



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

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

«ХІМІЯ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

ТОМ I

23-24 листопада 2021

м. Дніпро

УДК 54(06)

X 46

Друкується за рішенням Вченої Ради ДВНЗ УДХТУ

(протокол № 10 від 28.10.2021 р.)

ISBN 978-617-7478-62-0

X Ювілейна Міжнародна науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія та сучасні технології» / тези доповідей, 23-24 листопада. – У 6-и томах. – Т. I. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ. – 2021. – 138 с.

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

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

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

УДК 54(06)

ISBN 978-617-7478-62-0

© ДВНЗ УДХТУ

ЗМІСТ

НЕОРГАНІЧНА, ФІЗИЧНА Й АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

INORGANIC, PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMISTRY

METHOD OF STEAM ACTIVATION IN THE PRODUCTION OF GRANULAR ACTIVATED CARBON <i>Ozhynska A.O., Ivanenko I.M., Fedenko Yu.M.</i>	9
QUALIFICATION DETERMINATION OF IMPURITIES IN UREA USING LC-MS WITH SINGLE QUADRUPOLE DETECTOR <i>Slis A.A., Solodovnik T.V., Kuptsova M.O., Shchepak A.M.</i>	11
ВПЛИВ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ НА ВЛАСТИВОСТІ ХРОМОКСИДНОГО ПОКРИТТЯ НА СТАЛІ 08X18H10 <i>Баламут Н.С., Штефан В.В., Кануннікова Н.О.</i>	15
ВЗАЄМОДІЯ ТЕТРА-Н-БУТИЛАМОНІЙ ОКТАХЛОРОДИРЕНАТУ(III) З САЛІЦИЛОВОЮ КИСЛОТОЮ <i>Величко О.В., Голіченко О.А., Штеменко О.В.</i>	18
ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНІ СЕНСОРИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕТОНІЮ В КОСМЕТИЧНІЙ ПРОДУКЦІЇ <i>Волнянська О.В., Мироняк М.О., Лабяк О.В.</i>	21
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОКИСНЕННЯ АМОКСИЦИЛІНУ ІШЛЯХОМ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ В ПРОТОЦІ <i>Загорулько С.Ю., Сухий М.К., Шмичкова О.Б., Веліченко О.Б.</i>	23
КАТАЛІТИЧНЕ РУЙНУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ЛІКАРНЯНИХ СТОКІВ <i>Загорулько С.Ю., Шмичкова О.Б., Лук'яненко Т.В., Веліченко О.Б.</i>	25
ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ МОЛЕКУЛЯРНОЇ МАСИ ПВС НА ГЛИБИНУ ЗАТЕМНЕННЯ ЕЛЕКТРОХРОМНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ Ni(OH)_2 <i>Зіма О.С., Коваленко В.Л., Коток В.А.</i>	28
КОМПОЗИТНІ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРИ НА ОСНОВІ СУБОКСИДІВ ТИТАНУ <i>Книш В.О., Лук'яненко Т.В.</i>	30
ВИМІРЮВАННЯ ЧИСЕЛ ПЕРЕНОСУ В ІОНООБМІННИХ МЕМБРАНАХ В ДВОХСЕКЦІЙНОМУ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІ <i>Кошель С.А., Кошель М.Д.</i>	33
ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОННОЇ БУДОВИ ЗМІШАНИХ ХЛОРИДНИХ КОМПЛЕКСІВ КУПРУМУ(II) З МАЛЕЇНОВОЮ КИСЛОТОЮ У ВОДНОМУ РОЗЧИНІ <i>Курасова Ю.Д., Осокін Є.С., Полонський В.А., Варгалюк В.Ф.</i>	36

МЕТОД ДОБАВОК У ФОТОМЕТРИЧНОМУ АНАЛІЗІ <i>Маринич Н.С., Кусяк А.П.</i>	38
ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ТИОКАРБАМИДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТО ИЗ КЕКА АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛЕНИЯ <i>Махмудов Х.А., Самихов Ш.Р.</i>	39
ВПЛИВ ТОВЩИНИ ШАРУ ВОЛОГИ НА КОНСТАНТУ МЕТОДУ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ОПОРУ <i>Осадчук С.О., Ниркова Л.І.</i>	43
ВЛИЯНИЕ СУРЬМЫ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СИЛУМИНА АК7, В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ <i>Осими Окил, Назаров Х.М.*</i>	46

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

TECHNOLOGY OF INORGANIC SUBSTANCES, HYBRID AND NANOMATERIALS, WATER TECHNOLOGY AND INDUSTRIAL ECOLOGY

ISSUES AND DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE MINING INDUSTRY IN PROSPECT <i>Nazarmatov A.A., Muhamadiev A.N.</i>	51
STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF THE GALVANIC PRODUCTION WASTEWATER <i>Yunusov M. M., Hojiev S.K., Bokizoda D.Z.</i>	54
PROBLEMS OF ELECTRIC VEHICLE BATTERY RECYCLING <i>Razykov Z.A., Hojiboev D.D.</i>	58
NANOMATERIALS IN NANOCLEANING TECHNOLOGIES <i>Dziadyk M. A., BuklivS.V., ZozuliaG.I., Bukliv R.L.</i>	60
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОЛІВ SiO ₂ , ОДЕРЖАНИХ НА ОСНОВІ РІДКОГО СКЛА <i>Бажанова К.В., Скородумова О.Б., Тарахно О.В., Чеботарьова О.М.</i>	63
ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ ЯК ФЛОКУЛЯНТІВ <i>Будішевська О.Г., Сасин Д.В.</i>	65
ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ОБРОБКА ОРТОПЕДИЧНИХ СТОМАТОЛОГІЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ КОБАЛЬТОХРОМОВИХ СПЛАВІВ <i>Ветров Є.А., Смірнова О.Л., Мухін З.С., Ніконов А.Ю.</i>	67

БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЦИРКОНУ	
<i>Єлатонцев Д.О., Мухачев А.П., Нефедов В.Г., Харитