсорбенту для поглинання йонів йоду з водних розчинів шляхом порівняння адсорбційної здатності різних видів вугілля по відношенню до аніону йоду.

Для дослідження було обрано активне вугілля марки Filtrasorb 400 виробництва Calgon Carbon Corp (F400), яке було окиснене концентрованою нітратною кислотою (F400<sub>ок</sub>), модифіковане нітратом срібла (F400<sub>мод</sub>), а також окиснене вугілля додатково модифіковане нітратом срібла (F400<sub>ок+мод</sub>).

Дослідження адсорбційної активності проводили статичним методом і використовували 0,1 М вихідний розчин йодиду калію, до 100 см<sup>3</sup> якого додавали 1 г досліджуваних вугільних зразків. Початкову та поточну концентрації йодид-іонів встановлювали титруванням методом Фольгарда. За отриманими експериментальними даними розраховували питому адсорбцію (Г, ммоль/г) та ступінь адсорбції (X, %). Результати цього дослідження представлені на рисунку 1.

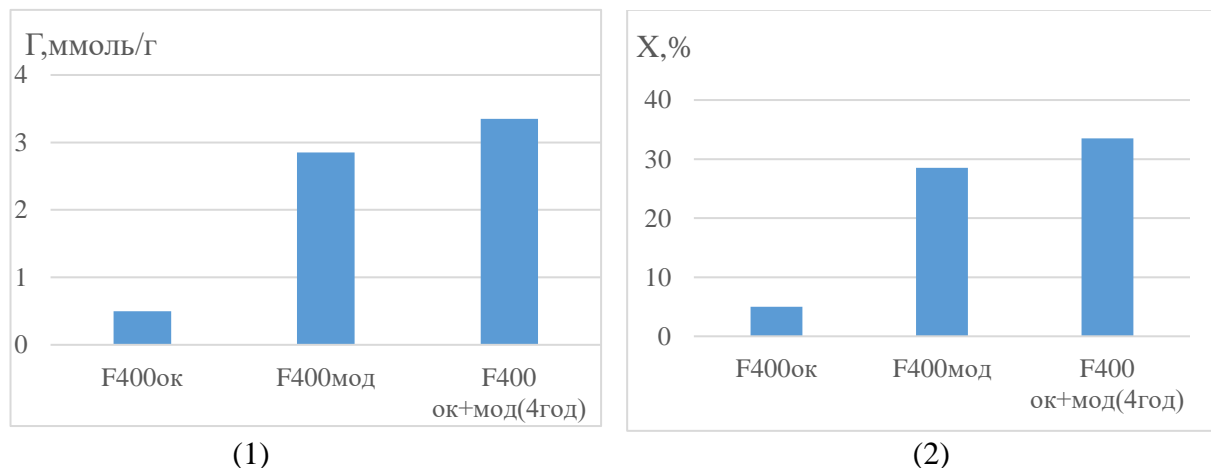


Рисунок 1 – Питома адсорбція (1) та ступінь адсорбції (2) йодид-йонів дослідженими зразками активного вугілля.

Як видно з рисунку, найбільшу ефективність проявляє зразок окисненого і модифікованого нітратом срібла активного вугілля, для якого ступінь адсорбційного вилучення Г становив 33,5%. Величина його питомої адсорбції становила 3,35 ммоль/г.

Отже, модифікація поверхні продукційного активного вугілля сприяє значному збільшенню його адсорбційної здатності по відношенню до йодид-іонів. Дане дослідження передбачає подальше отримання нових високо ефективних зразків модифікованого активного вугілля з підвищеною адсорбційною активністю до радіоактивного аніону йоду.

## ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ КАНАЛА-ВОДОСЛИВА С ШИРОКИМ ПОРОГОМ И ПАРАБОЛИЧЕСКИМИ СТЕНКАМИ

Сувак Е., Шарагов И., Плешка П., Чобану Н.

Технический университет Молдовы, Кишинев, Молдова

В настоящей работе представлены теоретические и экспериментальные исследования канала-водослива с широким порогом и боковыми стенками, профилированными по круговому прямому параболоиду. Регулирование и управление работой очистной станции требует измерения и контроля расхода сточных вод. Для этих вод нецелесообразно использовать тонкостенные водосливы, потому что перед ними возможно отложение твердых частиц. Чтобы этого избежать, используются каналы с вертикальными сужениями типа Вентури, Паршаля, Де Марши, которые можно рассматривать как водосливы без порога. Для этих каналов-водосливов зависимость расхода  $Q$  от глубины  $h$  является экспоненциальной функцией (рис.1):

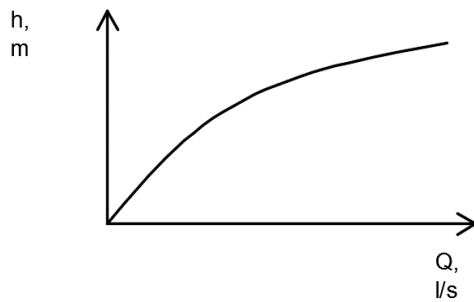
$$Q \sim \sqrt{h} \quad (1)$$


Рисунок 1 – Зависимость расхода от глубины для каналов Вентури, Паршаля, Де Марши

полупараболоидов (рис.2, рис.3).

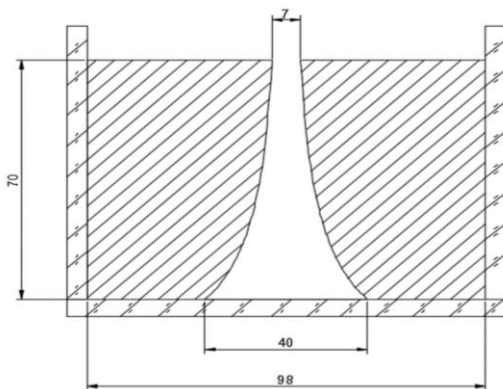


Рисунок 2 – Меридиональное сечение модели канала-водослива в мм.



Рисунок 3 – Съемка модели канала-водослива с параболическими стенками

Математическими методами было выведено уравнение образующей этих стенок. Боковые стенки канала-водослива были выполнены по параболе второй степени по формуле:  $y = x^2/2$  (2).

Координаты этой параболы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Координаты боковых стенок канала-водослива

$x, \text{mm}$	0	1	2	3	4	5	6
$y, \text{mm}$	0	0,5	2	4,5	8	12,5	18

Результаты измерений и расчеты канала-водослива даны в табл.2. По этим данным был построен график зависимости расхода от глубины воды в канале-водосливе (рис. 4), и эта зависимость является линейной.

Таблица 2 – Параметры измерений и расчеты канала-водослива с параболоидными криволинейными стенками

№ опыта	Объем, $V, \text{m}^3 \cdot 10^{-3}$	Глубина, $h, \text{m}$	Время, $t, \text{сек}$	Расход, $Q, \text{m}^3/\text{сек}$
1	10	0,013	138,00	0,072
2	10	0,020	68,00	0,147
3	10	0,021	65,00	0,154
4	10	0,025	48,00	0,201
5	10	0,026	45,00	0,220
6	10	0,030	39,36	0,254
7	10	0,032	33,00	0,301
8	10	0,035	29,56	0,340
9	10	0,036	29,00	0,345

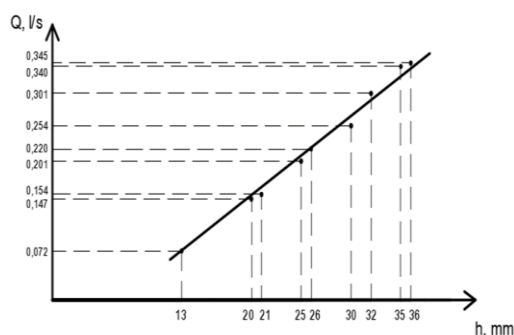


Рисунок 4 – Зависимость расхода от глубины воды в канале-водосливе.

$i$  – гидравлический уклон.

**Заключение:** Предложенный канал-водослив может обеспечить линейную зависимость расхода потока в канале от глубины и высокую точность измерений. Он может использоваться в системах автоматизации водохозяйственных процессов.

#### Литература:

1. Stoianovici Șerban, Robescu Dan. Procedee și echipamente mecanice pentru tratarea și epurarea apei. Editura tehnica. București. 1982.
2. Mateescu Cristea. Hidraulica. Editura de stat didactică și pedagogică. București. 1961.
3. Я. Вильнер, Я. Ковалев. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Минск, 1985.

## КАВІТАЦІЙНИЙ ВПЛИВ ГАЗІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА ШВИДКІСТЬ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ЖИРКОМБІНАТУ

Вашкурак У. Ю., Шевчук Л. І.

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

Одними з основних продуктів ВП «Львівський жиркомбінат» ТОВ «Щедро» є маргарин, кетчуп та майонез. Виробництво цих продуктів супроводжується великою кількістю стічних вод. Склад таких стічних вод є подібним, оскільки всі три продукти належать до олійно-жирової промисловості. Проте, основний тип забруднювача відрізняється, і залежить від сировини, складу кінцевого продукту та технології виробництва. Серед традиційних методів водоочищення, на даний час, немає одного методу, який би можна було ефективно застосовувати для очищення стічних вод всіх трьох цехів. Навіть, при застосуванні різних методів водоочищення для кожного цеху, не вдається досягнути достатнього рівня очищення, для скидання або повторного використання відпрацьованих стічних вод. Тому, пошук і впровадження нових методів водоочищення є необхідним. До таких методів можна віднести ультразвук (УЗ). УЗ хвилі руйнують органічні забруднення, які містяться у стічних водах. Паралельне барботування газу певної природи підсилює дію кавітації і дозволяє досягнути глибшого очищення стічних вод.

Як видно з таблиці 1, дія самих газів є недостатньо ефективною. Тому доцільним є дослідження сумісної дії газу з УЗ на органічні забруднення у стічних водах. Найкращого очисного ефекту досягнуто для стічних вод виробництва майонезу, при спільній дії уз з повітрям, ефективна константа швидкості становить  $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ . Посередній результат одержано для стічних вод виробництва кетчупу, ефективна константа швидкості  $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ , в атмосфері кисню з УЗ. Найнижчого результату досягнуто для стічних вод виробництва маргарину, при сумісній дії кисню з УЗ, ефективна константа швидкості становить  $0,9 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ .

Таблиця 1 – Ефективні константи швидкості процесу очищення стічних вод жиркомбінату, де 1 – стічні води виробництва кетчупу, 2 – стічні води виробництва маргарину, 3 – стічні води виробництва майонезу.

	$k \cdot 10^4, \text{ с}^{-1}$		$k \cdot 10^4, \text{ с}^{-1}$		$k \cdot 10^4, \text{ с}^{-1}$	
	1		2		3	
	без УЗ	з УЗ	без УЗ	з УЗ	без УЗ	з УЗ
N <sub>2</sub>	–	1,0	0,2	0,6	0,2	0,75
O <sub>2</sub>	0,2	1,2	0,5	0,9	0,6	0,8
N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	0,7	0,8	0,4	0,7	0,1	0,74
Пов.	0,6	0,9	0,3	0,6	0,76	1,5

При застосуванні кавітації в поєднанні з газами різної природи, досягнуто значного зниження вмісту органічних забруднювачів у всіх трьох типах стічних вод. Сумісна дія кисню з УЗ та повітря з УЗ для руйнування органічних речовин стічних водах різного хімічного складу, дозволила збільшити очисний ефект у 1,8-6 разів, порівняно з дією самих газів.

## **КОНЦЕПЦІЯ КОМБІНОВАНОЇ КАВІТАЦІЙНО-АДСОРБЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД БАРВНИКІВ**

**Сухацький Ю. В.**

---

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

---

Стічні води підприємств легкої (насамперед, текстильні) та хімічної промисловості містять значну кількість неорганічних та органічних сполук. Так, крохмаль, загущувачі, глауберова сіль, ПАР можуть надходити у стічні води в кількості до 90% від їх початкового вмісту в розчині, який подають на оброблення, натрію гідроксид – до 50%, калію дихромат – до 25%, сульфідні барвники – до 30%, дисперсні та катіонні барвники – до 40%, прямі й активні барвники – до 10-25%, кислотні та кубові барвники – до 5-10%. З наведеного вище видно, що основну групу органічних забруднювачів становлять барвники. Тому на сьогодні пошук нових методів і розроблення нових технологій очищення стічних вод від барвників є актуальним науковим завданням.

Традиційно для очищення стічних вод від барвників використовують реагентні, сепараційні та деструктивні методи. Основними недоліками реагентних і сепараційних методів є невисокий ступінь очищення, необхідність підбору реагентів, утворення значної кількості осадів, які потрібно зневоднювати, складність апаратурного оформлення і висока собівартість очищення. Суть деструктивних методів полягає у глибоких перетвореннях органічних молекул внаслідок окисно-відновних процесів, що призводить до мінералізації органічних речовин з утворенням  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . Поширеним деструктивним методом очищення стічних вод від барвників є їх глибоке окиснення озоном. Крім озонування, активно застосовують методи окиснення, що ґрунтуються на диспропорціонуванні гідрогену пероксиду (фотоліз  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; розклад  $\text{H}_2\text{O}_2$  під дією йонів  $\text{Fe}^{2+}$  – реактив Фентона) з утворенням високореакційноздатних гідроксильних радикалів.

Процеси каталітичного розкладу  $\text{H}_2\text{O}_2$  суттєво інтенсифікуються у кавітаційних полях, де молекули  $\text{H}_2\text{O}$  виконують роль додаткового джерела гідроксильних радикалів. Здійснення реагентного окиснення (реактив Фентона та його аналоги) барвників у кавітаційних полях забезпечує високий ступінь перетворення органічних сполук і не супроводжується утворенням осадів.

Для доочищення стічних вод від залишкових кількостей барвників запропоновано використовувати сорбенти (цеоліт, бентонітові глини тощо). Поєднання стадій реагентного окиснення у кавітаційних полях та адсорбції забезпечує глибоке очищення стічних вод від барвників. Крім того, кавітаційні явища, генеровані ультразвуковими апаратами (так званий “м’який режим оброблення”), значно збільшують сорбційну ємність природних матеріалів, що підвищує ступінь вилучення барвників.

## НАНОКОМПОЗИЦІЙНІ СОРБЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Алексик А. І., Донцова Т. А.

*НТУУ «Київський Політехнічний Інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Велика кількість шкідливих речовин потрапляють в водойми разом зі стічною водою і погіршує її санітарний стан. Тому питання глибокого очищення побутових та промислових стічних вод є актуальним. Для очищення води за допомогою адсорбції дедалі частіше використовуються не вуглецеві сорбенти природного та штучного походження. Використання цих сорбентів обумовлено їх відносно високою адсорбційною ємністю, селективністю, властивостей обміну катіон деяких з них, відносно низької вартості й доступності. Найважливіші представники природних сорбентів є глинисті матеріали та цеоліти. Тому перспективним є створення складних сорбентів на основі таких дешевих матеріалів, серед яких глинисті матеріали є найбільш перспективними [1].

Мета роботи полягала у створенні композитів на основі сапонітової глини з мікророзмірним та нанорозмірним  $\text{MoS}_2$  і порівняти їх адсорбційні властивості по відношенню метилового синього.

Синтез композитів (мікрокомпозит і наноккомпозит), а також дослідження їх сорбційних властивостей було проведено згідно з [1]. Концентрації метилового синього становили 10, 50, 100 та 500  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Отримані результати приведені на Рис 1.

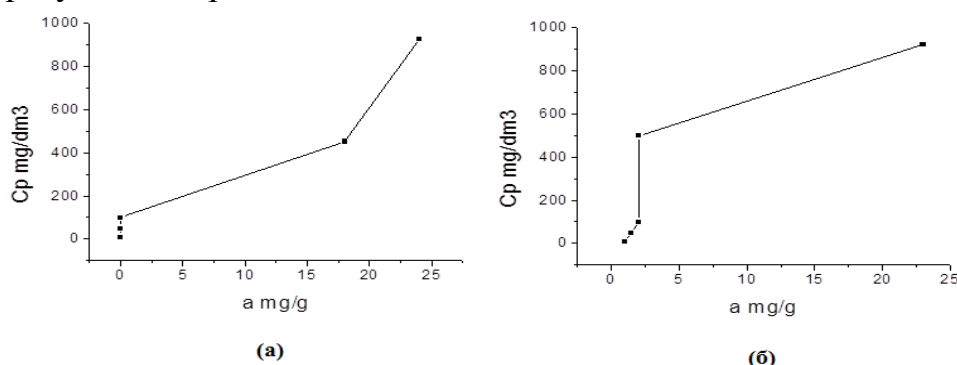


Рисунок 1 – Адсорбційні ізотерми метилового синього на: (а) – Мікрокомпозиту; (б) – Наноккомпозиту.

Як видно з рисунку 1, сорбційні ємності обох композитів мають високі значення, що робить перспективними обидва композити. В подальшому необхідно біль детально дослідити їх сорбційну активність по відношенню до інших поллютантів.

### Література:

1. Makarchuk O. V., Dontsova T. A., Astrelin I. M. Magnetic nanocomposites as efficient sorption materials for removing dyes from aqueous solutions // *Nanoscale Research Letters*. – 2016. – V. 11(161). – P. 1-7.

## **НОВІТНИЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ АДСОРБЦІЙНОГО ВИЛУЧЕННЯ ФЕНОЛУ З ВОДИ**

**Якимечко М. М., Курпіта А. В., Іваненко І. М.**

*НТУУ «Київський Політехнічний Інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

Очищення поверхневих і стічних вод стає все більш актуальною проблемою при розвитку промислового виробництва. Одним з високотоксичних забруднювачів, що потрапляють у водойми і водотоки зі стічними водами хімічних і нафтохімічних підприємств, є фенол ( $\text{ГДК} = 0,001 \text{ мг/дм}^3$ ). Скидання фенол-вмісних вод у водойми і водотоки різко погіршує їх загальний санітарний стан, негативно впливаючи на живі організми. Процеси самоочищення водойм від фенолу протікають повільно, навіть за малих його концентрацій. Серед відомих методів очищення стічних вод від фенолу найефективнішим є адсорбційна очистка з використанням активованого вугілля. Сорбційний метод допомагає досягти високого ступеня очищення і застосовується у всіх діапазонах вихідних концентрацій фенолу в стічних водах. Зменшення концентрації шкідливих речовин в стічних водах можна досягнути шляхом підвищення адсорбційної ємності матеріалів.

Метою представленої роботи був синтез композиту на основі оксиду цинку і активованого вугілля та дослідження його адсорбційної здатності по відношенню до фенолу.

Для синтезу композиту на основі оксиду цинку і активованого вугілля ( $\text{ZnO/AB}$ ) 2,196 г (0,01 моль) ацетату цинку розчиняли в 60 см<sup>3</sup> етилового спирту і перемішували при 60°C протягом 30 хвилин для отримання розчину А. Розчин Б отримували розчиненням 2,520 г (0,02 моль) дигідрату щавлевої кислоти у 80 см<sup>3</sup> етилового спирту і перемішували при 50°C протягом 30 хвилин. Розчин В додавали до теплого розчину А по краплях, а потім поступово додавали 10 г активованого вугілля, безперервно перемішуючи суміш протягом години. Отриманий білий золь з активованим вугіллям витримували протягом доби, висушували за температури 80°C протягом 10 годин та прожарювали за температури 400°C [1,2].

Адсорбційні дослідження проводили з використанням модельних розчинів фенолу вихідної концентрації 3, 4, 5, 10, 15 та 20 ммоль/дм<sup>3</sup>, яку визначали бромід-броматним методом, відбираючи проби через 60, 120 хвилин та після 6 годин адсорбції. Ступінь вилучення ( $a$ , %) розраховували за формулою:  $a = ((c_0 - c_p) / c_0) \cdot 100$ . Питому адсорбцію ( $\Gamma$ , ммоль/г) визначали розраховували за формулою:  $\Gamma = ((c_0 - c_p) \cdot V_{\text{фен}}) / m$ .

Результати цих досліджень представлені у вигляді гістограм залежності ступеня адсорбційного вилучення та питомої адсорбції фенолу від його вихідної концентрації за різної тривалості адсорбції на рисунку 1.



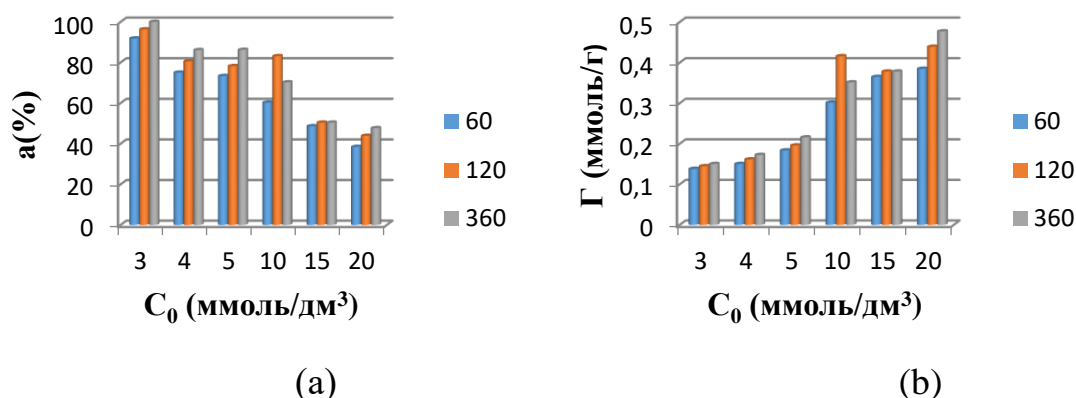


Рисунок 1 – Ступінь адсорбційного вилучення (а) та питома адсорбція (б) фенолу в залежності від його вихідної концентрації за різної тривалості процесу.

Як видно на рисунку 1а, ступінь адсорбційного вилучення фенолу зростає при збільшенні тривалості контакту синтезованого композиту з дослідженими розчинами фенолу і зменшується при збільшенні їх вихідної концентрації. Рисунок 1б ілюструє як сильно залежать від вихідної концентрації та тривалості процесу значення питомої адсорбції: вони сягають максимуму (~0,48 ммоль/г) після 6 годин контакту при вихідній концентрації 20 ммоль/дм<sup>3</sup>; за вихідної концентрації 3 ммоль/дм<sup>3</sup> досягаються її найменші значення (~0,15 ммоль/г).

Таким чином, представлені експериментальні дані свідчать про достатньо високу адсорбційну здатність синтезованого композиту на основі оксиду (II) цинку і активованого вугілля, а також про перспективність його застосування при очищенні стічних вод від фенолу.

#### Література:

1. Якимечко М.М., Курпіта А.В., Іваненко І.М. Адсорбційне вилучення фенолу / IV Міжнародна науково-практична конференція «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», 14-16 листопада 2018 р., м. Шостка. – С. 111-112.
2. Якимечко М.М., Курпіта А.В., Іваненко І.М. Synthesis of tin oxide – active carbon nanocomposites / 1 Международная научно-практическая конференция «элементы, приборы и системы электронной техники (elements, devices and systems of electronic technique)» (EDSET-2018), 14-16 ноября 2018, Запорожье, Украина. – С. 36-37.

## **ОЧИЩЕННЯ ВОД ВІД ІОНІВ $\text{Cd}^{2+}$ КОМПОЗИЦІЙНИМ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВІ ПЕРЛІТОВОГО ПОРОШКУ**

Хоруженко О. Є.<sup>1</sup>, Тобілко В. Ю.<sup>1</sup>, Ковальчук І. А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України, Київ, Україна

---

Однією з найважливіших задач захисту водного басейну від забруднення неорганічними токсикантами є очищення вод від іонів важких металів, наприклад кадмію.

Джерелами надходження іонів кадмію у поверхневі та підземні води є процеси вилуговування із поліметалічних руд та забруднення, спричинене потраплянням недостатньо очищених стічних вод рудозбагачувальних фабрик, гальванічних цехів, виробництв пергаментного паперу, мінеральних фарб, штучного волокна, металокераміки.

Кадмій – один із найбільш токсичних забруднювачів природного середовища, має чітко визначену тенденцію до накопичення в організмі людини, зокрема в нирках і печінці. У зв'язку з цим ГДК кадмію у об'єктах господарсько-питного водокористування складає 0,001 мг/л.

Для видалення іонів важких металів з природних вод застосують хімічне осадження, мембранну фільтрацію, іонний обмін, сорбцію з використанням як природних, так і синтетичних матеріалів. Саме з використанням сорбційних методів можна досягти ступенів очищення вод на рівні ГДК і нижче.

Перспективними для видалення іонів важких металів із вод є сорбційні матеріали, які містять нанорозмірне нульвалентне залізо (n-ZVI). Однією з переваг його застосування у водоочисних технологіях є висока питома поверхня та здатність видаляти іони важких металів з водних розчинів за рахунок складного сорбційно-відновного механізму. Складність використання n-ZVI в сорбційних процесах полягає в схильності останнього до агрегації частинок та низька стійкість до окислення. Для вирішення цієї проблеми запропоновано нанесення нанорозмірного заліза на тверду матрицю (смоли, полімери, різноманітні неорганічні матеріали), що зменшує схильність частинок до агрегації та підвищує стійкість до окислення.

Перспективним носієм для іммобілізації n-ZVI є термічно і механічно оброблений перлітовий порошок (перліт), який представляє собою поруватий матеріал з високою питомою поверхнею.

Метою даної роботи було одержання реакційноздатного сорбційного композиційного матеріалу на основі перлітового порошку та вивчення його сорбційної здатності по відношенню до іонів кадмію.

Для отримання сорбенту готували водну суспензію перліту, вносили в неї певний об'єм розчину хлориду заліза(III) та проводили відновлення іонів  $\text{Fe}^{3+}$  до  $\text{Fe}^0$  борогідридом натрію у кислому середовищі. Масове співвідношення заліза до перлітового порошку становило 0,1:1.

Для визначення оптимальних умов вилучення іонів  $\text{Cd}^{2+}$  із модельних розчинів синтезованим матеріалом було вивчено вплив рН на величину сорбції та часу контакту твердої та рідкої фаз для встановлення сорбційної рівноваги в системі. Встановлено, що ступінь вилучення кадмію не залежить від величини рН в широкому діапазоні, а стан рівноваги досягається за 30 хвилин. Для визначення сорбційної здатності одержаного матеріалу щодо іонів кадмію було побудовано ізотерми сорбції при  $\text{pH} = 7$ . Одержані результати вказують на те, що отриманий сорбент проявляє високу сорбційну здатність до іонів кадмію. Так, максимальна величина сорбції досягає 8 мг/г, що значно перевищує таку для перлітового порошку, яка складає 0,2 мг/г.

Таким чином, композиційний матеріал на основі перлітового порошку з нанесеним шаром нанорозмірного нульвалентного заліза проявляє високу сорбційну здатність до іонів кадмію в широкому діапазоні вихідних концентрацій, а використання перліту в якості неорганічного носія підвищує стійкість одержаного сорбенту до окислення.

## ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ТЕКСТИЛЬНО-ФАРБУВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРИРОДНИМИ СОРБЕНТАМИ

Коваль М. Г., Кузьменко В. Г.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Проблематика очищення промислових стічних вод текстильно-фарбувального виробництва, їх знебарвлення та знезараження є досить актуальною [1, 2]. Одним із найбільш ефективних, економічних, доступних та простих методів очищення стічних вод є сорбційний метод.

Метою роботи було експериментальне дослідження адсорбційних властивостей бентонітових та цеолітових глин в промислових стічних водах текстильно-фарбувального виробництва та визначення можливості їх практичного використання.

У роботі використовувалися бентонітові глини Дашуківського родовища (Черкаська обл.), які за хімічним складом належать до сульфатно-гідрокарбонатного магнієво-кальцієвого-натрієвого типу з мінералізацією 0,26 г/дм<sup>3</sup>, мають рН в межах 7,3, вологість 57%, напругу зсуву 821,59 Па. Цеоліти (сокирніти) Сокирницького родовища Закарпатської обл. належать до мінералів з групи водних алюмосилікатів лужних та лужноземельних елементів загальною формулою  $M_{x/n}[Al_2O_3]_x(SiO_2)_y \cdot nH_2O$ . Пориста структура обох мінералів містить активні обмінні центри і зумовлює унікальні адсорбційні, катіонообмінні та каталітичні властивості.

Очищенню підлягали стічні води текстильно-фарбувальної промисловості ПрАТ «Черкаський Шовковий Комбінат» (м. Черкаси).

Так як колір барвника є наслідком його взаємодії зі світлом, то оцінку кольору стічної води (до та після очищення) здійснювали спектрофотометричним методом, використовуючи спектрофотометр UV-5800PC.

Результати дослідження очищення стічної води природними сорбентами представлені на рисунках 1 та 2.

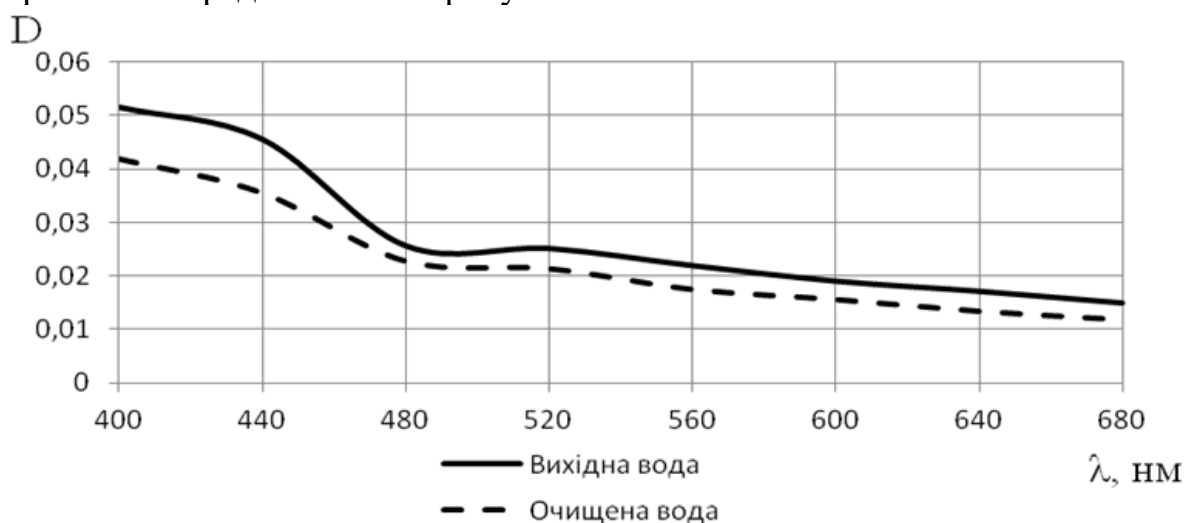


Рисунок 1 – Графічна залежність оптичної густини від довжини хвилі для вихідної стічної води та води, пропущеної через шар бентонітових глин розміром фракції 2,2-5 мм.

Згідно рисунку 1, бентоніти здатні поглинати частину барвника з промислових стічних вод, а отже можуть бути використані у процесах очищення. Очищення стічної води через бентонітові глини с розмірами до 2,2 мм не дали позитивних результатів, що свідчить про недостатню площу адсорбованої поверхні.

Аналогічним чином проводилось дослідження адсорбційних властивостей цеоліту у стічних водах цього ж підприємства. З метою покращення адсорбційних властивостей, нативний цеоліт піддавався термічній активації. Результати дослідження наведені на рисунку 2.

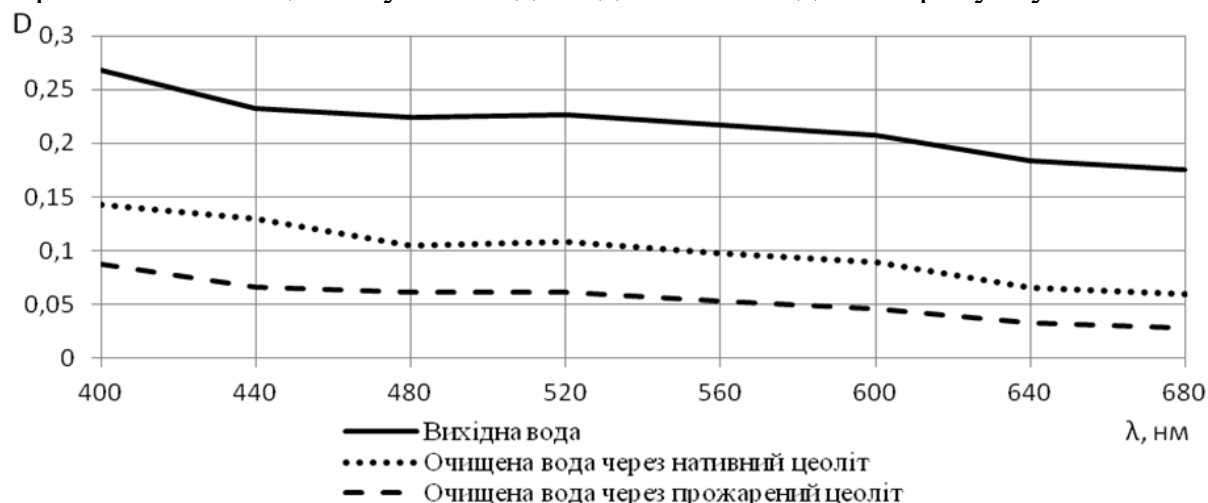


Рисунок 2 – Графічна залежність оптичної густини від довжини хвилі для вихідної стічної води та води, пропущеної через шар цеоліту розміром фракції 2,5-5 мм.

Наведені графічні залежності показують, що цеоліт є ефективним сорбентом, властивості якого дійсно покращуються після термічної активації.

Таким чином, припущення про ефективне застосування природних сорбентів (бентонітових та цеолітових глин) при вирішенні завдання очищення стічних вод текстильно-фарбувального виробництва, отримало практичне підтвердження після проведених досліджень. У результаті експериментального застосування бентонітових глин та цеоліту було отримано ряд емпіричних показників, які доводять, що бентонітова глина та термічно активований цеоліт мають кращі сорбційні властивості, очищають стічні води, зменшуючи тим самим кольоровість води за рахунок поглинання молекул органічних барвників.

#### Література:

1. Меньшова И.И. Применение шунгитового сорбента в адсорбционном способе очистки сточных вод, содержащих водорастворимые красители / Сафонова В.В., Булулукова И.И. // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 2. – С.84-87.
2. Пыркова М.В. Сорбенты в очистке сточных вод красильно-отделочного производства / Меньшова И.И., Фролова Е.А., Чупартинова Э.М. // Бутлеровские чтения. – 2014. – Т.37, №2. – С.52-56.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ХІТОЗАНУ В ЯКОСТІ ФЛОКУЛЯНТУ РОЗЧИННИХ БАРВНИКІВ**

**Якименко І. К., Солодовник Т. В.**

*Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна*

---

Результатом більшості технологічних процесів синтезу органічних барвників та процесів, пов'язаних з їх використанням, є утворення великої кількості забарвлених стічних вод. Високий ступінь забрудненості характерний для стоків підприємств анілінфарбової, целюлозно-паперової, текстильної промисловості та побутової хімії. Дуже важко піддаються технологічному очищенню стічні води, які містять розчинні у воді органічні барвники (кислотні, протравлені, основні, прямі та активні). При попаданні зі стічними водами у відкриті водойми барвники практично біохімічно не окислюються і не розкладаються. Барвники – це речовини отруйної локальної дії, які дуже небезпечно впливають на живі організми, присутні у водоймищах, а через них і на організм людини. Наприклад, при знаходженні прямих барвників у водоймищі впродовж 20 діб їх вміст у воді зменшується тільки на 5-10%, а для кислотних ця зміна становить 50-80%. При концентрації барвників більш 0,1 мг/л відбувається порушення кисневого режиму води, ХПК, БПК, а також процесів амоніфікації та нітрифікації. Для очищення стоків, забруднених розчинними барвниками, до гранично можливих концентрацій, які не впливають на процеси самоочищення води, а це близько 0,001 мг/л, застосовуються різні методи, в тому числі коагуляційно-флокуляційного очищення. Переважно в якості коагулянтів використовують неорганічні солі алюмінію та заліза, а в якості флокулянтів високомолекулярні сполуки штучного та природного походження [1,2].

При проведенні досліджень, присвячених вивченню властивостей природного полімеру – хітозану, встановлена перспективність застосування даного полісахариду та його похідних для видалення барвників з водних розчинів [3,4]. На нашу думку, седиментація барвників хітозаном пояснюється утворенням міжмолекулярних сил Ван-дер-Ваальса, ковалентних та водневих зв'язків, які утворюються при флокуляційному процесі. На перспективу, вважається доцільним проведення досліджень використання хітозану та його різноманітних модифікованих похідних в технологічних процесах вилучення барвників і пов'язане з цим вивчення флокуляційних характеристик даних полісахаридів та механізмів утворення хімічних зв'язків між вуглеводневою матрицею та молекулами барвників [5].

На кафедрі хімічних технологій та водоочищення Черкаського державного технологічного університету проводяться дослідження та порівняння флокуляційних характеристик хітозану, отриманого за різними методиками та з різноманітної сировини (панцирів ракоподібних, підмору бджіл, комах) для процесів видалення розчинних барвників з водних розчинів. Для встановлення оптимального режиму використання даного

природного біополімеру, досліджувались умови проведення процесу флокуляції та було проведено визначення оптимальних доз флокулянту в комплексі з неорганічними коагулянтами методом пробної коагуляції – Джар-тест. При проведенні Джар-тесту використовуються скляні посудини, в яких проби води взаємодіють з реагентами при різних режимах перемішування, таким чином здійснюється імітація процесу утворення пластівців, який характерний для промислових установках очищення стічної води [6]. Для визначення кольоровості досліджуваних розчинів використовували однопроменевий спектрофотометр Ulab 102 з діапазоном довжин хвиль 325-1000 нм. В ході роботи досліджувались флокуляційні процеси на прикладі розчинних барвників: прямого блакитного, кислотного червоного, активного ярко-блакитного. Проведена кількісна оцінка впливу ступеня деацетилювання хітозану та його молекулярної маси на величину вилучення барвника з модельних забарвлених розчинів. Показана можливість застосування рівняння Ленгмюра для опису сорбції розчинних барвників. Одержані результати підтверджують припущення про вплив на ефективність процесу флокуляції способу одержання природного біополімеру та типу барвника, який вилучається з водного розчину, а також доведено взаємний вплив структури молекул барвника та полімеру на протікання та ефективність флокуляційних процесів очистки.

#### Література:

1. Запольский А. К., Баран А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применению – Л.:Химия, 1987. – 208 с.
2. Водоотведение на промышленных предприятиях. А.И.Мацнев. Львов: Вища шк. Изд-во при Львов.ун-те, 1986. – 200 с..
3. Pontius F. W. Chitosan as a Drinking Water Treatment Coagulant // American Journal of Civil Engineering. Volume 4, Issue 5, (2016), Pages: 205-215.
4. Awa Kangama, Defang Zeng, Xu Tian, and Jinfu Fang Application of Chitosan Composite Flocculant in Tap Water Treatment , Journal of Chemistry Volume 2018, Research Article, 9 pages <https://doi.org/10.1155/2018/2768474>
5. Солодовник Т.В. (2003). Сорбция растворимых красителей на хитинсодержащих комплексах. Химия и технология воды, 25(4), стр. 342-349.
6. Солодовник, Т.В. Фізична та колоїдна хімія: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] / Т.В. Солодовник ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2014. – 115 с.

## **РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ**

**Охріменко К. В., Косогіна І. В., Пономаренко А. В.**

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

При обробці текстильних матеріалів утворюються стічні води, які містять широкий спектр забруднень. Найбільша проблема утворення стічних вод виникає при фарбуванні та кольоровому друці тканини. При цьому на одному підприємстві використовується більше 100 рецептур, які містять різні барвники, відмінні за своїми фізико-хімічними властивостями.

Ефективними методами очищення стічних вод забруднених барвником є коагуляція та сорбція. Оскільки максимальною сорбційною здатністю володіє активоване вугілля 100-259 мг/г в порівнянні з природними матеріалами бентонітом 10-50 мг/г та цеолітом 5-20 мг/г для досліджень нами обрано як сорбент активоване вугілля.

Актуальною задачею з технологічної точки зору є регенерація відпрацьованого активованого вугілля (АВ) з метою повторного його використання.

Мета дослідження – порівняння ефективності регенерації відпрацьованого АВ різними методами

Об'єкт дослідження – активоване вугілля марки Filtrasorb 400 попередньо насичене барвником.

Для досліджень використано АВ попередньо насичене барвником метиленовий синій з концентрацією у розчині 100 мг/дм<sup>3</sup>. Експериментально встановлено, що ступінь вилучення метиленового синього сорбцією на активному вугіллі марки Filtrasorb 400 становить 91,67%.

Лужно-пероксидний метод регенерації АВ впродовж 5 годин за температури 90 °С із варіюванням концентрації NaOH в межах від 2 до 10% виявився неефективним, так як відновлення сорбційної ємності активованого вугілля не відбулося.

Використання термічного методу в атмосфері повітря для регенерації АВ призводить до незворотної деструкції вугілля. Кип'ятіння відпрацьованого АВ в дистильованій воді, як метод регенерації виявився найбільш ефективним. Встановлено, що при кип'ятінні вугілля в дистильованій воді впродовж 30 хв сорбційна ємність активованого вугілля марки Filtrasorb 400 повністю відновлюється і залишається стабільною впродовж 3х циклів насичення-регенерація.

Отже, регенерація відпрацьованого АВ методом кип'ятіння вугілля в дистильованій воді є ефективним методом регенерації АВ і потребує подальших досліджень з мінімізації тривалості процесу регенерації.



## СЕЛЕКТИВНІ СОРБЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ГЛИНИСТИХ МІНЕРАЛІВ

Бахмацька К. Г., Пилипенко І. В.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Неналежне зберігання значних об'ємів промислових відходів різних виробництв призводить до значного забруднення водного середовища важкими металами та радіонуклідами. Для очищення забруднених вод від важких металів застосовують ряд методів, однак, одними з найефективніших є сорбційні методи. У якості адсорбційних матеріалів застосовують неорганічні сполуки заліза, олова, цирконію, титану та інших металів. Перспективним напрямком є розробка сорбційних матеріалів на основі шаруватих силікатів, які мають розвинену питому поверхню та досить високу катіонно-обмінну ємність. Одним з методів модифікування є інтеркаляція поліядерних гідроксокомплексів металів у міжпаquetний простір глинистих мінералів. Результатом такої взаємодії є мікро-мезопоруваті матеріали, які мають вищу питому поверхню та кращі сорбційні властивості у порівнянні з вихідним мінералом.

Метою роботи був синтез адсорбентів на основі монтморилоніту Черкаського родовища (Україна) та поліядерних та гетерополіядерних гідроксокомплексів цирконію, заліза та алюмінію для вилучення важких металів з водних розчинів.

Для синтезу зразків інтеркальованих монтморилонітів відповідний об'єм 0,5 М розчину гідрокарбонату натрію додавали до розчину хлориду алюмінію при швидкому перемішуванні на магнітній мішалці, витримували 3 години при 70°C та додавали 0,1М розчин оксохлориду цирконію (Al:Zr = 1:1). До отриманого розчину додавали 2% суспензію монтморилоніту (5 ммоль металу на 1 г мінералу) та витримували 60 хвилин при перемішуванні. Осад відділяли, промивали дистильованою водою та висушували при 120°C. Zr-інтеркальований монтморилоніт готували аналогічним чином але без додавання розчину поліядерних комплексів алюмінію та заліза. Зразки Fe-інтеркальованого мінералу готували аналогічним чином, але без додавання розчину поліядерних комплексів цирконію.

Дослідження показують, що монтморилоніт інтеркальований поліядерними (Al, Zr, Fe) та гетерополіядерними (Al/Zr, Al/Fe) гідроксо-комплексами металів має значно кращі сорбційні властивості щодо вилучення аніонних форм токсикантів. При цьому, для випадку хромат-аніонів, спостерігається збільшення величини сорбційної ємності у 25 разів (до 450 мкмоль/г) та величини константи адсорбційної рівноваги (за Ленгмюром) до 26 (до 16 мл/мкмоль) разів у порівнянні з вихідним монтморилонітом.

## СТВОРЕННЯ КОАГУЛЯНТІВ З ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ ЯК РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ КРУГОВОЇ ЕКОНОМІКИ

Кирий С. О., Косогіна І. В., Нечипорук Д. О.

НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Сьогодні, в час обмежених ресурсів, все більш актуальними є технології кругової економіки, які можуть зменшити накопичений обсяг промислових відходів і зробити процес отримання готового продукту більш дешевшим. Одним із шляхів реалізації такої технології, наприклад, є використання відходів глиноземних виробництв червоної шлам. Загальна кількість видобутого у світі червоного шламу коливається в межах від 60 до 120 млн. тон, тому для проблеми раціонального використання і утилізації червоного шламу заслужено приділяється велика увага.

Через високий вміст оксидів заліза (до 55%) та алюмінію (до 30%), червоний шлам може бути використаний у технології водоочищення як коагулянт чи сорбент після їх синтезу.

Метою роботи є створення і перевірка ефективності коагуляційного реагенту синтезованого на основі відходів глиноземних виробництв червоної шлам у технології очищення стічних вод від забрудників органічного походження.

Рідкий коагуляційний реагент (РК) був отриманий кислотною активацією червоного шламу (масове співвідношення кислоти до шламу 1:1, температура 100°C, тривалість синтезу 60 хв). Перевірку ефективності реагенту здійснювали на модельній воді, забрудненій природними органічними речовинами (ПОР), використовуючи Джар-тест. Отримані результати порівнювали із товарним коагулянтом  $Al_2(SO_4)_3$  (рис. 1).

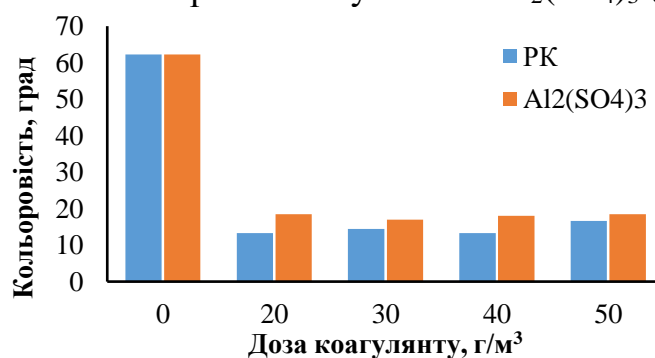


Рисунок 1 – Ефективність видалення кольоровості коагулянтами

Як видно з рисунку 1, отриманий коагуляційний реагент з червоного шламу демонструє високе видалення кольору (від 62 до 13 градусів), є конкурентоспроможним порівняно з товарним  $Al_2(SO_4)_3$ , що робить його перспективним для використання в круговій економіці, оскільки таким чином вирішується одразу дві проблеми: утилізація відходів і створення нового ефективного реагенту для очищення стічних вод.

## ФЛОТОЕКСТРАКЦІЙНЕ ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ НІКЕЛЮ І КОБАЛЬТУ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Казначеев О. С.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

В наш час, з розвитком різноманітних галузей промисловості, виникає низка все нових і нових проблем, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища, зокрема води. З позицій концепції сталого розвитку, сучасний стан водою є вкрай незадовільним і з часом дедалі погіршуватиметься.

Тому, застосування комплексу методів, спрямованих на якомога повну очистку стічних вод, є вкрай необхідною. Серед методів доочистки води після попередньої реагентної обробки варто зацентувати увагу на методі флотоекстракції – різновид іонної флотації [1]. Цей метод, заснований на комбінації методів флотації і екстракції, базується на пропусканні газових бульбашок крізь водну фазу і винесенні речовини забрудника (сублату) в органічну фазу. При цьому органічна фаза повинна бути легшою, ніж водна, і не розчинятися в ній. В процесі флотоекстракції застосовуються поверхнево-активні речовини, що відіграють роль збирачів, зв'язуючись з іонами важких металів у нерозчинні у воді гідрофобні сублати, які внаслідок своїх гідрофобних властивостей, силами адгезії зв'язуються з бульбашками і виносяться з водної фази в органічну. Оскільки процес флотоекстракції проводиться невеликий проміжок часу (15-20 хв.), органічна фаза, яка повинна незалежно від геометрії флотоекстракційної колонки мати товщину 7-10 мм, не встигає повністю вичерпати свою ємність як екстрагента. Тому, ефективність флотоекстракції не залежить від коефіцієнта розподілу. Останніми роками ведуться дослідження флотоекстракції як в Україні, так і за кордоном [2-3].

Метою даної роботи є дослідження закономірностей процесу флотоекстракції як методу очищення стічних вод від важких металів на прикладі йонів нікелю (II) та кобальту (II). Для цього необхідно експериментально дослідити характер впливу на ступінь вилучення таких параметрів, як природа екстрагенту та поверхнево-активної речовини (ПАР), рН середовища, тривалість процесу флотоекстракції, молярного співвідношення ПАР:Метал, витрата газу, температура.

Процес флотоекстракції проводився в скляній колонці, що має форму циліндра (об'єм  $300 \text{ см}^3$ ,  $d_{\text{вн.}} = 34 \text{ мм}$ ,  $H = 375 \text{ мм}$ ). В об'єм колонки подавалося, за допомогою компресора, повітря. Концентрація модельних робочих розчинів становила  $10 \text{ мг/дм}^3$ . В якості ПАР використовували: стеарат натрію, лаурилсульфат натрію, сульфанола. За необхідності корегування рН розчинів перед внесенням ПАР додавався луг або кислота. Після цього досліджуваний модельний розчин переносили до флотоекстракційної колонки і додавали  $10 \text{ см}^3$  органічної фази (ізоаміловий спирт). Вмикали подачу газу, яку контролювали витратоміром, і барботували газ

через розчин протягом встановленого часу (20-30 хвилин). Для проведення аналізу залишкової концентрації металів за фотометричним методом [4] відбирали пробу розчину кожні 5 або 10 хв впродовж флотоекстракції.

Найвища ступінь видалення йонів нікелю для стеарату натрію склала 81% при співвідношенні нікель:ПАР = 1:2, для додецилсульфату натрію ступінь видалення склала 78,1% при такому ж молярному співвідношенні. Подальше зростання кількості ПАР в розчині ( $\text{Ni}^{2+}$ : ПАР = 1:2,5 і т.д.) призводить до того, що у водній фазі з'являється надлишкова кількість аніонів ПАР. Це утруднює перехід йонів металів з водної фази в органічну. Найвища ступінь вилучення для стеарату натрію спостерігалась при рН 10 і склала 81%. Для додецилсульфату натрію максимальне вилучення йонів  $\text{Ni}^{2+}$  відбувалось також при рН 10 і становило 69,6%.

Найвища ступінь видалення йонів кобальту при використанні сульфанолю склала 79,73% при співвідношенні  $\text{Co}^{2+}$  : ПАР = 1:2. Подальше зростання кількості ПАР в розчині ( $\text{Co}^{2+}$  : ПАР = 1:2,5 і т.д.) зменшує видалення йонів металів. Загалом, найкраще вилучення кобальту (II) проходить за рН 10 коли сублат кобальту знаходиться у вигляді нейтральної молекули гідроксиду. Оптимальна тривалість процесу склала 20 хвилин з 79,73% видаленням кобальту. При тривалості процесу довше 20 хвилин можемо спостерігати, що ступінь видалення майже незмінний, а якщо і збільшується, то на незначний відсоток. Проте в деяких випадках спостерігається незначне зменшення ступеня видалення, що можна пояснити частковим переходом сублату з органічної у водну фазу.

---

#### Література:

1. Астрелін І. М., Обушенко Т. І., Толстопалова Н.М., Таргонська О. О. Теоретичні засади та практичне застосування флотоекстракції: огляд // Вода і водоочисні технології. Наукові вісті. – 2013. – №3. – С. 3-23.
2. Обушенко Т. І., Толстопалова Н. М., Науменко А. С. Флотоекстракція іонів міді з водних розчинів// Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". – 2018. – №8.– С. 147-149.
3. Толстопалова Н.М., Обушенко Т.И., Болелый А.С. Флотоэкстракционное удаление ионов тяжелых металлов из сточных вод //Водные ресурсы и климат: материалы докладов V Международного Водного Форума: в 2 ч. – Минск : БГТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 90-95.
4. Набиванець Б. Й., Сухан В. В., Калабіна Л. В. Аналітична хімія природного середовища: Підручник. К.: Либідь, 1996. – 304 с.

**ЕЛЕКТРОХІМІЯ**

**ЭЛЕКТРОХИМИЯ**

**ELECTROCHEMISTRY**



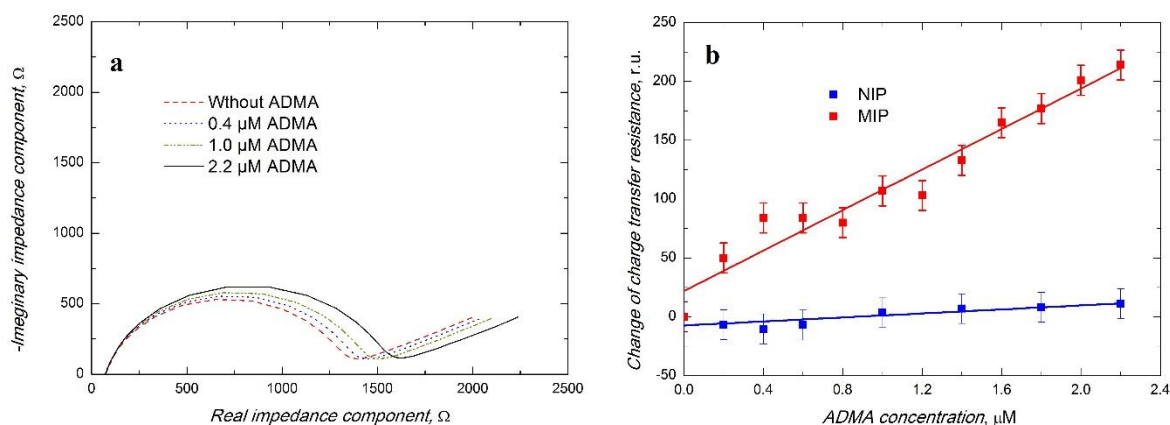
---

**ELECTROCHEMICAL CHEMOSENSOR FOR ASYMMETRIC  
DIMETHYLARGININE DETECTION WITH MOLECULARLY  
IMPRINTED RECOGNITION LAYER**Malyshev V.<sup>1</sup>, Michota-Kaminska A.<sup>1</sup>, Shao S.<sup>2</sup>, D'Souza F.<sup>2</sup>, Noworyta K.<sup>1</sup><sup>1</sup>*Institute of Physical Chemistry Polish Academy of Science, Warsaw, Poland*<sup>2</sup>*Department of Chemistry, University of North Texas, Denton TX, USA*

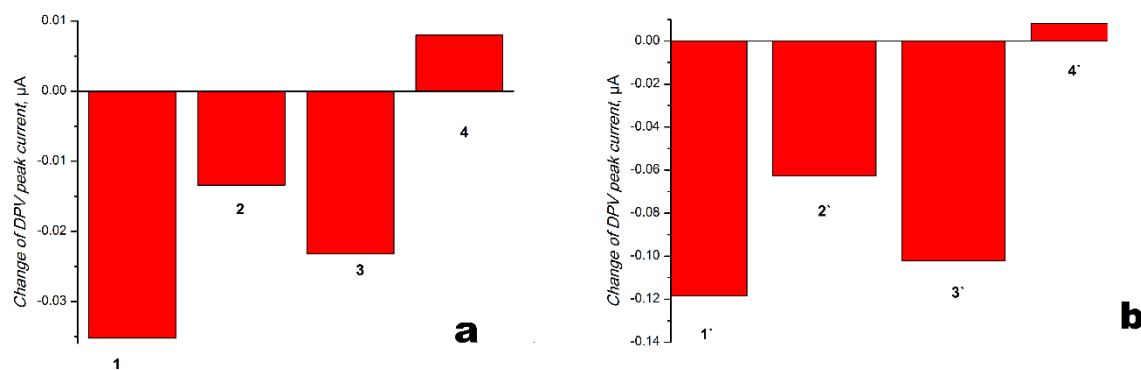
---

Early diagnosis of renal diseases is extremely important for their effective curing. Biomarkers present in body fluids, which are currently used for diagnosis of this illness, are strongly affected by different non-renal factors (e.g. patient gender, age, diet etc.). Consequently, searching for new biomarkers, and methods of their determination, is still a very important task. One of such promising biomarkers of renal dysfunctions is asymmetric dimethyl arginine (ADMA)<sup>1</sup> as its normal concentration level in blood serum is independent of age, gender, and diet.

The aim of this work was to develop a chemical sensor with molecularly imprinted polymer (MIP) layer as recognition unit for selective determination of ADMA. To develop the ADMA-imprinted polymer, benzoic acid and 18-crown-6-appended bis(bithienyl)methane derivatives were used as functional monomers. Structure of pre-polymerization complex of ADMA with these monomers was optimized with *Gaussian 09* software using the B3LYP/6-31G functional and basis set. These calculations indicated formation of a very stable complex with  $\Delta G$  of  $-499$  kJ/mol. Subsequently, the MIP and NIP films were deposited on Pt disk electrode by electrochemical polymerization in potentiodynamic conditions in the presence of crosslinking monomer. Extraction of template was proved by Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) and differential pulse voltammetry (DPV). The response of the devised chemosensor toward the analyte was subsequently tested by using DPV and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) as transduction techniques. The sensor showed sensitivity reaching about  $52$  nA/ $\mu$ M, linear dynamic concentration range  $0.3$ - $2.2$   $\mu$ M, and limit of detection of  $0.3$   $\mu$ M when DPV was used as transduction technique, while impedimetric sensor exhibited sensitivity of  $86.1$   $\Omega$ / $\mu$ M, linear dynamic concentration range  $0.4$ - $2.2$   $\mu$ M and limit of detection  $0.4$   $\mu$ M. This ADMA chemosensor was also found to work in the presence of large excess of interfering compounds indicating its potential use in *in-vivo* and *in-vitro* monitoring of ADMA.



**Fig. 1.**(a) Electrochemical impedance spectra recorded in solutions of 0.1 M  $K_4[Fe(CN)_6]$  and 0.1 M  $K_3[Fe(CN)_6]$  with different ADMA concentrations at open circuit potential.(b) Calibration plot for MIP and NIP coated electrode with EIS as transduction technique.



**Fig. 2.** DPV peak current changes in 1 mM  $K_4[Fe(CN)_6]$ , 0.1 M  $KNO_3$  solution recorded for MIP-coated Pt electrode in (1, 1') ADMA-containing solution, (2, 2')ADMA-containing solution in the presence of 40 μM arginine, (3, 3')ADMA-containing solution in the presence of 40 μM glucose, and (4, 4') NIP-coated electrode in solution of ADMA. Concentration of ADMA was (a) 0.4 μM and (b) 2.0 μM.

This work was partially supported by the Polish National Science Centre grant No. 2014/15/B/ST4/04642.

Results of the present work are published in V Malyshev, et al. *ECS J. Solid State Sci. Technol.* **2018**, 7: Q3189-Q3195 (open access).

#### References:

1. C. Fleck, F. Schweitzer, E. Karge, M. Busch, G. Stein, *Clinica Chimica Acta*, 2003, 336: 1-12



---

**OXYGEN EVOLUTION REACTION AT MO-MODIFIED NICKEL FOAM  
ELECTRODE IN 25% KOH**

Slis A. A., Solodovnik T. V.

*Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine*

---

Over the last years, the world consumption of energy has rapidly increased. In this case, the investigating of hydrogen energy is necessary as alternative source to nuclear-, hydropower or fossil fuels. Water electrolysis is considered as the prospective way to produce hydrogen of ultra-pure quality. The basic processes occurring during water electrolysis is hydrogen evolution reaction (HER) and oxygen evolution reaction (OER). From the kinetic aspect of these reactions, the OER requires more energy and high working potentials (1.5-2.0 V) for formation of oxygen molecule. A lot of works are aimed to find the best electrocatalyst for OER by studying their properties (electrochemical efficiency, performance in different mediums, corrosion resistivity and price). IrO<sub>2</sub> and RuO<sub>2</sub> shows good electrocatalytic activity in acidic solution. However, these materials could not be considered as low cost catalysts for OER. On the other hand, in alkaline media some transition metals (e.g. Ni, Co, Fe and Mn), their oxides and oxyhydroxides presents reasonable results in anodic reaction. Ni and its alloys are commonly used as materials for alkaline water electrolysis. Ni foam is highly-valuable electrocatalyst material with high porosity and specific surface area, good electrical conductivity and high corrosion resistance.

This work reports on oxygen evolution reaction, studied at nickel foam electrode material. Electrocatalytic behaviour of oxidized and Mo-modified Ni foam samples was evaluated in 25% M KOH solution for the potential range: 1300-1800 mV vs. RHE. The performance of nickel foam electrodes was examined by a.c. impedance spectroscopy and galvanostatic measurements in a single-cell water electrolyser.

According to the results of impedance spectroscopy, it has been found that the surface properties of nickel foam as electrode in the OER process, can be significantly altered due to different types of processing. With the help of these modifications, the catalytic properties of the electrode can be enhanced in comparison with a pure electrode, without any treatments. Thus, the Mo-modified Ni foam electrode showed an almost 1.5 times better result than unmodified sample for the reaction of oxygen evolution. It follows that, changes in the properties of the electrochemical surface layer can greatly enhance the OER process.

These study have shown that Mo-modified Ni foam materials not only can achieve a significant increasing on the OER performance, but also can replace expensive materials as cheaper analogue for their mass production.

**PALLADIUM-BASED ANODIC CATALYSTS MODIFIED BY CONDUCTIVE POLYMERS AND PALLADIUM-PLATINUM CATHODIC CATALYSTS FOR DIRECT FORMIC ACID FUEL CELLS**

Kupiec K. R.<sup>1</sup>, Borodziński A.<sup>1</sup>, Lin H.-M.<sup>2</sup>, Chiou Y.-J.<sup>2</sup>, Kędzierzawski P.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>*Institute of Physical Chemistry, Polish Academy of Sciences, Poland, Warsaw*

<sup>2</sup>*Tatung University, Taiwan, Taipei*

---

The goal of the study is to identify promising catalysts for electro-oxidation of formic acid and for electro-reduction of oxygen in direct formic acid fuel cells (DFAFC). For the electro-oxidation of formic acid it is intended to employ palladium based catalysts supported on conductive polymers-multiwall carbon nanotubes composites. For the electro-reduction of oxygen in direct formic acid fuel cell environment it is planned to use palladium-platinum based catalysts. Improvement of the DFAFC performance, and, especially, increasing of the resistance of palladium catalyst to CO poisoning is the subject of an intensive research.

Fuel cells operating on liquid fuels for small and medium scale applications have prospects of commercialisation, and low temperature DFAFC appear among the most promising in this respect. DFAFC has a number of advantages over other fuel cells: (i) higher power density, higher energy efficiency and higher electromotive force than methanol fuel cell, (ii) formic acid as a liquid is easy to handle, (iii) crossover flux of formic acid through Nafion® membrane is several times smaller than that of methanol. Palladium is a very effective formic acid electro-oxidation catalyst, however, it works perfectly in the very pure, and so, very expensive formic acid. In a formic acid of lower purity, palladium becomes gradually poisoned, mainly, by  $-\text{CH}_3$  group containing impurities including methanol, which are oxidized via adsorbed CO, blocking further reaction. Improvement of the CO resistance of the anodic catalyst, which can work with less expensive fuel, is the most important problem to be solved for wide implementation of DFAFC. It was found in literature, that Pt deposited on polyaniline (PANI) is resistant to CO poisoning, when employed as a catalyst of methanol electro-oxidation. It can be expected, that the same effect will be observed for Pd deposited on conductive polymers (CP). In the literature, the most intensively studied CP are: polyaniline (PANI) and polypyrrol (PPy). PANI has been successfully synthesized in formic acid displaying excellent conductivity. One of the main obstacle, occurring when conducting polymers are employed as catalyst support, is polymer switching into a state of lower conductivity, when the potential value is changed. This study has developed two approaches: (A) Application of conductive polymer – multiwall carbon carbon nanotubes (MWCNTs) composites as a catalyst support. In such a composite MWCNTs will provide necessary conductivity if the polymer is switched to the lower conductivity state; (B) Addition of a second conducting polymer to the composite. This can enlarge the potential range in which the composite will be well conductive.

There are only single works, where CP supported catalysts were tested in a fuel cell setup. This anode catalyst research for the first time (as to the PhD candidate knowledge) will study CPs supported Pd catalysts for formic acid oxidation in the formic acid fuel cell setup on the systematic basis.

DFAFC cathodes are subjected to unique conditions that originate from the so-called “formic acid crossover”. The decrease in the DFAFC cathode performance is mainly owing to formic acid crossover, in which formic acid is transported from the anode to cathode through a polymer electrolyte membrane (PEM). Pt-based nanoparticles are well known for their effective electrocatalytic activity in cathodic reactions. However, Pt-based catalyst is easily poisoned by impurities in formic acid of lower purity that is transported via crossover phenomenon. The goal for research on cathode electrocatalysts is to find the most attractive ratio of Pd:Pt for catalyst that will show selective oxygen reduction activity compared to formic acid oxidation.

The research include the preparation, structural characterization, and electrocatalytic analysis of investigated catalysts. The key tools used in the research are SEM, TEM, XRD, XPS and electrochemical analysis – CV and fuel cell tests.

## **THE NEW «SMART» CORROSION PROTECTIVE PIGMENT BASED ON TRIPOLYPHOSPHATE-INTERCALATED Zn-Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDE: SYNTHESIS AND CHARACTERISATION**

Rusakevich S. R., Kovalenko V. L., Kotok V. A.

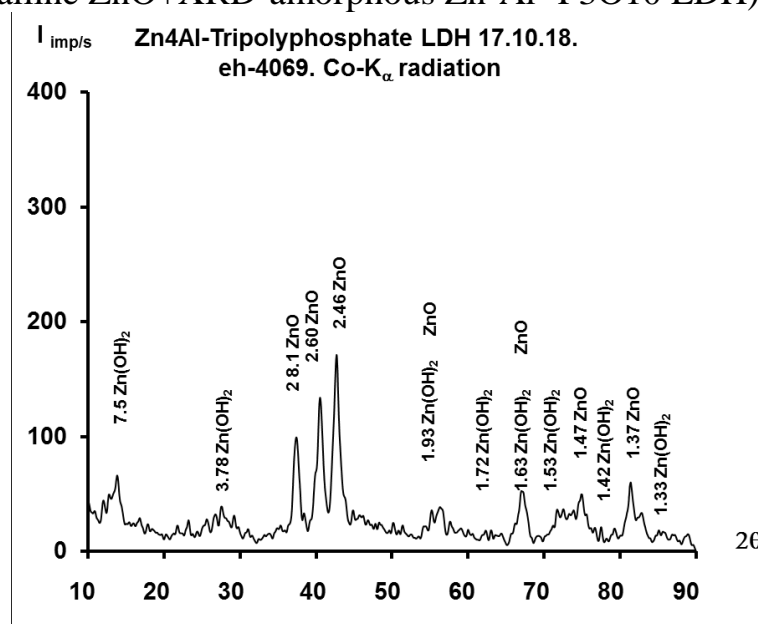
*Chemical Ecological Lyceum, Dnipro, Ukraine*

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

*Vyatka State University, Kirov, Russian Federation*

Paint coatings are widely used in the modern world, especially for corrosion protection of the metal with simultaneously formation decorative image. But the main disadvantage of pain coating is a passive type of corrosion protection. The current research project aim is to determine the possibility of synthesis of “smart” pigment, based on inhibitor-intercalated layered double hydroxide (LDH), with high pigments properties and active metal protection with water presence. Zn<sub>4</sub>Al LDH as a nanocontainer and tripolyphosphate as an intercalating inhibitor was selected for “smart” pigment. Pigment samples were synthesized by direct co-precipitation at the equilibrium pH and characterized by PXRD, DTG, DSC, SEM, EDX, IR, Color Comparator and anodic voltammogram of mild steel without and with pigment extract.

By PXRD, TG, DSC, EDX, and IR it was established that samples are bi-phase (high crystalline ZnO+XRD-amorphous Zn-Al- P3O10 LDH).



*Fig. 1. XRD pattern of Zn-Al-Tripolyphosphate LDH sample*

Advanced pigment properties (manual grinding easiness and particle diameter <2 μm) are shown. Extra whiteness of pigment (coefficient of diffusion reflection 90%, lightness L=96.1, color purity 1%) was detected by color measurements. Anodic voltammogram curves exhibited the high corrosion-protective activity of the synthesized pigment: the presence of the pigment extract leads to a reduction in the current density of steel corrosion by 3.2 times.

Table 1 – Different color parameters of Zn-Al-Tripolyphosphate pigment

Coefficient of diffusion reflection, %				Spectral Tone	Color Purity	Chromaticity Coordinates		
1	2	3	Medium	$\lambda$ , nm	P, %	x	Y	z
90.49	89.46	90.26	90.07	560* <sup>^</sup>	1	99.52	90.15	31.63
CIE Lab				Color Strength		Chromaticity Coordinates of Light Source		
a*	b*	L*		S		X0	Y0	Z0
0.800	0.902	96.097		1.206		109.85	100	35.582

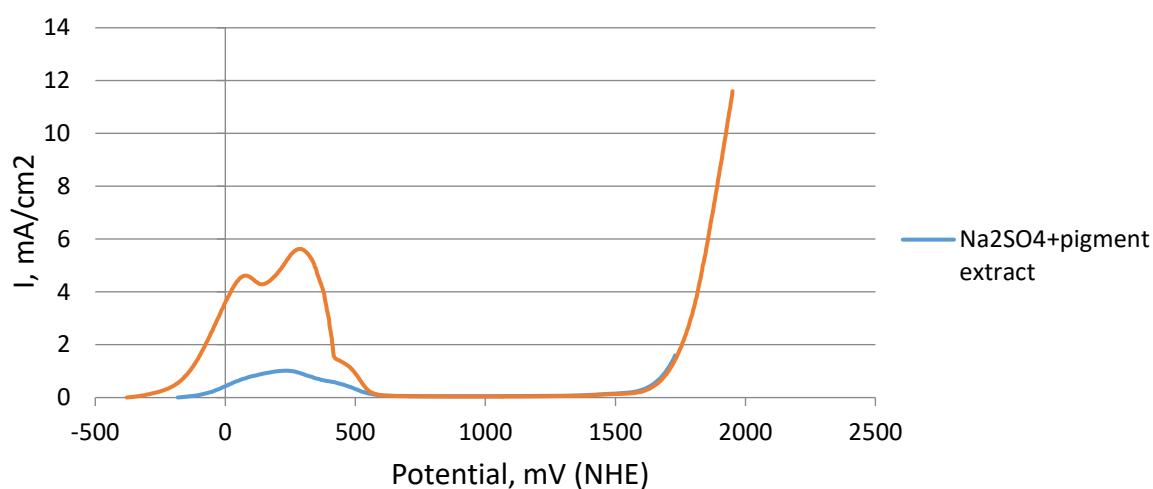


Fig 2. Zn-Al-Tripolyphosphate pigment

**Conclusion.** 1) Zn-Al LDH as a base and tripolyphosphate as an anion-inhibitor for construction of the new type of corrosion-prospective pigment; 2) Zn-Al-tripolyphosphate pigment samples have been synthesized. 3) By means of XRD analysis it has been demonstrated that sample pigment is bi-phase and consists of high crystalline Zn-Al layered double oxide (with the crystal lattice of ZnO) and low crystalline Zn-Al-Tripolyphosphate LDH (with the crystal lattice of  $Zn(OH)_2$ ); 4) Color characteristics of synthesized pigment have been investigated. It has been shown that the pigment has an extra high level of whiteness (coefficient of diffusion reflection more than 90%, color purity only 1%, lightness more than 96%). This pigment could be used for change titania. High pigment properties of the sample (grinding easiness and softness) have been indicated. 5) By mean of anodic voltammogram, the high corrosion-protective activity of pigment sample has been proving: corrosion current density of steel in the presence of pigment water extract has decreased in 5.63 times (compared one without pigment extract).” Smart” behavior of synthesized pigment has been shown. Without paint layer damage obtained sample play the only role of “white pigment”. But in the case of the presence in the paint the cracks or holes, and simultaneously in the presence of water, pigment shows the anticorrosion properties.

## **АНОДИ ДЛЯ ОКИСНЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК**

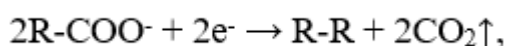
Мазанка В. М., Косоґін О. В.

---

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

Одним з методів перевірки газоаналітичного обладнання для визначення вмісту в повітрі діоксиду карбону є використання кулонометричних генераторів. В подібних пристроях CO<sub>2</sub> утворюється внаслідок контрольованого електрохімічного окиснення карбонових кислот:



де R – будь-який алкільний радикал.

Проте для своєї роботи такі генератори потребують застосування стійких анодних матеріалів. Такими зазвичай виступають платина або активовані платиною інертні матеріали – титан, ніобій, тантал.

Запропоновано як анодний матеріал процесу окиснення оксалатної кислоти використовувати діоксид олова. Поширеним є метод нанесення SnO<sub>2</sub> з рідкої фази – гідролізом SnCl<sub>4</sub> на поверхні інертної металевої основи. Однак відомим є також утворення оксиду шляхом попереднього окиснення металу, нанесеного на струмопровідну основу.

Основою електродів виступали титанові та алюмінієві стрижні, на які наносили мідний підшар товщиною 15 мкм з сульфатного електроліту. Попередня підготовка титану полягала в травленні в суміші HCl і H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> для утворення гідридного шару, а алюмінію – в анодуванні в фосфатній кислоті впродовж 15 хв. На мідний підшар осаджували шар олово завтовшки 10 мкм з сульфатного електроліту складу, г/л: SnSO<sub>4</sub> – 50; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 100; фенол – 20; клей столярний – 4. Застосування основи у вигляді стрижнів зумовлено низькою поляризацією осадження олова та його схильністю до дендритоутворення на кутах плоских електродів.

Електрохімічне окиснення олова в розчині NaOH зазвичай дозволяє утворити плівку рівномірної товщини, проте через наявність дефектів у шарі гальванічного олова вона швидко відшаровувалась.

Термічне окиснення олова, яке проводили за температури 400°C впродовж 4 годин, дозволило отримати матеріал, міцно зчеплений з основою, та який характеризується високою каталітичною активністю. Отримані аноди показали високу стабільність в насиченому розчині оксалатної кислоти за густини струму до 5 А/дм<sup>2</sup> та в діапазоні потенціалів 0,5-2,0 В (н.в.е.). Вихід за струмом діоксиду карбону при цьому складав близько 80% за густини струму 4 А/дм<sup>2</sup>.

## АНТИСКАЛАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕКСТРАКТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ КАТОДНОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ КАРБОНАТІВ

Калінчук О. О., Васильєв Г. С., Воробйова В. І.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Утворення накипу є основною проблемою в процесах теплообміну, при використанні природних вод. Формування шару накипу призводить до зниження гідравлічного тиску у трубах і підвищує опір теплопередачі, що призводить до додаткових витрат. Світові економічні втрати внаслідок накипоутворення оцінюються в мільярди доларів на рік. На сьогоднішній день пошук ефективних, екологічно безпечних та дешевих підходів для зменшення накипоутворення є актуальним завданням.

У промисловості в якості інгібіторів накипоутворення в основному використовуються неорганічні реагенти, зокрема поліфосфати, що не є екологічно безпечним. Новим підходом в боротьбі з накипоутворення є застосування речовин рослинного походження. В даній роботі було досліджено антискалантні властивості рослинних екстрактів на основі відходів переробки цукрового буряка, редьки та ріпаку.

Дослідження накипоутворення проводили методом електрохімічного зсуву вуглекислової рівноваги при катодній поляризації робочого електроду. Комірку об'ємом 1л заповнювали водопровідною водою, термостатували при 25°C та додавали екстракти в кількості 1 або 10 мл. Сталевий циліндричний робочий електрод обертався електродвигуном зі швидкістю 500 об/хв та поляризувався при  $-1,1$  В/х.с.е. Допоміжним електродом була платинова сітка. Основним катодним процесом на робочому електроді було відновлення кисню, при цьому відбувається нейтралізація іонів гідрокарбонату з утворення  $\text{CaCO}_3$  на поверхні сталі. Вплив екстрактів на формування карбонату кальцію вивчали за зміною струму в часі поляризації. Зокрема визначали швидкість кристалізації осаду, його поруватість та масу.

Аналіз результатів дослідження показав, що всі випробувані екстракти в концентрації 1 мл/л не впливають на кристалізацію карбонату кальцію. При збільшенні концентрації до 10 мл/л спостерігається збільшення поруватості осаду та зменшення маси осаду практично до нуля в присутності екстрактів редьки та ріпаку. В той же час екстракт цукрового буряка в концентрації 10 мл/л впливу на кристалізацію карбонату не виявив. Отримані значення поруватості та маси осаду співпадають з результатами для водопровідної води без додавання екстракту.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ МЕТОДОМ ЦИКЛІЧНОЇ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРІЇ**

**Кузьменко О., Васильєв Г. С., Воробйова В. І.**

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

У зв'язку із зростанням впровадження наноматеріалів в хімії, біології та медицині, підвищення ефективності їх синтезу є актуальним завданням. Зокрема, світовою тенденцією у промисловому та лабораторному синтезі наноматеріалів є мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище. Незважаючи на наявність великої кількості традиційних хімічних підходів для синтезу, у переважній більшості з них в якості відновників використовуються небезпечні реагенти (прекурсори), що не відповідає сучасним екологічним та технологічним вимогам. Все більшого розвитку набуває використання «зеленого»/фітохімічного методу синтезу з використанням органічних сполук, що отримують екстракцією з відходів переробки рослинної сировини агропромислового комплексу.

Ефективність фітохімічного синтезу наноматеріалів залежить від відновлювальної здатності рослинних екстрактів, що обумовлена їх компонентним складом. Проте, у складі екстрактів може міститися велика кількість речовин і визначити відновлювальну здатність виходячи із аналізу складу екстракту дуже складно. Тому, метою роботи було визначення відновлювальної здатності рослинних екстрактів електрохімічним методом на прикладі водного екстракту жмиха винограду. Останній є перспективною, екологічно безпечною та поновлювальною сировиною, що може бути використана у синтезі наночастинок.

Жмих винограду заливали дистильованою водою у співвідношенні 1:10 по масі та встановлювали в ультразвукову ванну (27 кГц, 50 Вт) на 2 години. Після екстракції розчин фільтрували. Електрохімічні дослідження проводили методом циклічної вольтамперометрії у триелектродній комірці. Робочий електрод – склографіт, допоміжний – платиновий, електрод порівняння – хлорид-срібний. Для збільшення електропровідності поляризацію проводили в розчині 3,5% NaCl. Швидкість поляризації 200 мВ/с, діапазон сканування  $-1,3 \dots +1,3$  В/х.с.е.

Було досліджено водний екстракт різного часу витримки: одразу після екстракції, через 24, 48 і 72 години. На циклічних вольтамперограмах спостерігається зростання анодного струму у порівнянні із розчином 3,5% NaCl в області  $-0,7 \dots -0,5$  В/х.с.е. що свідчить про здатність екстракту до окиснення і можливість його використання в якості відновника при синтезі наночастинок. Максимальний анодний струм зафіксовано через 48 годин після екстракції.



## ВПЛИВ ДОМШОК СІРКИ ТА МІДІ НА КОРОЗІЙНУ ПОВЕДІНКУ БЛИСКУЧИХ НІКЕЛЕВИХ ПОКРИТТІВ В ПАРАХ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

Якубенко В. В., Ущатовський Д. Ю., Лінючева О. В.

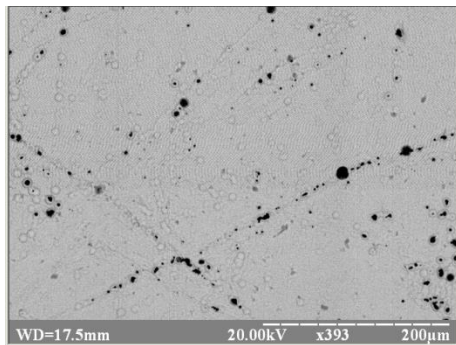
*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Блискучі нікелеві покриття використовуються у промисловості як захисно-декоративні покриття деталей та виробів з вуглецевої сталі, сплавів на основі цинку, магнію та міді. Відомо, що блискучі нікелеві покриття, є більш корозійно-нестабільними особливо в умовах тропічного вологого клімату. Їх низька корозійна стійкість зумовлена підвищеним вмістом сірки, яка включається в структуру покриття за рахунок включення блискоутворюючих сірковмісних добавок. Також, зазвичай нікелеві покриття на сталеві деталі наносять по підшару з міді. Наявність мідного підшару сприяє зниженню пористості покриття, однак мідь як більш електропозитивний метал може стимулювати перебіг корозійних процесів. Тому, актуальним завданням є дослідження одночасного впливу вмісту сірки та міді в нікелевій фользі на корозійну поведінку матеріалу покриття.

Для симуляції корозійних умов тропічного клімату використано експонування покриттів у парах концентрованої оцтової кислоти. Осади із вмістом сірки 0,25 мас.% 1 мас.% Cu, одержували з електроліту блискучого нікелювання з додаванням 5 г/дм<sup>3</sup> сахарину та 1 г/л CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O. Зразки електроосадженої нікелевої фольги товщиною 50 мкм площею 3 см<sup>2</sup>, розміщували в ексикаторі з парами концентрованої оцтової кислоти, де витримувались протягом 2-24 годин. SEM-дослідження поверхні зразків проводили з використанням растрового електронного мікроскопа РЕМ-106И, із вбудованим аналізатором, що давав можливість визначити кількісний склад поверхневих шарів зразків (EDX методом). Перед виконанням SEM-досліджень продукти «зеленої» корозії нікелю обережно змивали дистильованою водою.

Встановлено, що впродовж витримки зразків фольги в парах оцтової кислоти на поверхні металу спостерігається утворення зелених продуктів корозії. Через шість годин покриття втрачає блиск і стає більш темним. Після восьми годин експонування поверхня набуває чорного із бронзовим відтінком забарвлення. Через 16 годин експонування на поверхні нікелю з'являється темно чорна із коричневим відтінком плівка, а структура поверхні набуває вигляду (рис. 1, 2). Як видно з рисунку 1 на поверхні покриття наявні наскрізні дірки «пітинги», причиною яких може бути наявність міді в складі покриття. З рисунку 2 видно що загалом на поверхні покриття утворюється структура «стільникового» типу. Вміст сірки та міді у заглибинах (рис.2, точка +1) є меншим ніж на виступаючих місцях (рис. 2, точка +2).

Аналогічні результати були отримані й на нікелевому покритті без включення в структуру осаду міді. Відмінність полягала лише у відсутності «ПІТИНГІВ».

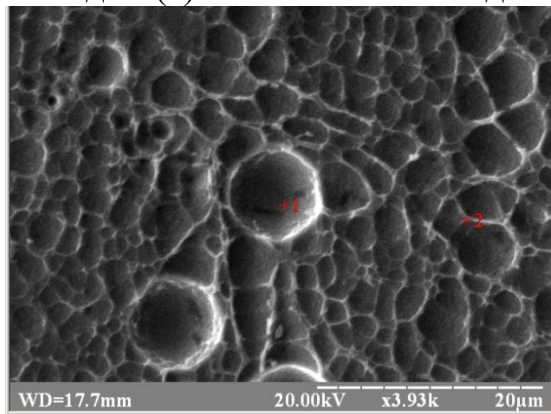


а)

Елемент	Инт.	С %	Атом.%	Козф.
Si	K 2	0.03	0.067	0.067
S	K 36	0.72	1.322	1.322
Cl	K -2	0.00	0.000	0.000
Fe	K 80	0.43	0.448	0.448
Ni	K 1689	95.45	95.068	95.068
Ni	L 1	0.00	0.000	0.000
Cu	K 41	3.36	3.094	3.094

б)

Рисунок 1 – SEM-зображення у відбитих електронах фрагменту поверхні нікелевого осаду експонованого у парах оцтової кислоти протягом 16 годин (а) та загальний склад поверхні (б)



а)

Елемент	Инт.	С %	Атом.%	Козф.
Si	K 1	0.01	0.030	0.030
S	K 18	0.31	0.575	0.575
Cl	K 7	0.01	0.021	0.021
Fe	K 42	0.14	0.151	0.151
Ni	K 1931	98.48	98.266	98.266
Ni	L 1	0.00	0.000	0.000
Cu	K 14	1.04	0.956	0.956

б)

Елемент	Инт.	С %	Атом.%	Козф.
Si	K 4	0.07	0.140	0.140
S	K 72	1.57	2.836	2.836
Cl	K -3	0.00	0.000	0.000
Fe	K 33	0.22	0.227	0.227
Ni	K 1569	94.81	93.752	93.752
Ni	L 1	0.00	0.000	0.000
Cu	K 38	3.33	3.045	3.045

в)

Рисунок 2 – SEM-зображення у вторинних електронах фрагменту поверхні нікелевої фольги експонованої у парах оцтової кислоти протягом 16 годин (а); склад поверхні в точці +1 (б) та в точці +2 (в)

Отже, отримані результати свідчать про те, що за наявності у складі покриття міді та сірки поверхня покриття стає гетерогенною, що може сприяти утворенню системи короткозамкнених гальванічних елементів та пришвидшувати корозійне руйнування покриттів.

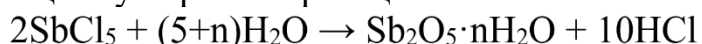
## ГІДРАТОВАНА ПОЛІСУРМ'ЯНА КИСЛОТА ЯК ТВЕРДИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ

Матвєєв О. М., Косогін О. В., Лінючева О. В.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Тверді електроліти набули широкого застосування у високо-ефективних паливних елементах, електрохімічних сенсорах, електрохромних системах. Одним з перспективних матеріалів, що мають високу електропровідність, є гідрат полікислоти стибію (полісурм'яна кислота, сурм'яна кислота, гідрат пентаоксиду стибію, ПСК). ПСК володіє протонпровідними та іонообмінними властивостями. В загальному випадку структурну формулу записують як  $Sb_2O_5 \cdot nH_2O$ , де ступінь гідратації  $n$  може коливатися в діапазоні 1-5. Аморфний гідрат пентаоксиду стибію має більшу електропровідність, чим кристалічний, внаслідок більшого ступеню гідратованості, але не є стабільним в часі, поступово втрачає воду і переходить в кристалічну модифікацію. За літературними даними, підвищення температури прискорює процес кристалізації. Однак більшість відомих методик спрямовано на отримання іонообмінного матеріалу, тоді як власне електропровідність для ПСК досліджено не достатньо.

Полісурм'яну кислоту отримували модифікованим методом гідролізу пентахлориду стибію. Для цього гідроліз проводили у 100-кратному надлишку води, при цьому перебігає реакція:



Лише частина утвореного  $HCl$  відлітає у газову фазу, що вимагає значних витрат води на промивання для запобігання забруднення утвореного продукту. Проте сильне диспергування аморфної ПСК зменшує вихід продукту, тому частину хлороводню нейтралізували карбонатом літію. Після цього осад фільтрували, висушували на паровій бані та обробляли за температури  $(300 \pm 10)^\circ C$ . Для окиснення сполук стибію (IV), що могли утворитися за підвищених температур, ПСК обробляли нітратною кислотою, ретельно промивали дистильованою водою та висушували на паровій бані.

Значення електропровідності отриманої ПСК, виміряне за допомогою моста змінного струму на частоті 1 кГц, знаходилося в діапазоні від  $0,1 \cdot 10^{-2}$  до  $2 \cdot 10^{-2}$  См/м за відносної вологості навколишнього середовища від 35 до 60% відповідно.

Методом рентгенофазового аналізу було встановлено, що в процесі даного синтезу можна отримати ПСК складу  $HSbO_3 \cdot 1,62H_2O$  з просторовою групою  $Pm-3$  та  $Sb_3O_6(OH)$  зі структурою пірохлору  $Fd-3m$ .

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ОПОРУ АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ АЛЮМІНІЮ ТА ЙОГО СПЛАВІВ**

**Чорнобрива Н. О., Букет О. І.**

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

Проблема ресурсу несучих конструкцій з алюмінію та його сплавів (наприклад, в авіації) є однією з пріоритетних для вирішення в сучасній техніці. Оскільки основним фактором, що визначає до 85% ушкоджень авіаційних конструкцій, є атмосферна корозія, то розробка систем моніторингу корозивності середовища внутрішніх відсіків літальних апаратів системою датчиків корозивності повітря є важливою задачею. На сучасному етапі виявлення корозійних пошкоджень проводять при технічному обслуговуванні за допомогою методів неруйнівного контролю, що включають візуальний огляд, ультразвукове та рентгенівська сканування, вихроструменевий метод, нейтронну радіографію, мікрохвильову спектроскопію, комп'ютерну томографію та інші. Ці методи є достатньо надійними, проте дуже затратні й не дозволяють виявити корозію на ранній стадії. Новий підхід до вирішення цієї задачі, який дістав назву Structural Health Monitoring, передбачає постійний і автономний контроль корозійних пошкоджень у комплексі з інформацією щодо умов експлуатації повітряного судна від системи закріплених чи вбудованих сенсорів на конструкційних елементах. Враховуючи електрохімічну природу корозійних руйнувань літальних апаратів найбільш інформативними для оцінки інтенсивності ушкоджень є датчики, засновані на вимірі електричних характеристик – електроопору пластини із конструкційного матеріалу, електрохімічного імпедансу, (гальванічного) струму корозії, електрохімічного шуму, поляризаційного опору. Для уточнення корозивності повітряного середовища розміщують кластери датчиків, які вимірюють температуру, відносну вологість, час зволоження поверхні, рН і провідність поверхневої вологи, а також концентрацію агресивних газових компонентів.

Аналіз літератури через призму досвіду у галузі технічної електрохімії показує, що вимірювання поляризаційного опору корозійного процесу на поверхні алюмінію та його сплавів є оптимальним методом, який при мінімальних витратах на виготовлення й експлуатацію датчика дозволить одержати найбільш адекватну інформацію. При цьому необхідно вирішити цілий комплекс технічних і наукових задач, основною з яких є забезпечення адекватності одержаної інформації про корозійну агресивність аналізованого середовища.

Важливими етапами в оцінці адекватності метода поляризаційного опору є вивчення впливу омичного опору пасивних плівок алюмінію та локальних видів корозії на показання датчика. Тому на першому етапі досліджень проведено вимірювання й порівняння поляризаційного опору в модельних розчинах 3% хлориду та 6% сульфату натрію на електродах з найбільш поширеного конструкційного сплаву Д16Т. Циліндричні

електроди діаметром 8 мм і довжиною робочої частини 35 мм розміщували попарно в скляних стаканах з розчинами й поляризувалися індикатором поляризаційного опору P5126. Розчин сульфату натрію обраний з огляду на відсутність у нього схильності до провокування локальних видів корозії сплавів алюмінію, а концентрація обрана для досягнення рівної з хлоридним розчином електропровідності.

Встановлено, що у розчині 3% NaCl поляризаційний опір протягом 15-20 хв після початку контакту електродів з розчином зберігається в межах 10-13 кОм, а далі відбуваються його різкі спонтанні коливання в межах 1.5-24 кОм внаслідок пітингоутворення. В сульфатному розчині коливання відбуваються в межах 13-22 кОм з деякою тенденцією до збільшення середнього значення, що вказує на відсутність пробоїв пасивної плівки. На свіжозачищеній наждачним папером поверхні в сульфатному розчині спостерігається поступове збільшення поляризаційного опору від 3 до 6 кОм протягом 15-20 хв з незначними коливаннями до 25% величини, що найбільш вірогідно пов'язано з ростом транспортних ускладнень в пасивній плівці внаслідок її нарощування при корозійному анодуванні. В хлоридному розчині поляризаційний опір зростає у 8-10 хв від 1.2 до 2 кОм й коливається від 0.8 до 2.5 кОм.

За одержаними даними можна стверджувати, що метод поляризаційного опору принципово здатен відрізнити локальні види корозії від корозії рівномірної й суцільної завдяки своїй оперативності, чим забезпечується здатність одержувати результати вимірювань кожні 2 хв. Значні коливання показань з амплітудою більше 50% від максимального значення чітко вказують на розвиток саме локальних механізмів корозії поверхні. Для уточнення адекватності інтерпретації величини поляризаційного пору в швидкості корозії необхідно провести додаткові гравіметричні дослідження. Також необхідно уточнити роль пасивної плівки на алюмінії та його сплавах з допомогою селективних вимірювань зміни омичного пору пасивних плівок до корозійних випробувань та після них, що може бути реалізовано порівнянням результатів одержаних на постійному й змінному струмах поляризації і дозволить детальніше обґрунтувати роботу датчика корозії й перейти до досліджень у тонких плівках атмосферного конденсату.

## ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНИЙ ШВИДКІСНИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ЦИНКОВОГО ПОКРИТТЯ СПОСОБОМ ЕЛЕКТРОНАТИРАННЯ

Пушкін С. О., Грима М. Р., Андрійчук О. О., Ущাপовський Д. Ю., Мотронюк Т. І.  
НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Основною проблемою, як гальванічного цинкування, так і інших гальванічних процесів, є висока екологічна небезпека процесів, внаслідок можливості потрапляння в навколишнє середовище із стічними водами токсичних речовин. Для реалізації нанесення покриття способом електронатирання було запропоновано застосувати екологічно безпечний електроліт цинкування складу 350 г/л  $ZnSO_4$ , 30 г/л  $(NH_4)_2SO_4$ . Для покращення якості отриманого осаду до складу розчину запропоновано додавати лимонну кислоту, екологічно безпечну речовину.

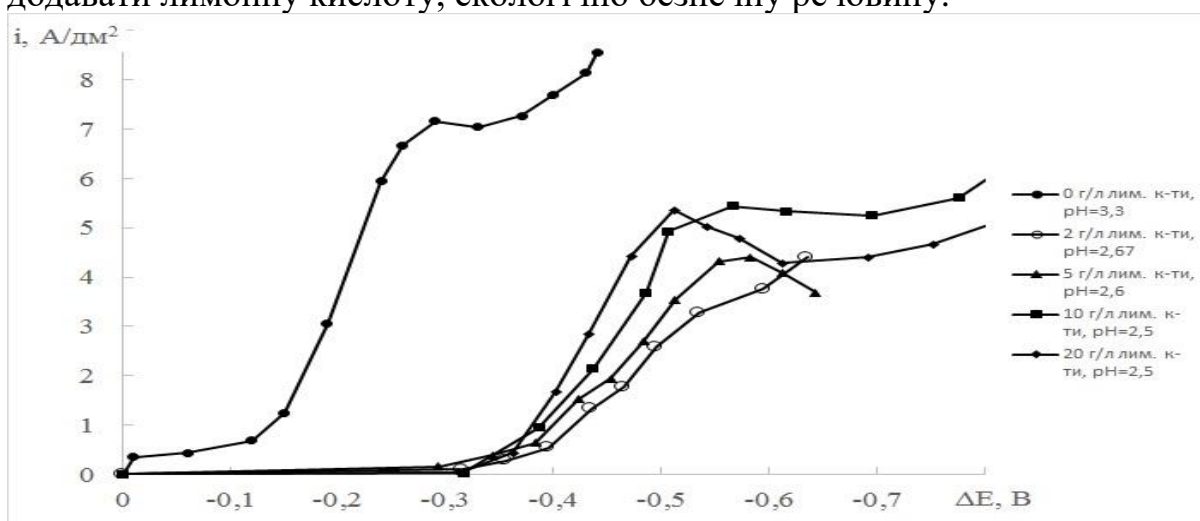


Рисунок 1 – Поляризаційні криві зняті в електроліті складу 175 г/л  $ZnSO_4$ , 30 г/л  $(NH_4)_2SO_4$ , 0-20 г/л лимонна кислота

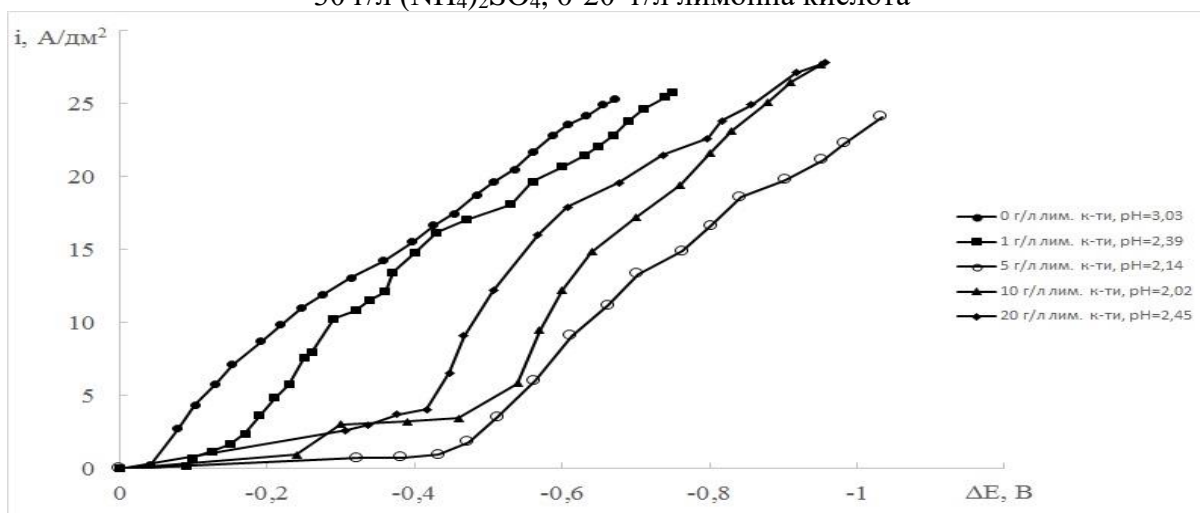
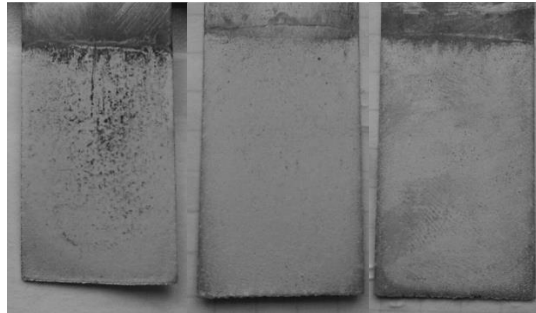


Рисунок 2 – Поляризаційні криві зняті в електроліті складу 350 г/л  $ZnSO_4$ , 30 г/л  $(NH_4)_2SO_4$ , 0-20 г/л лимонна кислота

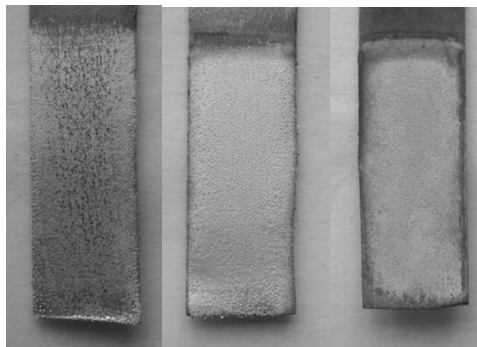
Дослідження впливу концентрації сульфату цинку та лимонної кислоти на поляризацію виділення цинку показали наступне. Як видно з

рисунку 1, найбільшого значення поляризація виділення цинку набуває при концентрації лимонної кислоти 2 г/л, при подальшому збільшенні її вмісту поляризація зменшується. У більш концентрованому розчині електроліту (рис. 2), також можна побачити, що найбільша поляризація досягається при вмісті лимонної кислоти 5 г/л, при подальшому збільшенні її вмісту поляризація зменшується.



а б в

Рисунок 3 – Осаджені цинкові покриття в електроліті 175 г/л  $ZnSO_4$ , 30 г/л  $(NH_4)_2SO_4$ , 5-10 г/л лимонна кислота, рН = 2 за густин струму:  
а – 2 А/дм<sup>2</sup>; б – 3 А/дм<sup>2</sup>; в – 4 А/дм<sup>2</sup>



а б в

Рисунок 4 – Осаджені цинкові покриття в електроліті 350 г/л  $ZnSO_4$ , 30 г/л  $(NH_4)_2SO_4$ , 5-10 г/л лимонна кислота, рН = 2 за густин струму:  
а – 5 А/дм<sup>2</sup>; б – 10 А/дм<sup>2</sup>; в – 20 А/дм<sup>2</sup>

Дослідження впливу складу розчину та густини струму на якість катодних осадів мідь свідчить про наступне. В області невисоких густин струму отримані не суцільні із прогалинами покриття (рис. 3,4 – а), а за густин струму, що відповідають близько 50% від граничної осаджуються суцільні напівблискучі осадки цинку (рис.3,4 – б). При наближенні до граничної густини струму на краях зразків з'являється пригар (рис.3,4 – в). Як свідчать отримані дані, збільшення вмісту цинку, призводить до непропорційного зростання максимальної робочої густини струму, це може бути пояснено наявністю міграційного масоперенесення. З іншого боку отримані дані свідчать про можливість значної інтенсифікації процесу цинкування способом електронатирання.

## **ЕЛЕКТРОЕКСТРАКЦІЯ МІДІ З НІТРАТОВМІСНИХ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ПРОМИСЛОВИХ РОЗЧИНІВ**

**Більченко О. Ю., Ущатовський Д. Ю., Мотронюк Т. І.**

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

---

Промислові гальванічні стоки та відпрацьовані технологічні розчини містять іони важких металів та інші агресивні компоненти, які є екологічно небезпечними. Утилізація даних розчинів реагентним методом є високо затратною. Актуальним завданням є регенерація концентрованих відпрацьованих травильних розчинів та їх повернення зворотно на виробництво.

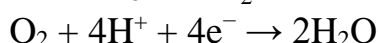
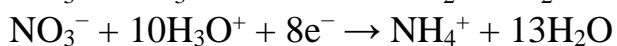
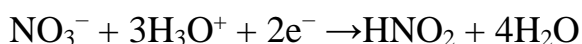
Мета даної роботи полягає у дослідженні можливості електроекстракції міді із кислих нітратовмісних розчинів. Оскільки наявність нітрат іонів суттєво впливає на катодний процес електроосадження міді та унеможливорює використання досить доступних свинцевих анодів.

Дослідженню підлягав відпрацьований розчин освітлення мідних деталей наступного іонного складу, моль/л:  $\text{Cu}^{2+}$  – 2;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 1,57;  $\text{Cl}^-$  – 3,5;  $\text{NO}_3^-$  – 1,36.

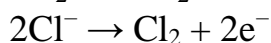
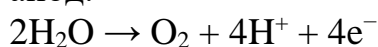
В роботі використовували скляну двоелектродну комірку об'ємом 0,5 дм<sup>3</sup>. Катодом слугувала пластина з нержавіючої сталі 12Х18Н9 площею 0,12 дм<sup>2</sup>, аноди – титан, вкритий шаром оксидів рутенію та титану (ОРТА) площею 0,48 дм<sup>2</sup>. Міжелектродна відстань становила 0,11 дм. Вихід за струмом визначали гравіметричним методом.

В процесі електроекстракції міді з досліджуваного розчину можливим є проходження таких реакцій:

катод:



анод:



В ході досліджень встановлено, що вихід за струмом та якість катодного осаду суттєво змінюється в залежності від величини катодної густини струму (рис. 1).



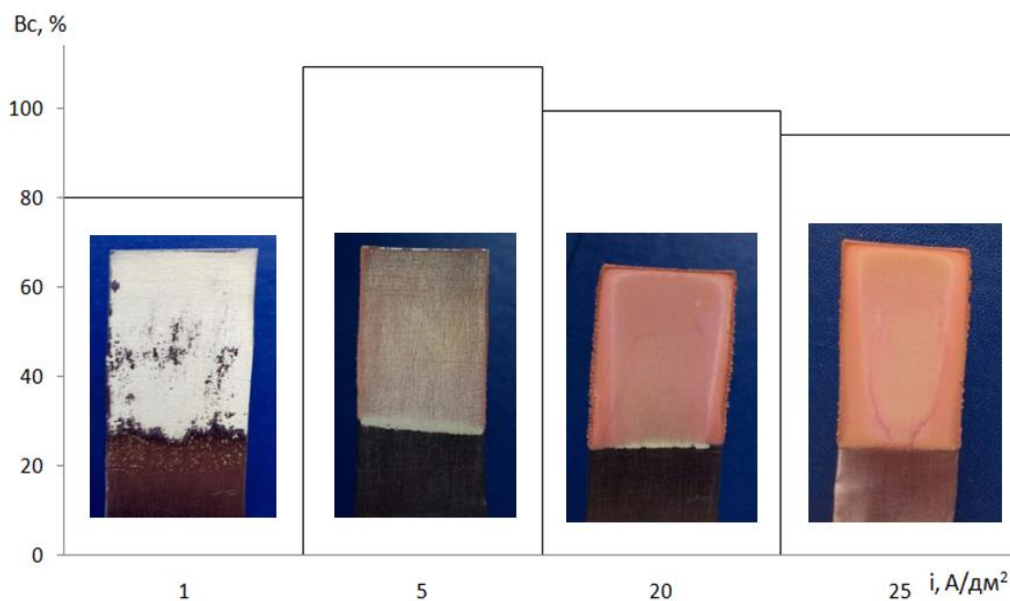


Рисунок 1 – Гістограма зміни виходу за струмом та якості катодних осадів міді в інтервалі густин струму 1-25 А/дм<sup>2</sup>

При густині струму 1 А/дм<sup>2</sup> на поверхні катода утворюється білий осад. Очевидно, відбувається осадження основних солей міді. Це відбувається внаслідок сильного підлюговування прикатодного шару за рахунок перебігу реакцій (2-5).

При густині струму 5 А/дм<sup>2</sup> посилюється газовиділення на електродах (реакції 4, 6) та перемішування розчину. Більш кислий електроліт з прианодного шару швидше надходить у прикатодний шар, внаслідок чого рН знижується і уможливується процес осадження міді. Однак, як видно з рисунку, основні солі продовжують утворюватися, через що вихід за струмом становить більше 100%.

Подальше підвищення густини струму (20 А/дм<sup>2</sup>) призводить до ще більшої інтенсифікації перемішування та до більшого підкислення у прикатодному шарі, при цьому вихід за струмом становить близько 100%, на катоді осаджуються компактний дрібнокристалічний осад міді. Наступне збільшення густини струму (25 А/дм<sup>2</sup>) призводить до зменшення виходу за струмом за рахунок інтенсифікації побічних процесів виділення водню та відновлення нітрат іону реакції (2-4).

Отже, в ході проведених досліджень підтверджена можливість електроекстракції міді, з відпрацьованого нітратовмісного розчину, в компактному вигляді, що дає змогу регенерувати розчин із його поверненням назад у виробництво.

## **ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ ОЛОВ'ЯНОГО КАТАЛІЗАТОРУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОВІДНОВЛЕННЯ CO<sub>2</sub>**

Аксьонова О. В., Забалуєв А. С., Лінючева О. В., Підвашецький Г. Ю.,  
Ущатовський Д. Ю.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Наразі гостро стоїть проблема викидів великої кількості CO<sub>2</sub> в атмосферу через активне споживання і виробництво енергії людством. Перспективним шляхом вирішення цієї проблем є електрохімічне перетворення діоксиду вуглецю до інших карбон-вмісних сполук, а саме – мурашиної кислоти або її солей форміатів (FA). Перевагами електроредукції CO<sub>2</sub> до FA є: порівняно низькі витрати електроенергії; рідкий стан продукту; висока селективність ряду недорогих каталітичних матеріалів. Для даного процесу було обрано олово через високу селективність та низьку токсичності.

Одним із найбільш перспективних способів отримання каталітичних матеріалів на основі олова є пряме електроосадження.

В даній роботі було досліджено вплив тривалості електроосадження каталітичного шару на вихід за струмом процесу електровідновлення CO<sub>2</sub> до FA. Електроосадження олов'яних каталізаторів здійснювали з сульфатного електроліту, що додатково містив, г/дм<sup>3</sup>: ОП-10 – 1-2, желатин – 2-4. Тривалість електроосадження 2 та 4 год. Зразки – прямокутна мідна фольга марки М0 площею 3,5 см<sup>2</sup>. Електросинтез форміату натрію здійснювали в мембранній триелектродній комірці у потенціостатичному режимі, у 0,1 М NaHCO<sub>3</sub> рН 6,8, швидкість барботування CO<sub>2</sub> 5 мл/хв. Кількість отриманого форміату натрію визначали перманганатометричним титруванням. Отримані дані наведено в таблиці.

Таблиця 1 – Вихід за струмом форміату натрію на різних каталізаторах

Електрод	Е, В	i, А/дм <sup>2</sup>	Вс, %
Поліроване олово	-1,8	0,58	8,55
Тривалість осадження 2 год	-1,8	0,82	12,64
Тривалість осадження 4 год	-1,8	0,47	10,15

Загалом, як видно з таблиці, найбільший вихід за струмом форміату натрію був досягнутий при використанні катода, тривалість електроосадження каталітичного шару якого складало дві год. Це пов'язано з тим, що ефективність перетворення CO<sub>2</sub> та вихід за струмом на пряму залежать від питомої площі каталітичної поверхні. При тривалості осадження 2 год формується шорстка поверхня, з кристалами пірамідальної форми, яка має нанорозмірні (<100нм) гребінці. При подальшому осадженні олова розмір кристалів зростає, а їх поверхня згладжується, що призводить до зменшення питомої площі поверхні і, як наслідок – каталітичної активності.

**ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ДЕСТРУКЦІЯ ФУРАЦИЛІНУ НА PbO<sub>2</sub>-АНОДИ**

Загорулько С. Ю., Шмичкова О. Б., Лук'яненко Т. В., Веліченко О. Б.

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

В системі охорони здоров'я значне місце займає забезпечення населення фармацевтичними препаратами (ФП). Через відсутність ефективної біологічної очистки стічних вод залишки ФП та їх похідних виявляються в поверхневих та ґрунтових водах. Одним з перспективних методів очищення стічних вод є електрохімічне (анодне) окиснення. Головною перевагою методу є його умовна безреагентність за рахунок утворення під дією електричного струму оксигенвмісних радикалів в якості сильних окисників. Це створює умови для ефективної руйнації ФП, до того ж у ряді випадків утворювані проміжні продукти є більш біорозкладаними і менш токсичними, ніж вихідні субстрати. Таким чином, попередня електрохімічна конверсія забруднювачів є необхідною стадією для подальшої біологічної обробки стоків.

Робота присвячена вивченню закономірностей процесу електрохімічного окиснення фурациліну на PbO<sub>2</sub>-анодах. Електроокиснення органічних сполук проводили в комірці з розділеними іонообмінною мембраною анодним і катодним просторами за  $j_a=50$  мА/см<sup>2</sup>. В якості катода використовували сталеву пластинку, анода – діоксидносвинцеві електроди. Площа електродів становила 2,5 см<sup>2</sup>. Конверсію водного розчину фурациліну проводили у термостатованій комірці ( $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) з електролітом наступного складу: фосфатний буфер (0,25 М Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>+0,1 М KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)+ 0,1 мМ фурациліну (рН=7.0).

Зміну концентрації препарату під час електролізу визначали шляхом відбору проб (об'ємом 5 см<sup>3</sup>) із певною періодичністю та вимірюванням оптичної щільності розчину в УФ і видимій областях (область довжин хвиль 200-570 нм). Спектри поглинання розчинів, що містять органічні речовини, були отримані за використання спектрофотометра СФ-46.

Спектральні данні свідчать про те, що повна конверсія фурациліну до аліфатичних продуктів відбувається на діоксидносвинцевих анодах за 6 годин. Вихідний розчин фурациліну характеризується максимумами поглинання за 260 та 380 нм. Під час електролізу спостерігалось зниження оптичної густини максимумів поглинання до відсутності поглинання, що свідчить про повну конверсію фурациліну.

Встановлено кінетичні закономірності окиснення фурациліну. Характер залежності логарифму концентрації від часу вказує на псевдо перший порядок реакції за вихідною речовиною. Гетерогенна константа швидкості руйнування фурациліну складає  $7,83 \cdot 10^{-3}$  хв<sup>-1</sup>.

## **МЕХАНІЗМ ЕЛЕКТРОСИНТЕЗУ ФОРМАТІВ ТА ВПЛИВ рН НА ЇХ ВИХІД ЗА СТРУМОМ**

Підвашецький Г. Ю., Ущаповський Д. Ю.

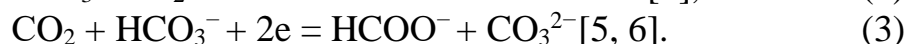
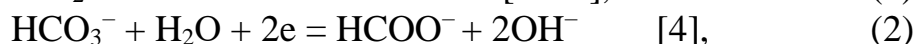
*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Сьогодні у світі гостро стоїть проблема енергетичного забезпечення і її частковим рішенням є паливні елементи, питомі характеристики котрих значно покращуються з кожним роком. Одним із видів рідкого палива для паливних елементів є формиати, синтез яких проводять хімічно або електрохімічно із похідних вуглекислоти (діоксиду вуглецю та гідрокарбонатів лужних та лужноземельних металів).

Електрохімічне селективне відновлення  $\text{CO}_2$  до формиату можливе на таких каталітично активних металах, як ртуть, свинець та олово, що характеризуються високою перенапругою виділення водню. Здебільшого використовується останнє, завдяки своїй екологічності та високій селективності.

Продуктивність процесу електросинтезу формиатів залежить від таких параметрів як температура, тиск, потенціал та морфологія поверхні катода, а також концентрація компонентів розчину, сорту катіона та рН середовища.

Власне механізм електрохімічного отримання формиату за різними літературними даними описується наступними реакціями:



Відповідно до літературних даних механізм електросинтезу формиату є дискусійним, що стимулювало до проведення даних досліджень.

Електросинтез формиату натрію проводили у мембранній комірці за стандартних умов на пласкому полірованому олов'яному електроді площею  $3,5 \text{ cm}^2$  за потенціалу  $-1,7 \text{ В}$  (НХСЕ) у розчині  $0,1 \text{ М NaHCO}_3$  із постійним барботуванням  $\text{CO}_2$  зі швидкістю подачі  $4 \div 5 \text{ мл/хв}$ . Форміат визначався перманганатометричним титруванням.

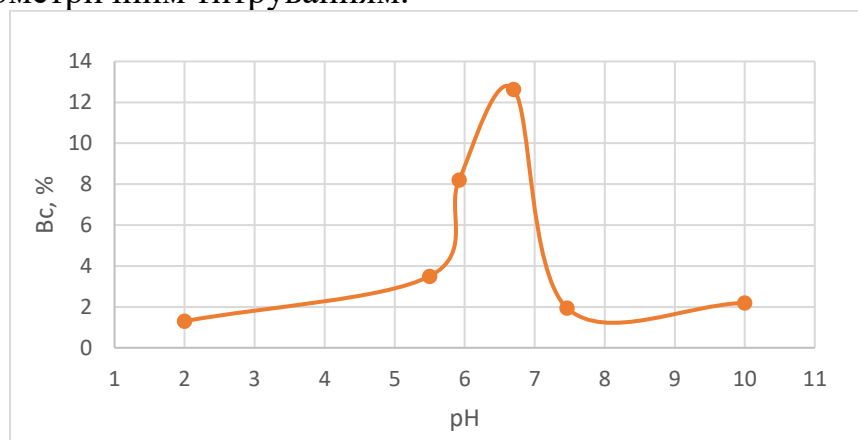


Рисунок 1 – Залежність виходу за струмом формиату натрію від рН

Як видно з рисунку 1 залежність виходу за струмом формиату натрію від початкового рН розчину має екстремальний характер. Зпівставлення отриманих експериментальних даних із діаграмою існування форм вуглекислоти за різного значення рН (рис. 2) дає можливість пояснити одержані результати.

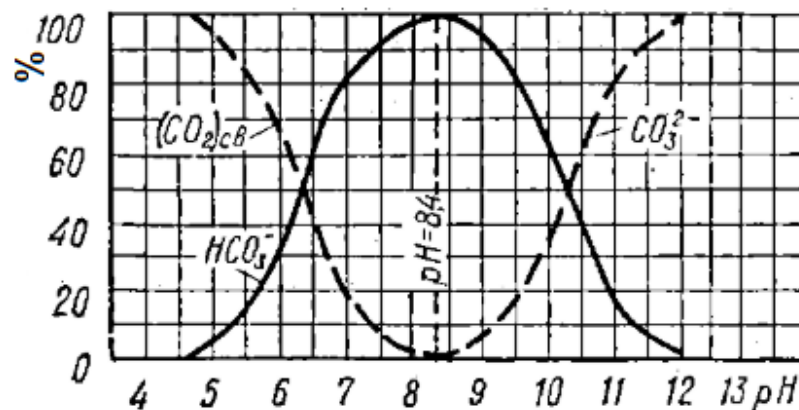


Рисунок 2 – Молярні концентрації компонентів вуглекислоти залежно від рН [7]

Як видно з рисунків 1 та 2, у дослідах без барботажу  $CO_2$ , але за наявності гідрокарбонатів (рН 10), та у сильноокислих середовищах коли вміст молекулярного  $CO_2$  максимальний, але неможливе існування гідрокарбонатів, виходи за струмом формиату натрію є мінімальними. При рН 6,3-6,4, що відповідає еквівалентному вмісту вільного діоксиду вуглецю та гідрокарбонату (рис. 2) вихід за струмом  $NaHCOO$  є максимальним і становить 12,6%. Це може свідчити про те, що максимальний вихід за струмом формиату досягається лише у випадку коли в реакції одночасно беруть участь як гідрокарбонат, так і  $CO_2$  у молекулярній формі – реакція (3).

#### Література:

1. Z. Sun, et al., Chem 3, 2017, pp. 560–587
2. N. Ikemiya, et al., SC Adv., 2017, 7, pp. 22510–22514
3. P. Bumroongsakulsawat, G.H. Kelsall, Electrochimica Acta, 2014, 141, pp. 216–225.
4. B. Innocent, et al., J. Appl. Electrochem, 2009, 39, pp. 227–232.
5. C. Zhao, J. Wang, Chemical Engineering Journal, 2016, 293, pp. 161–170
6. S. Zhang, P. Kang, T.J. Meyer, J. Am. Chem. Soc., 2014, 136, pp. 1734–1737.
7. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Л. А. Кульский, И. Т. Гороновский, А. М. Когановский, М. А. Шевченко ; [Отв. ред. А. Т. Пилипенко]. Ч. 1 – Киев : Наук. думка, 1980. – С. 172.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИОННОГО ОБМЕНА НА ИОНИТАХ

Волкова В. И., Кошель С. А., Смирнова Е. В., Кошель Н. Д.

---

ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»,  
Днепр, Украина

---

Одной из наиболее эффективных технологий водоподготовки является обессоливание воды ионным обменом на природных или синтетических ионитах (ионообменных смолах). Механизм работы ионитов состоит в избирательном поглощении из воды одних ионов и замене их другими, входящими в состав ионита. В процессе обмена через границу раздела твердофазного ионита и воды под действием градиентов концентрации движутся встречные потоки ионов одного знака (анионов в анионитах или катионов в катионитах). На эти процессы диффузионной природы накладываются явления специфической избирательной адсорбции, что обеспечивает основную функцию, но существенно усложняет механизм обменного процесса.

### *Экспериментальная часть и обсуждение*

Исследования самого обменного процесса выполняли в стальном реакторе (0,6 л) с небольшой порцией смолы АН-2ФН при интенсивном перемешивании и температуре  $25 \pm 0,5$  в модельном растворе  $\text{NaCl} + \text{NaOH}$ ,  $C_{\text{SA}} = (C_{\text{S}} + C_{\text{A}}) < 0,04$  М. Специально сконструированным резистометром с проточным сенсором регистрировали динамику изменения сопротивления раствора и рассчитывали его состав. Было обнаружено, что скорость ионного обмена сохраняется постоянной во времени, несмотря на изменение состава ионита и градиентов концентраций. Эффект связан с возникновением электрического поля в ионите при движении встречных потоков ионов, имеющих различающиеся подвижности.

Для более детального анализа механизма обмена были выполнены эксперименты на односторонней мембране МА-40 с герметично изолированной обратной стороной, пропитанной в 1М NaOH. Мембрану размещали в ячейке, заполненной раствором NaCl (концентрации в опытах 0.25, 0.5 и 1 М). Фиксировали динамику изменения во времени разности потенциалов между обратимыми относительно ионов  $\text{Cl}^-$  электродами сравнения AgCl/Cl с противоположных сторон мембраны. Такая система моделирует единичное зерно ионита и позволяет оценить характер его внутреннего электрического поля.

Из рисунка 2 видно, что в поверхностном слое ионита формируется равновесная концентрация ионов  $\text{Cl}^-$ , блокирующая процесс обмена. Полагая потенциал AgCl/Cl-электрода равным  $E = (RT/F) \cdot \ln(C_{\text{C}}/C_{\text{P}})$ , где  $C_{\text{C}}/C_{\text{P}}$  – отношение концентраций ионов  $\text{Cl}^-$  в фазах смолы и раствора вблизи границы раздела, можно определить равновесные концентрации ионов  $\text{Cl}^-$ , в смоле как  $C_{\text{C}} = \exp(-E/(RT/F))$ .

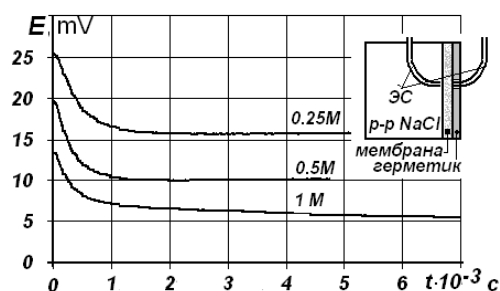


Рисунок 1 – Динамика изменения потенциала, измеренного электродом сравнения AgCl/Cl на границе мембрана-раствор. Числа на кривых – концентрация NaCl в растворе

Вычисленные значения  $C_c$  в отношении  $C_c/C_p$  равны 0.002/0.25, 0.02/0.5, 0.14/1 М.

Если изменить условия эксперимента, и расположить открытую с обеих сторон мембрану как перегородку, разделяющую два раствора – NaCl (0.25, 0.5 и 1 М) и 1М NaOH, получим обычную мембрану, работающую в режиме электродиализа.

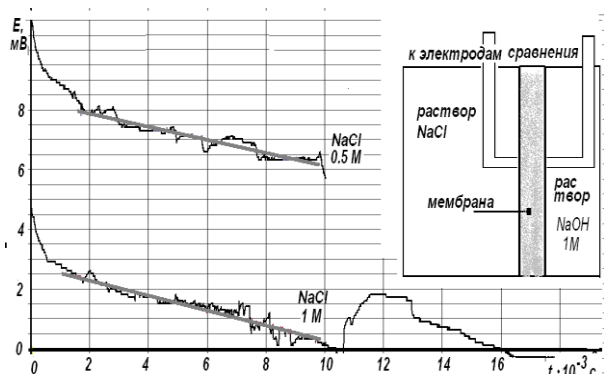


Рисунок 2 – Динамика изменения разности мембранных потенциалов на мембране МА-40, ДЕ, которые представляют собой скачки потенциала на границах ионит-раствор, и являются функцией разности равновесных концентраций на границах мембраны внутри нее

Разность  $\Delta E$  является движущей силой диффузии. Как видно из рисунка 2, при  $C_S=C_A=1$  М  $\Delta E \approx 0.004\text{В} > 0$ , т.е. равновесные концентрации на двух поверхностях не одинаковы, возникает электрическое поле и миграционно-диффузионные встречные потоки ионов с равными скоростями  $g = D_{EF} \cdot (C_{SC2} - C_{SC1})/h) = g = -D_{EF} \cdot (C_{C2} - C_{C1})/h)$ , где в скобках – равные разности равновесных концентраций ионов хлора или гидроксила,  $h$  – толщина мембраны  $D_{EF}$  – эффективный коэффициент диффузии.

Таким образом, модельные измерения на односторонней мембране позволяют непосредственно определить внутрифазные равновесные концентрации ионов и оценить характер селективного действия ионита.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА  
ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ  
ПОЛУЧЕНИИ ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ КАК АКТИВНОГО  
ВЕЩЕСТВА СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ**

Вепрева А. И., Набоков Д. В., Сыкчин А. С., Сулопарова А. С., Коваленко В. Л.,  
Коток В. А., Бурков А. А., Ананченко Б. А., Deabate S., Mehdi A., Bantignies J.-L.,  
Henn F., Баскевич А. С.

---

*Украинский государственный химико-технологический университет, Днепр, Украина  
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация  
Institut Européen des Membranes, Université de Montpellier, Montpellier, France  
Institut Charles Gerhardt de Montpellier, Université de Montpellier, Montpellier, France  
Equipe Nanomatériaux et Spectroscopie, Laboratoire Charles Coulomb, Université de  
Montpellier, Montpellier, France*

---

Гибридные суперконденсаторы (СК) с оксидноникелевым электродом широко используются как основной или вспомогательный источник энергии для электромобилей или гибридных автомобилей, для запуска электродвигателей различного типа, для ИБП различных компьютерных систем, медицинского или другого оборудования, жилых и офисных помещений и др. Из-за заряда/разряда СК высокими токами, электрохимический процесс локализуется на поверхности или в тонком поверхностном слое частиц. Следовательно  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  включает высокую удельную поверхность и оптимальную кристалличность. Для получения гидроксида никеля высокой кристалличности было предложено использовать двухступенчатый высокотемпературный синтез, проходящий по схеме: « $\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2$ » – «СИНТЕЗ» (24 часа,  $140^\circ\text{C}$ ) – « $\text{Na}_2\text{NiO}_2$ » – «ГИДРОЛИЗ» (24 часа,  $170^\circ\text{C}$  – горячий,  $20^\circ\text{C}$  – холодный) –  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ .

Целью исследования была оптимизация длительности и температуры стадии синтеза  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  с высокой удельной емкостью. Для достижения цели необходимо было предложено использовать длительности 6, 12, 18 и 24 часа. Полученные образцы были изучены методами РФА, СЭМ, ДСК, ДТА, циклической вольтамперометрии и гальваностатического зарядно-разрядного циклирования. Удельные емкости были рассчитаны для двух режимов: полный разряд и разряд до потенциала 0 В.

В результате были найдены оптимальные условия стадии синтеза никелата натрия. Показано, что при коротком синтезе не формируется гидроксид никеля «псевдо-простой» морфологии.



## ПІДВИЩЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ПАЛИВНОГО ЕЛЕМЕНТА ІМПУЛЬСНОЮ ПОДАЧЕЮ ОКИСНИКА І ПАЛИВА

Тягур У. М., Якубенко В. В., Букет О. І.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Паливні елементи не без підстав називають філософським каменем технічної електрохімії. Останнім часом інтенсифікувалися розробки щодо їх вдосконалення як у напрямі каталізу, так і в напрямі конструктивних рішень. З огляду на літературні дані та зважаючи на відсутність загальної теорії електрохімічного каталізу можна передбачити, що проривних рішень у галузі принципово нових й значно ефективніших каталізаторів найближчим часом не очікується. Тому варто зосередити увагу на інтенсифікацію використанні тих каталітично активних матеріалів, що вже відомі й набули широко вжитку. Тоді варто докласти зусиль до вдосконалення конструкції паливних елементів та/або генераторів електроенергії на їх основі з метою підвищення, наприклад, їх питомої потужності.

Проведена серія експериментів з 3D-електродами з платинованого нікелю показала, що при імпульсній подачі окисника (повітря) на такий електрод у системі з рідким водним розчином електроліту спостерігається стрибкоподібне зростання й наступне падіння струму окиснення палива, яким виступав свинцевий електрод. Така поведінка капілярно-пористого електрода змоченого водним розчином є досить очікуваною. Проте було встановлено, що сумарна кількість електрики, генерована електрохімічною системою в імпульсному режимі перевищує таку, що генерована при подачі окисника з постійним тиском. Показано, що кількість електрики під піками зростання струму при підвищенні тиску переважає таку під суттєво меншими за площею провалами при поверненні тиску до атмосферного.

Таким чином, імпульсна подача газоподібного окисника на капілярно-пористий електрод дозволяє частково зняти транспортні обмеження електрохімічної реакції на катоді паливного елемента. Вірогідно, подача газоподібного палива має аналогічні особливості. Для більшості засобів подачі газоподібних і рідких речовин під деяким тиском імпульсний режим нагнітання робочого середовища є найбільш природним й таким, що не потребує додаткових технічних пристосувань. Тому, імпульсна подача як окисника, так і палива не вимагатиме в сучасних потужних електрохімічних генератора суттєвих конструкційних ускладнень. Звичайно, для більшості споживачів необхідний стабілізований струм, що не становить значної проблеми, оскільки на сьогодні засоби стабілізації струму розвинені значно краще, ніж у минулі десятиліття.

**ПОЛУЧЕНИЕ NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> МЕТОДОМ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА КАК АКТИВНОГО  
ВЕЩЕСТВА СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ**

Сулопарова А. С., Сыкчин А. С., Коваленко В. Л., Коток В. А., Бурков А. А.,  
Ананченко Б. А., Deabate S., Mehdi A., Bantignies J.-L., Henn F., Баскевич А. С.

---

*ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»,  
Днепр, Украина*

*Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация  
Institut Européen des Membranes, Université de Montpellier, Montpellier, France  
Institut Charles Gerhardt de Montpellier, Université de Montpellier, Montpellier, France  
Equipe Nanomatériaux et Spectroscopie, Laboratoire Charles Coulomb, Université de  
Montpellier, Montpellier, France*

---

Гидроксид никеля широко используется как активное вещество в химических источниках тока (аккумуляторах и суперконденсаторах). При этом он может использоваться как исходное вещество Ni(OH)<sub>2</sub> (щелочные аккумуляторы и суперконденсаторы), так и оксид никеля (для литиевых ХИТ и суперконденсаторов). Широко известно, что введение добавки кобальта увеличивает удельную емкость гидроксида никеля как активного вещества щелочных аккумуляторов. Кроме того, смешанные никель-кобальтовые оксиды используются как высокоэффективные катодные активные вещества литиевых ХИТ и фарадеевских электродов суперконденсаторов. Характеристики ХИТ в значительной степени зависят от свойств активного материала, а они в свою очередь зависят от метода и условий синтеза.

Одним из методов получения гидроксида никеля для использования в суперконденсаторах, при котором образуются «псевдопростые» кристаллы гидроксида никеля с фрактальной геометрией, является двухступенчатый высокотемпературный синтез. На первой ступени концентрированный раствор перхлората никеля по каплям добавляется высококонцентрированный раствор щелочи, потом выдерживается при постоянном перемешивании и температуре 140°C в течении суток. При этом образуется осадок никелата натрия Na<sub>2</sub>NiO<sub>2</sub>. На второй ступени отбирается часть маточного раствора, и добавляется вода и проводится гидролиз при постоянном перемешивании и температуре 170°C в течении суток для перехода никелата натрия в гидроксид никеля (горячий гидролиз). Отобранный маточный раствор переносился в большой объем дистиллированной воды, в котором проходил гидролиз в течении суток (холодный гидролиз). Этот синтез может быть модифицирован для получения никель-кобальтовых соединений. Для этого в исходный раствор вводили перхлорат кобальта. В литературе описано, что гидроксид кобальта (II) достаточно легко окисляется до оксигидроксида кобальта (III). Поэтому исходный раствор перхлоратов кобальта и никеля в соотношении Co:Ni=2:1. При этом было высказано предположение, что возможно будет синтезирован кобальтат никеля NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Исходный раствор для синтеза был получен, исходя из сульфатов кобальта и никеля по схеме:

Осаждение основного карбоната (с 30% избытком к стехиометрии) → фильтрование и отмывки от сульфатов → реакция основного карбоната с концентрированным раствором хлорной кислоты (взятым по стехиометрии) → фильтрование → упаривание до необходимой концентрации (контроль по массе).

Используя приготовленный исходный раствор, был проведен синтез. Образовавшийся продукт (как холодного, так и горячего синтеза) очень мелкодисперсный, чёрного цвета. Полученные вещества изучили методами ДТГ, ДСК, СЭМ, циклической вольтамперометрией и гальваностатическим зарядно-разрядным циклированием.

Данные циклической вольтамперометрии и гальваностатического зарядно-разрядного циклирования показали высокую электрохимическую активность полученного кобальтата никеля. Образец горячего гидролиза показал удельную емкость 150-183 Ф/г, при этом с повышением плотности тока циклирования емкость не только не снижается, а даже возрастает

#### **NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> горячий разряд до 0**

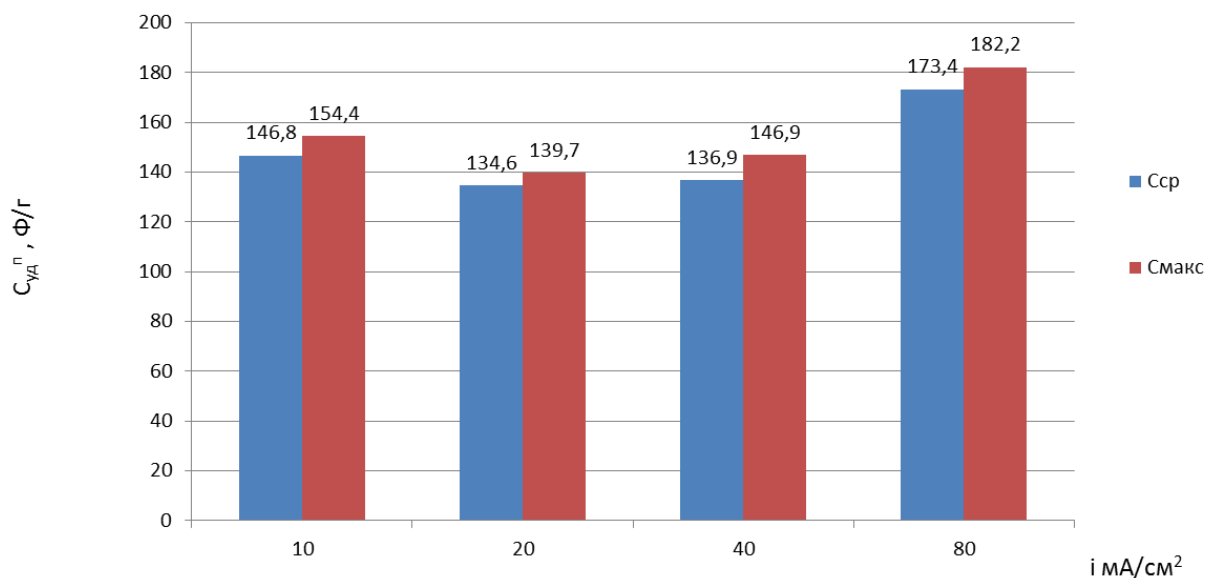


Рисунок 1 – Удельная емкость образца NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (горячего гидролиза) при разряде до 0 В, Ф/г

## ПОТЕНЦІОДИНАМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БАЗИСУ ПІТИНГОСТІЙКОСТІ АУСТЕНІТНОЇ СТАЛІ AISI 316 ПРИ НАКЛАДАННІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ВІБРАЦІЇ

Берегова Н. С., Мальцева Д. В., Васильєв Г. С.

НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

У теплових пунктах сучасних багатоквартирних будинків встановлюються ефективні та малогабаритні пластинчасті теплообмінники. Однак, при нагріванні природних вод без попередньої підготовки існує проблема пітингової корозії теплообмінних пластин та утворення накипу на поверхні теплообміну. Наслідком пітингової корозії є наскрізна перфорація пластин, через що вода з водоканалу потрапляє до теплової мережі і викликає пошкодження трубопроводів та утворення осадів у котлах.

За сучасними даними перспективним методом зменшення швидкості пітингової корозії є застосування ультразвукової кавітації. Проте, внаслідок малого радіусу поширення кавітаційного поля у рідині, більш доцільним є використання ультразвукової вібрації для боротьби із пітинговою корозією аустенітних сталей.

Вивчення впливу ультразвукової вібрації на пітингову корозію проводилось згідно ГОСТ 9.912-89 і полягало у визначенні базису пітингостійкості сталі при накладанні вібрації та без неї. Зразок із сталі AISI 316 з робочою поверхнею  $4 \text{ cm}^2$  притискали до торця ультразвукового випромінювача, що працював на частоті 27 кГц із споживаною потужністю 10 Вт. Сталь поляризували в анодну сторону в розчині 3.5% NaCl зі швидкістю  $2 \cdot 10^{-4} \text{ В/с}$  до появи анодного струму густиною  $15 \text{ мкА/см}^2$ . Після активації поляризацію змінювали на катодну.

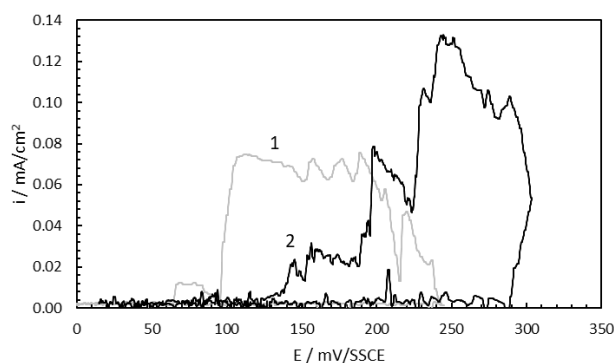


Рисунок 1 – Потенціодинамічні криві сталі AISI 316 в 3.5% NaCl:  
1 – без ультразвуку; 2 – при ультразвуковій вібрації.

За отриманими даними, під дією ультразвукової вібрації відбувається зміщення потенціалу активації сталі на 50 мВ в анодну сторону, в той же час потенціал репасивації також зміщується на майже 100 мВ в анодну сторону. Таким чином накладання ультразвукової вібрації дозволяє збільшити стійкість сталі AISI 316 до пітингової корозії.

## РОЗПОДІЛ ГАЛЬВАНІЧНИХ СТРУМІВ ПРИ ДИФЕРЕНЦІЙНІЙ АЕРАЦІЇ В СИСТЕМІ ТРУБА-ВІДВІД

Коваль О. В., Васильєв Г. С.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Забезпечення багатоквартирних будинків гарячою водою здійснюється системою гарячого водопостачання. Основна частина трубопроводів – сталеві водорозподільні стояки, до яких приєднуються крани та осушувачі рушників. Вода системи гарячого водопостачання не проходить спеціальної водопідготовки для зниження корозивності і при контакті зі сталевими трубопроводами викликає їх корозію. Найбільш вразливими виявляються місця збільшення гідравлічного опору – відводи та повороти труб, де внаслідок зміну напрямку течії і її швидкості виникають пари диференційної аерації. Зокрема, типовим місцем прискореного руйнування є місце підключення осушувача рушників до стояка. Через роботу пари диференційної аерації наскрізне руйнування труби іноді відбувається за 3÷5 років експлуатації при нормативному терміні експлуатації – 25 років.

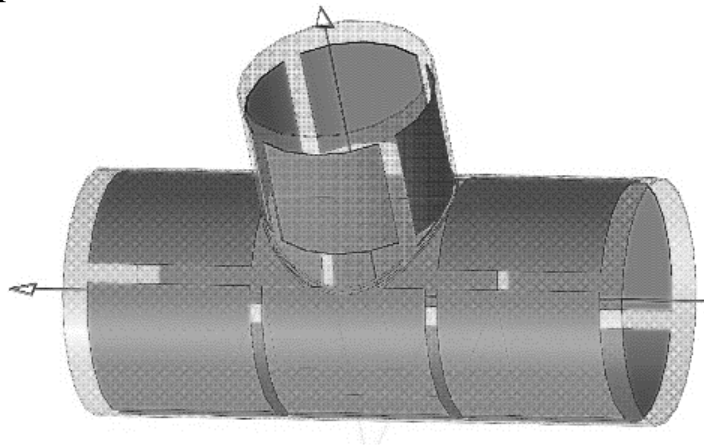


Рисунок 1 – Схема модельної установки для визначення струмів диференційної аерації

Для вирішення проблеми нами досліджено роботу пар диференційної аерації в системі труба-відвід на модельній установці (рис. 1). Установка являє собою ділянку трубопроводу із відводом під кутом 90°, підключену до циркуляційного контуру. Контур заповнюється водогінною водою, обладнаний циркуляційним насосом та ТЕНом. Модельна установка виготовлена із поліпропілену, а із внутрішньої сторони розподілена на 15 сталевих плоских елементів, що через провідники короткозамкнені між собою. В установці передбачена можливість послідовно підключати мікроамперметр до кожної із 15 пластин для вимірювання гальванічних струмів на кожній пластині. За результатами вимірювань можна встановити які ділянки труби стають анодами, яка швидкість їх руйнування та як впливають параметри роботи системи на величини струмів.

**СИНТЕЗ ИНДИГОКАРМИН-ИНТЕКАЛИРОВАННОГО Ni-Al  
СЛОИСТОГО ДВОЙНОГО ГИДРОКСИДА КАК  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА И ПИГМЕНТА**

Горбонос А. А., Коваленко В. Л., Коток В. А.

---

*Хіміко-екологічний Ліцей, Дніпро, Україна*

*Український Державний Хіміко Технологічний Університет, Дніпро, Україна*

*Вятский Государственный Университет, Киров, Россия*

---

**Введение.** В третьем тысячелетии для человека огромную роль играет мобильность, при которой он не привязан к источникам энергии. Асимметричные суперконденсаторы, в частности с окисноникелевым электродом, широко используются как основной или резервный источник энергии в различных устройствах. На дорогах всё больше «зелёных» электромобилей или автомобилей с гибридным двигателем, источником энергии в которых служат такие суперконденсаторы. Стоимость и характеристики подобных гибридных гидроксида никеля определяются характеристиками. В тоже время окрашенные оксиды и гидроксиды металлов используются в качестве пигментов различного назначения. Одним из путей повышения активности гидроксида никеля является синтез слоистых двойных гидроксидов (СДГ) на основе Ni(OH)<sub>2</sub>. В кристаллическую решетку СДГ для компенсации избыточного положительного заряда входит анион, который, как правило, является балластом. Интеркалирование электрохимически активным окрашенным анионом является перспективным путем повышения электрохимической активности Ni-СДГ, имеющего пигментные свойства.

**Метод синтеза.** Синтез пигмента проводился методом синтеза при постоянном рН: растворы нитратов никеля и алюминия (с соотношением Ni:Al=4:1), щелочи и индигокармина перистальтическими насосами подавались в реакционный стакан, содержащий начальный раствор, при температуре 60°C и непрерывным перемешиванием. Синтез проводился в двух вариантах: 1) при равновесном рН (в качестве начального раствора использовалась дистиллированная вода, количество щелочи соответствовало стехиометрии реакции); 2) при рН=14 (начальный раствор имел рН=14, количество щелочи, подаваемое в реакционный стакан, рассчитывалось по стехиометрии с избытком для поддержания рН=14). В качестве образцов сравнения по вышеуказанным методикам были синтезированы карбонат-интеркалированные Ni-Al СДГ. После окончания процесса добавления реакционная смесь выдерживалась при той же температуре и перемешивании 20 минут. Далее полученный осадок отфильтровывался на вакуум насосе, высушивался при 90-95°C в течении суток, размалывался, заливался дистиллированной водой для отмывки от солей и неинтеркалированного красителя, отфильтровывали снова высушивали.

**Методы изучения образцов.** Изучение структуры и свойств проводилось с помощью рентгенофазового анализа, термогравиметрии и

дифференциальной сканирующей калориметрии. Цветовые характеристики изучались путем определения координат цвета на цветовом компараторе. Координаты цвета представлялись в системе XYZ и CIELab, а так же рассчитывались цветовой тон, чистота цвета и насыщенность. Изучение электрохимических свойств проводилось методами: 1) циклической вольтамперометрии; 2) гальваностатического зарядно-разрядного циклирования. В обоих случаях образец гидроксида в смеси с графитом и ПТФЭ наносился на рабочий электрод, изготовленный из пеноникеля. Электролит – 6М раствор KOH, электрод сравнения – хлорсеребряный, противоэлектрод – Ni сетка. В циклической вольтамперометрии электрод циклировали в интервале потенциалов 0-500 мВ. В случае гальваностатического заряда-разряда плотности тока циклирования: 20, 40, 60, 80, 120 мА/см<sup>2</sup>. При каждой плотности тока проводили 5 циклов.

**Результаты.** Рентгенофазовый анализ показал, что все образцы имеют решетку Ni(OH)<sub>2</sub>, т.е. фактически являются Ni-Al СДГ. DTG кривые пигментов показали, что введение индигокармина увеличивает термическую стойкость СДГ.

Были изучены цветовые характеристики синтезированных образцов пигментов. Выявлено, что индигокармин-интеркалированные Ni-Al СДГ, синтезированные при равновесном рН и рН=14 имеют близкие цветовые характеристики (цветовой тон 486 и 483 нм, чистота цвета 5 и 3% соответственно). Однако образец, синтезированный при равновесном рН, более темный, чем образец, синтезированный при рН=14: коэффициент диффузного отражения составил 9,1 и 15,42%.

Изучены электрохимические характеристики синтезированных образцов. Методом циклической вольтамперометрии показана высокая электрохимическая активность индигокармин-интеркалированных образцов. При гальваностатическом зарядно-разрядном циклировании выявлено наличие на разрядной кривой двух площадок. Первая площадка при потенциалах 260-210 мВ, соответствует разряду окисленной формы никеля. Вторая площадка при потенциалах -900...-1000 мВ, однозначно указывает на обратимый разряд анионам индигокармина. Таким образом, показано, что при зарядно-разрядном циклировании обратимо циклируется как гидроксид никеля, так и индигокармин, что увеличивает емкость индигокармин-интеркалированного Ni-Al СДГ. Показана высокая удельная емкость образцов.

**ВЫВОДЫ.** 1) Проведено получение образцов Ni<sub>4</sub>Al слоистого двойного гидроксида, интеркалированного индигокармином, методом синтеза при постоянном рН, а именно при равновесном рН и рН=14; 2) Методом РФА доказано образование индигокармин-интеркалированного Ni-Al слоистого двойного гидроксида; 3) Изучены цветовые характеристики образцов индигокармин-интеркалированного Ni-Al СДГ, полученных при разных рН. Показаны высокие пигментные характеристики

полученных образцов. **4)** Выявлены высокие электрохимические характеристики образцов индигокармин-интеркалированного Ni-Al СДГ, полученных при разных рН. **5)** Впервые выявлено обратимое циклирование индигокармин-аниона, интеркалированного в Ni-Al СДГ.



## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НАНОУГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА СУПЕРКОНДЕНСАТОРА С ЩЕЛОЧНЫМ ВОДНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ

Папулова А. И., Коваленко В. Л., Мансурова И. А., Савин А. А., Коток В. А.

*Украинский государственный химико-технологический университет, Днепр, Украина  
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация*

Гибридные и симметричные суперконденсаторы, в частности с водным щелочным электролитом, являются современными химическими источниками тока и широко используются как основной или резервный источник энергии в различных устройствах. В частности «зелёных» электромобилей или автомобилей с гибридным двигателем, источником энергии в которых служат такие суперконденсаторы. Поэтому увеличение характеристик суперконденсаторов является актуальной задачей. Углеродные наноматериалы используются в качестве активного материала «–» электродов гибридных суперконденсаторов и определение влияния различных параметров на их электрохимическую активность является актуальным.

Целью данной работы было сравнительное изучение электрохимической активности различных углеродных наноматериалов с учетом морфологии частиц и удельной поверхности для оценки возможности применения в качестве активного вещества намазного отрицательного электрода суперконденсатора со щелочным водным электролитом. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: 1) изучить физические и физико-химические свойства различных образцов углеродных наноматериалов; 2) изучить электрохимические характеристики различных образцов углеродных наноматериалов; 3) провести сравнительное изучение электрохимических характеристик образцов, опираясь на морфологию и удельную поверхность.

В исследовании были использованы: 1) **УНВ 55БР** Волокна коаксиально-конической морфологии (конусы, вставленные один в другой). г. Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Бореского СО РАН В основном массив УНВ содержит нитевидные структуры, построенные из графеновых плоскостей, уложенных под определенным углом к оси волокна; 2) **УНВ 25МР** Перистые волокна. г. Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Бореского СО РАН. В основном массив перистых УНВ состоит из волокон разного диаметра, до 100 нм; 3) **МУНТ/УНВ** г. Владимир, ВлГУ. Продукт CVD синтеза, массив представляет собой смесь многослойных УНТ и УНВ (структуры с полым внутренним каналом, структуры, подобные УНВ 55БР).; 4) **МУНТ (Т-М)** УНТ многослойные «Таунит-М». г. Тамбов, ООО «НаноТехЦентр»; 5) **ОУНТ** УНТ малослойные (одностенные) «Tuball». г. Новосибирск, Оксисал.; 6) **Пироуглерод**; 7) **МУНТ (Т-МД)** «Таунит-МД», озонированsq.

Методы изучения образцов. Морфологию образцов изучали СЭМ и ТЕМ. Состав определяли Ик-спектроскопией и EDX-анализом. Удельную поверхность определяли методом БЭТ (адсорбция азота). Изучение электрохимических свойств проводилось: 1) гальваностатическим зарядно-разрядным циклированием; 2) циклической вольтамперометрией.

Результаты зарядно-разрядного циклирования показали отсутствие прямой взаимосвязи между удельной поверхностью наноуглеродных материалов и удельной емкостью. На рисунке 1 показаны удельные емкости в Ф/г материала, а на рисунке 2 – удельные емкости, рассчитанные на м<sup>2</sup> удельной поверхности образца. Наиболее вероятно это связано с тем что не вся удельная поверхность наноуглеродных материалов доступна для электрохимического процесса.

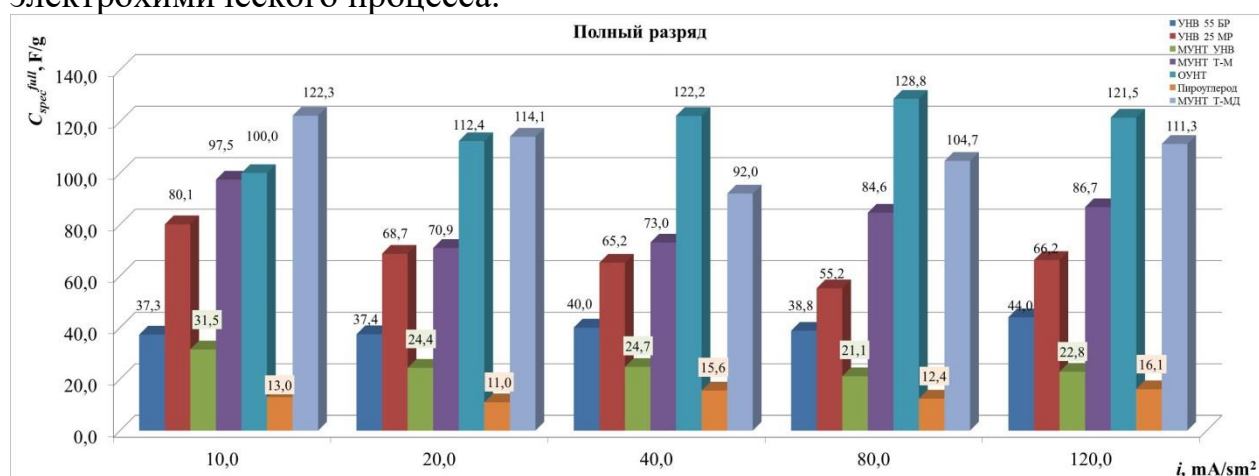


Рисунок 1 – Удельная емкость образцов наноуглеродных материалов, Ф/г

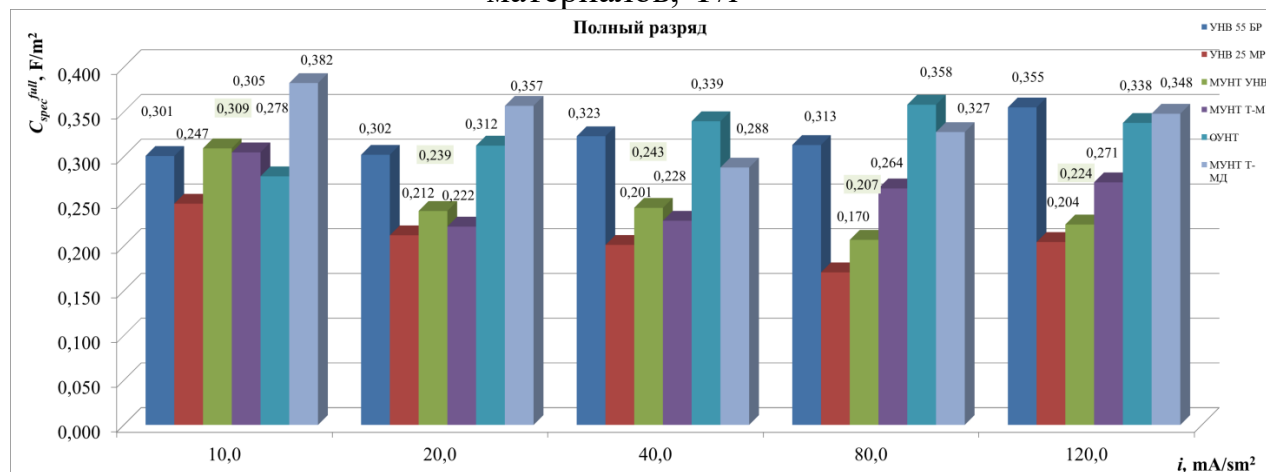


Рисунок 2 – Удельная емкость образцов наноуглеродных материалов, Ф/м<sup>2</sup> удельной поверхности

Максимальной удельной емкостью обладают образцы ОУНТ и МУНТ (Т-МД): 128,8 и 122,3 Ф/г, 0,358 и 0,382 Ф/м<sup>2</sup> соответственно.

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПЕНОНИКЕЛЯ КАК ТОКОТВОДА И ОСНОВЫ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРА

Спиров И. В., Сыкчин А. С., Коваленко В. Л., Коток В. А.

*Украинский государственный химико-технологический университет, Днепр, Украина  
Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация*

Гибридные суперконденсаторы, в частности с окисноникелевым электродом, являются современными химическими источниками тока и широко используются как основной или резервный источник энергии в различных устройствах. В частности «зелёных» электромобилей или автомобилей с гибридным двигателем, источником энергии в которых служат такие суперконденсаторы. Поэтому увеличение характеристик гибридных суперконденсаторов является актуальной задачей. При изготовлении «+» электродов в качестве основы для активной массы и токоотвода используется пеноникель.

Главная цель данной работы – провести сравнительное изучение электрохимической активности пеноникелевой основы различного производства для оценки возможности применения в качестве токоотвода и матрицы намазных электродов суперконденсаторов. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: 1) изучить электрохимические свойства образцов пеноникеля, полученных химическим и электрохимическим путем; 2) для оценки влияния состава металла нанести покрытия электрохимического никеля и химического никеля (при использовании в качестве восстановителя гипофосфита натрия) и провести сравнительное изучение электрохимических характеристик полученных образцов.

В исследовании были использованы 2 типа пеноникеля: 1) образец производства России (метод получения – электрохимический); 2) образец производства Китая (предполагаемый метод получения – нанесение химического никеля). Для получения образцов никеля различного состава были на стальную основу нанесены следующие покрытия:

1) электрохимический никель. Покрытие наносили из электролита матового никелирования при плотности тока 1 А/дм<sup>2</sup>;

2) химический никель. Покрытие наносилось при использовании в качестве восстановителя гипофосфита никеля. В этом случае формировалось покрытие сплавом никель-фосфор.

Методы изучения образцов. Изучение электрохимических свойств:

1) Циклическая вольтамперометрия.

2) Гальваностатическое зарядно-разрядное циклирование. В обоих случаях пеноникель использовался как рабочий электрод. Электролит – 6М раствор КОН, электрод сравнения – хлорсеребряный, противоэлектрод – Ni сетка.

В циклической вольтамперометрии электрод циклировали в интервале потенциалов 0-500 мВ. В случае гальваностатического заряда-разряда

плотности тока циклирования: 20, 40, 60, 80, 120 мА/см<sup>2</sup>. При каждой плотности тока проводили 5 циклов.

**Результаты.** Изначально было высказано предположение о составе металла в образцах пеноникеля.

Образец российского производства был получен на заводе «Новомет-Пермь» по следующей технологии:

1) на поверхность графитизированного войлока наносится тонкий слой химникеля.

2) на поверхности химического никеля гальванически наращивался более толстый слой электрохимического никеля.

3) в печи поролон полностью выжигался. После этого формировался пеноникель в виде открытоячейистой структуры с пористыми никелевыми проволочками.

Образцы российского пеноникеля имели большую толщину и жесткость из-за более толстого слоя никеля.

Образец пеноникеля китайского производства являлся коммерческим и представлял собой тонкие листы с высокой гибкостью. Было высказано предположение, что пеноникель китайского производства получен методом нанесения химникеля и представляют собой сплав никель-фосфор или никель-бор (в зависимости от примененного восстановителя).

Изучение электрохимических характеристик показало, что образцы китайского производства являются гораздо менее активными – удельная емкость (на единицу поверхности) образцов китайского производства были в 4-8 раз меньше, чем для образцов российского производства.

Было проведено сравнительное изучение электрохимической активности чистого никеля (электрохимический никель) и сплава никель-фосфор (химникель). Методом циклической вольтамперометрии было выявлено, что электрохимический никель имеет на циклической кривой как анодный, так и катодный пик. В тоже время для химникеля было обнаружено, что на циклической кривой наблюдается четко выраженный анодный пик, при этом катодный пик отсутствовал. Вероятнее всего это указывает на окислении фосфора как компонента сплава. Таким образом было высказано обоснованное предположение о более высокой коррозионной стойкости, и соответственно более высокой пассивности, сплава никель-фосфор по отношению в чистому никелю.

## УМНЫЕ ОКНА: СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ ПЛЕНОК ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Лавриненко С. Е., Коваленко В. Л., Коток В. А.

*Химико-экологический лицей, Днепр, Украина*

*Украинский государственный химико-технологический университет, Днепр, Украина*

*Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация*

Современный вектор развития стран – использование технологий, снижающих энергопотребление за счет внедрения специальных алгоритмов. Одним из таких видов является использование так называемых «умных окон», которые позволяют экономить электроэнергию на кондиционирование воздуха до 49%, снижают нагрузку на электрические сети в «пиковые» периоды на 16%, а также снижают затраты на освещение на 51%. «Умные окна», реализованные на базе специальных систем, которые они используют, могут обеспечить переменное освещение путем изменения светопропускания.

Электрохимические электрохромные материалы (например, гидроксид никеля) не требуют постоянного потребления электроэнергии – только в момент изменения оптического состояния, и они намного дешевле жидкокристаллических и взвешенных систем частиц.

Основной целью данного исследования является получение прозрачных однородных пленок  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  с высокими удельными характеристиками для электрохромных устройств. Для достижения этой цели могут быть решены следующие задачи: 1) нанести пленки на FTO стекле с различными темплатами (ПВА, ПВБ) и без них; 2) исследовать свойства, особенно оптические, полученных пленок.

Способы получения пленки. Предложено получение композиционного материала на основе  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  и поливинилового спирта (ПВС) методом катодного темплатного синтеза из водных растворов. В этом методе в качестве темплатов использовалась ПВС, которая образовывала матрицу в растворе и осаждалась вместе с  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ . Этот композиционный материал показал высокие электрохромные характеристики. В данном исследовании вместо ПВС использовался поливинилбутираль (ПВБ). Предпосылкой для применения ПВБ стало то, что это вещество используется для формирования прозрачных пленок для оптических приборов, а также для прочного сцепления и склеивания стекла. Поскольку ПВБ не растворяется в воде, для катодного осаждения использовали водно-спиртовой раствор (11% воды).

Способы изучения характеристик пленки: 1) циклическая вольт-амперометрия с параллельной регистрацией изменений прозрачности покрытия (CVA); 2) регистрация изменений в прозрачности покрытия в процессе самостопривольного осветления при хранении; 3) адгезионные

испытания окрашенного покрытия под цифровым микроскопом путем царапин для проверки пластичности пленки и адгезии

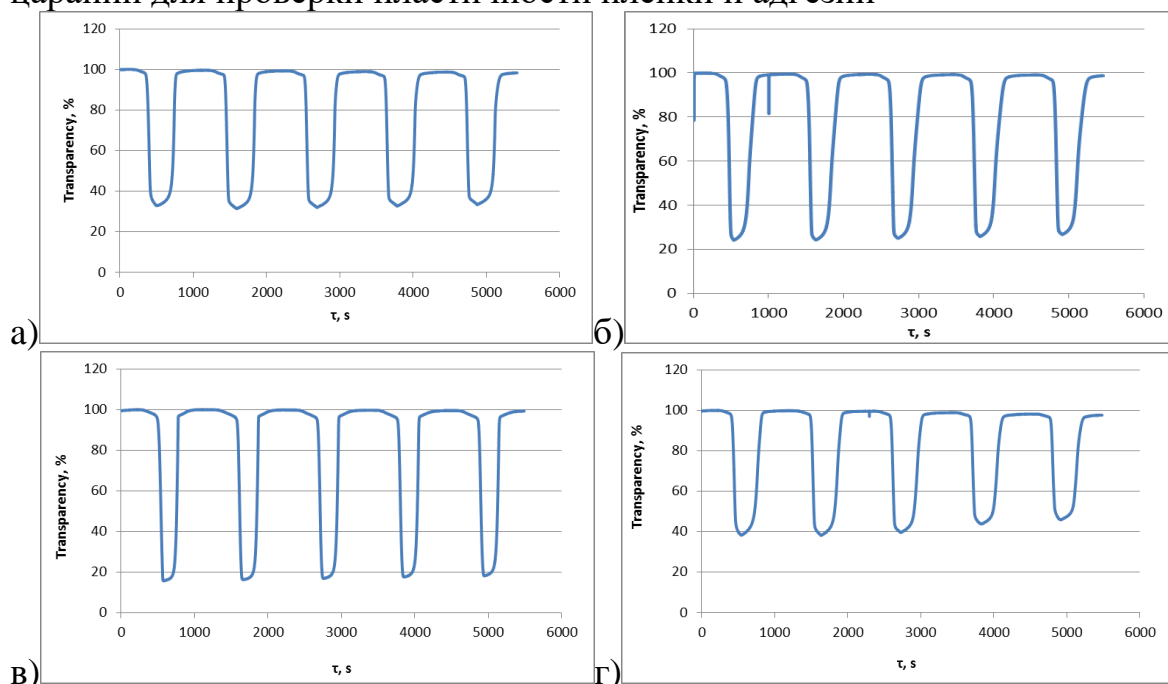


Рисунок 1 – Кривые «затемнение-осветление» образцов электро-хромной пленки а) с темплатом ПВС,  $i=0,1 \text{ mA/cm}^2$ ; б) с темплатом ПВБ,  $i=0,05 \text{ mA/cm}^2$ ; в) с темплатом ПВБ,  $i=0,1 \text{ mA/cm}^2$ ; а) без темплата,  $i=0,1 \text{ mA/cm}^2$ .

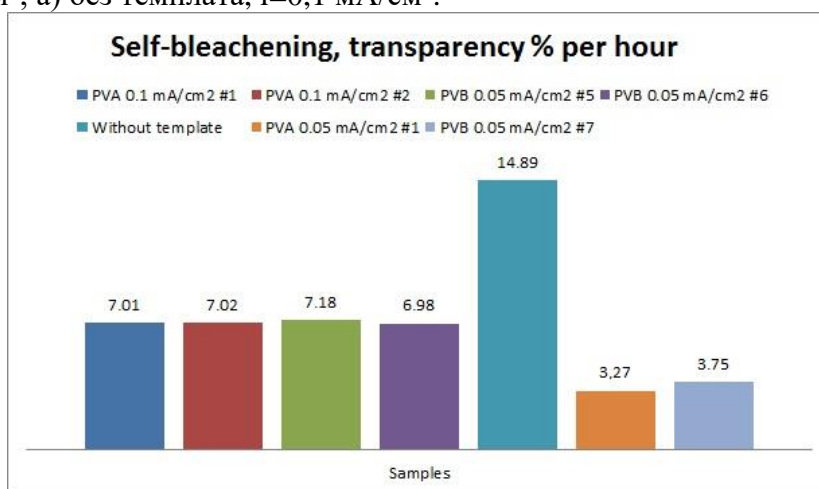


Рисунок 2 – Скорость само осветления различных образцов пленки

Выводы: 1) в процессе осаждения получен ряд высококачественных пленок в прозрачном состоянии; 2) электрохимическими и оптическим измерениями показаны высокие удельные характеристики, высокая обратимость процесса затемнения-осветления; 3) выявлено, что образцы с ПВБ-темплатом являются лучшими по высокой адгезии к поверхности, прозрачности и степени затемнения; 4) предложенный впервые в качестве темплата, поливинилбутираль для нанесения электрохромных покрытий, не растворимых в воде. Это дает возможность использовать пленки, полученные в присутствии ПВБ, при высоких температурах, что важно, исходя из возможности сильного нагрева в их солнечном свете.

**ФОРМИРОВАНИЕ Ni(III)-СОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ  
МЕХАНОХИМИЧЕСКОМ ТВЕРДОФАЗНОМ СИНТЕЗЕ**

Коваленко К. В., Самсонов И. В., Коваленко В. Л., Коток В. А.

*Вятский государственный университет, Киров, Российская Федерация  
Technical University of Kosice, Preshov, Slovak Republic**Украинский государственный химико-технологический университет, Днепр, Украина*

Гибридные суперконденсаторы с гидроксидно-никелевыми электродом широко используются как современные источники тока для запуска и работы различных электродвигателей, особенно в электромобилях, в ИБП для компьютеров и другого оборудования и т.д. Данная исследовательская работа посвящена разработке современного метода механохимического твердофазного синтеза для получения Ni, Ni-Co and Ni-Al гидроксидов с высокой электрохимической активностью. Для синтеза образцов гидроксида никеля из кристаллогидратных или безводных прекурсоров в качестве низкоэнергетического активатора была использована кофеинка. Синтезированные образцы изучались методами РФА, ТГ, ДСК, СЭМ, EDX, а так же циклической вольтамперометрией и гальваностатическим зарядно-разрядным циклированием.

Методами РФА, ТГ и ДСК было показано, что все образцы являются  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub>. Для подтверждения формирования гидроксида никеля непосредственно во время синтеза и для определения серого вещества, которое при этом образуется, были проведены синтезы: безводный синтез удвоенной длительности (20x30 с) и синтез удвоенной щелочности. Часть реакционной смеси после безводного синтеза удвоенной длительности не промывалась. На дифрактограмме непромытого образца (рис. 1 А) обнаружены пики гидроксида никеля высокой кристалличности. Это является строгим доказательством формирования гидроксида никеля в результате механохимического твердофазного синтеза до промывки. Так же на дифрактограмме были выявлены пики нового вещества 4Ni(OH)<sub>2</sub>·NiOOH, т.е. полуокисленного гидроксида-оксигидроксида. Известно, что NiOOH имеет темно-коричневый цвет. Таки образом некоторое количество 4Ni(OH)<sub>2</sub>·NiOOH может изменить цвет образца на серый. После промывки кристалличность образца снижается и формируется ранее описанный в литературе  $\beta_{bc}$ -Ni(OH)<sub>2</sub> (bc – badly crystalline слабо кристаллический). Дифракционные пики показывают наличие дефектов сдвига и интерстицированных альфа-бета фазовых доменов. Была высказана гипотеза, что во время безводного синтеза удвоенной длительности формировались частицы Ni(OH)<sub>2</sub>, покрытые тонким слоем 4Ni(OH)<sub>2</sub>·NiOOH, которые имеют высокую электрохимическую активность. Во время промывки насыщенным спиртовым раствором борной кислоты 4Ni(OH)<sub>2</sub>·NiOOH может реагировать с этанолом. В результате кристалличность уже сформированных частиц гидроксида никеля снижается, и образуются новые частицы  $\beta_{bc}$ -Ni(OH)<sub>2</sub> с аморфной структурой. Образец, полученный в присутствии удвоенного

количества щелочи (рис. 1 В) имеет высокую кристалличность и так же содержит натрий никелат (III)  $\text{NaNiO}_2$ . Непосредственное формирование  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  во время механохимического синтеза и получение  $4\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot \text{NiOOH}$  and  $\text{NaNiO}_2$  было доказано РФА.

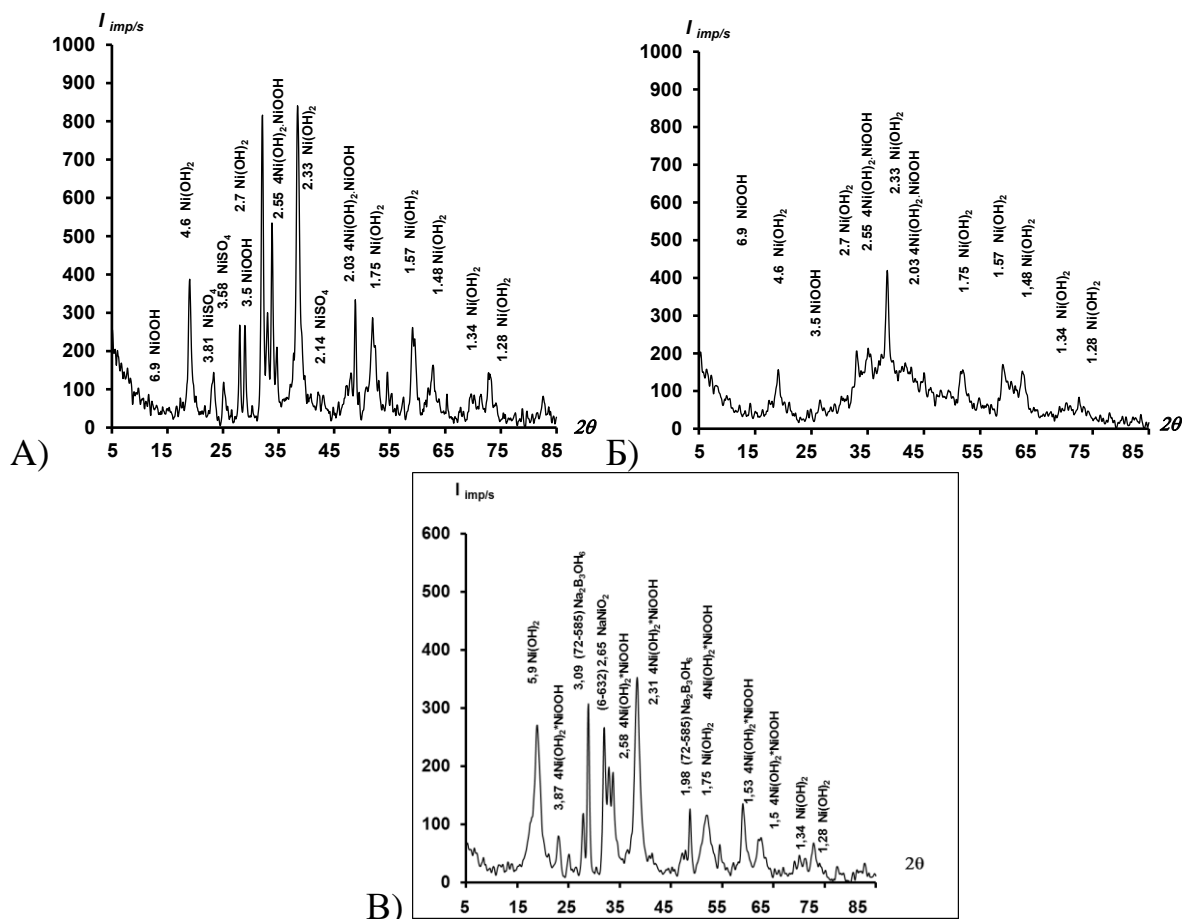


Рисунок 1 – Дифрактограммы гидроксидов никеля, полученных твердофазным механохимическим синтезом,  $\text{Cu K}\alpha$  излучение:

А – безводный синтез удвоенной длительности, без промывки;

Б – безводный синтез удвоенной длительности, с промывки;

С – синтез с удвоенной щелочью

Образец гидратного синтеза является Na-допированным гексагональных частиц  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  нано-толщины (14 нм), образец безводного синтеза является сульфат-допированным  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  сферической формы. Вольт-амперограммы и зарядно-разрядное циклирование показало высокую электрохимическую активность образцов безводного синтеза  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , Ni-Co и Ni-Al гидроксидов (из сульфатных прекурсоров). Удельные емкости составили 802.7, 1332.8, 1072.2 Ф/г при 1-2 С и 196.7, 447.4, 404.8 Ф/г при 15-20 С соответственно. Максимальные удельная энергия и мощность составили 34.9 кВт/кг – 265.2 Вт·ч/кг и 43.1 кВт/кг – 400 Вт·ч/кг (для Ni-Al и Ni-Co гидроксидов соответственно).



## ФОРМУВАННЯ НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА НА КРЕМНІЇ ІМПУЛЬСНИМ ЕЛЕКТРОЛІЗОМ У DMSO

Шепіда М. В.

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

Наночастинки золота фіксовані на поверхні кремнію (рис. 1) вперше отримані в результаті електрохімічного синтезу у середовищі органічного апротонного розчинника. Осадження золота із диметилсульфоксидних розчинів  $\text{HAuCl}_4$  починається за потенціалу  $-0.2$  В. В діапазоні  $-0.2 \dots -2.6$  В спостерігаються формування дискретних частинок (40-120 нм) та їх агломератів (300-500 нм). За катодного потенціалу вище  $-2.2$  В росте об'ємний та дисперсний осад. Так, за імпульсного режиму електроосадження у період імпульсу ( $\tau_{\text{on}}$ ) спочатку відбувається утворення зародків, після чого їх ріст. Порівняно, із стаціонарним режимом осадження, де відбувається осадження частинок різних за формою та розміром, імпульсний режим електролізу дає можливість контролювати геометрію частинок, а також забезпечувати їх рівномірний розподіл по поверхні підкладки.

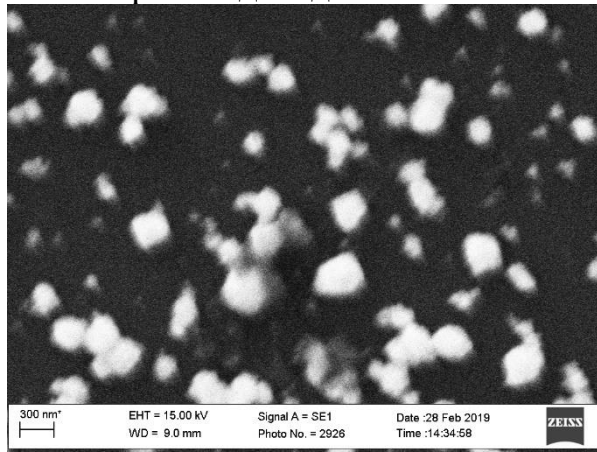


Рисунок 1 – СЕМ зображення поверхні кремнію з осаджуваними наночастинками золота в розчині  $\text{HAuCl}_4$  у DMSO

Головними параметрами впливу на геометрію одержаних наночастинок є значення катодного потенціалу і концентрація іонів золота. Середовище органічних апротонних розчинників сприяє формуванню сфероподібних частинок металу та 2D заповненню ними поверхні кремнію під час електролізу, а також запобігає проходженню побічних процесів.



## ІМЕННИЙ ВКАЗІВНИК

## A

Antraptseva N. M. .... 13

## B

Bantignies J.-L. .... 96, 98

Barsova Z. .... 17

Beznosyk Y. O. .... 45

Borodziński A. .... 74

## C

Chiou Y.-J. .... 74

## D

D`Souza F. .... 71

Deabate S. .... 96, 98

Dontsova T. .... 15

Dontsova T. A. .... 14

## E

Efimov A. A. .... 11

## F

Filipova P. A. .... 13

## G

Gutsol N. .... 15

## H

Henn F. .... 96, 98

## J

Jendrzejewska I. .... 17

## K

Kędzierzawski P. .... 74

Kirillova E. A. .... 11

Kotok V. A. .... 11, 76

Kovalenko V. L. .... 11, 76

Kupiec K. R. .... 74

## L

Lapinsky A. .... 15

Lin H.-M. .... 74

## M

Malyshev V. .... 71

Mehdi A. .... 96, 98

Michota-Kaminska A. .... 71

Mochalov A. V. .... 11

## N

Nahirniak S. .... 15

Noworyta K. .... 71

## R

Rizoev D. S. .... 11

Rusakevich S. R. .... 76

## S

Shao S. .... 71

Skiba M. I. .... 14

Slis A. A. .... 73

Solodovnik T. V. .... 73

## T

Trishch V. R. .... 45

V

Vorobyova V. I. .... 14

A

Аксьонова О. В. .... 90  
 Алексик А. І. .... 55  
 Алексєєв Є. Ю. .... 41  
 Ананченко Б. А. .... 96, 98  
 Андрійчук О. О. .... 86  
 Антрапцева Н. М. .... 31

Б

Баскевич А. С. .... 96, 98  
 Бахмацька К. Г. .... 65  
 Берегова Н. С. .... 100  
 Більченко О. Ю. .... 88  
 Бондарєва А. І. .... 20  
 Букет О. І. .... 84, 97  
 Бурков А. А. .... 96, 98

В

Валєєв Д. В. .... 22  
 Васильєв Г. С. .... 79, 80, 100, 101  
 Вашкурак У. Ю. .... 53  
 Веліченко О. Б. .... 91  
 Вєпрева А. И. .... 96  
 Верещак В. Г. .... 22  
 Власенко Н. В. .... 30  
 Возняк В. С. .... 18  
 Войтко З. .... 38  
 Волкова В. И. .... 94  
 Воробйова В. І. .... 79, 80  
 Вязовик В. М. .... 26

Г

Горбнос А. А. .... 102  
 Грима М. Р. .... 86  
 Громико А. В. .... 46

Д

Демчук І. М. .... 36  
 Денисов О. С. .... 35  
 Донцова Т. .... 38  
 Донцова Т. А. .... 28, 40, 55  
 Дубенко А. В. .... 33

З

Забалуєв А. С. .... 90  
 Загинайко Є. С. .... 24  
 Загорулько С. Ю. .... 91

І

Іваненко І. М. .... 18, 49, 56

К

Коваленко В. Л. .... 96  
 Казначєєв О. С. .... 67  
 Калінчук О. О. .... 79  
 Каменський А. О. .... 26  
 Канарова К. І. .... 43  
 Кириченко О. Л. .... 34  
 Кириєнко П. І. .... 30  
 Кирій С. О. .... 66  
 Коваленко В. Л. .... 98, 102, 105,  
 107, 109, 111  
 Коваленко К. В. .... 111  
 Коваль М. Г. .... 60  
 Коваль О. В. .... 101  
 Ковальчук І. А. .... 58  
 Корчуганова О. М. .... 35, 43  
 Косогін О. В. .... 78, 83  
 Косогіна І. В. .... 64, 66  
 Коток В. А. .... 96, 98, 102,  
 105, 107, 109, 111  
 Кошель Н. Д. .... 94  
 Кошель С. А. .... 94  
 Кузенна А. О. .... 43  
 Кузьменко В. Г. .... 60  
 Кузьменко О. .... 80  
 Курпіта А. В. .... 56  
 Куцан Н. В. .... 18  
 Куцевол А. Є. .... 33

**Л**

Лавриненко С. Е. ....	109
Лапінський А. ....	38
Лінючева О. В. ....	81, 83, 90
Лук'яненко Т. В. ....	91

**М**

Мазанка В. М. ....	78
Мальцева Д. В. ....	100
Мансурова И. А. ....	105
Матвеев О. М. ....	83
Мисов О. П. ....	24
Moskvich V. R. ....	13
Мороз В. В. ....	46
Мотронюк Т. І. ....	86, 88

**Н**

Набоков Д. В. ....	96
Нечипорук Д. О. ....	66
Ніколенко М. В. ....	33

**О**

Ольшевський О. П. ....	26
Омел'яненко К. С. ....	48
Опарин С. О. ....	34
Охріменко К. В. ....	64

**П**

Папулова А. И. ....	105
Парфьонова Л. А. ....	41
Пилипенко І. В. ....	48, 65
Підвашецький Г. Ю. ....	90, 92
Плешка П. ....	51
Пономаренко А. В. ....	64
Починок В. В. ....	26
Прилипко І. О. ....	35
Пушкін С. О. ....	86

**Р**

Руденко В. Г. ....	49
--------------------	----

**С**

Савин А. А. ....	105
Савченко М. О. ....	24
Самсонов И. В. ....	111
Сергієнко А. ....	38
Сідашенко О. І. ....	22
Скіп О. А. ....	40
Смирнова Е. В. ....	94
Солодовнік Т. В. ....	62
Спиров И. В. ....	107
Столяренко Г. С. ....	36, 46
Сувак Е. ....	51
Суслопарова А. С. ....	96, 98
Сухацький Ю. В. ....	54
Сыкчин А. С. ....	96, 98
Сыкчин А. С. ....	107

**Т**

Тимчий К. І. ....	22
Ткачук О. О. ....	49
Тобілко В. Ю. ....	20, 58
Тягур У. М. ....	97

**У**

Ущатовський Д. Ю. ....	81, 86, 88, 90, 92
------------------------	-----------------------

**Ф**

Філіпова П. О. ....	31
---------------------	----

**Х**

Холодько Ю. М. ....	20
Хоруженко О. Є. ....	58

**Ч**

Челтонов М. М.....	34
Чобану Н.....	51
Чорнобрива Н. О.....	84

**Ш**

Шарагов И.....	51
Шворак О. В.....	28

Шевчук Л. І.....	53
Шепіда М. В.....	113
Шмичкова О. Б.....	91

**Я**

Якименко І. К.....	62
Якимечко М. М.....	56
Якубенко В. В.....	81, 97
Янушевська О. І.....	30, 40

І том збірника тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології», що відбувалась 24-26 квітня 2019 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.

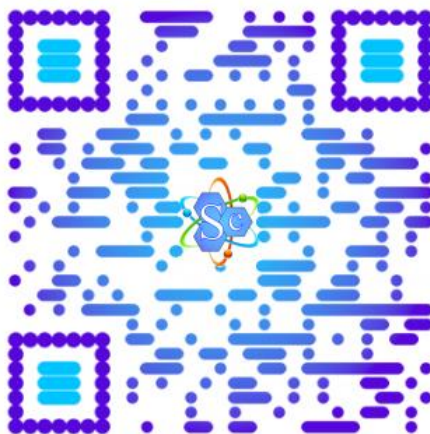
**Над збірниками працював: Бондар Д. В.**

Оригінал-макет виготовлений ВПК ІнКомЦентру ДВНЗ УДХТУ

Конференція проведена за підтримки ресурсу

**sciendar.com**

**КАЛЕНДАР НАУКОВИХ ПОДІЙ**



Віддруковано:

Редакційно-видавничий комплекс ДВНЗ УДХТУ,  
49005, Дніпро, пр. Гагаріна, 8

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №5026 від 16.12.2015 р.

Підписано до друку 20.04.2019. Формат 60x84 1/16.

Папір офсетний №1.

Друк різнограф. Гарнітура Times New Roman.

Облік.-видавн. арк. 5,45.

Тираж 100 прим. Зам. № 64.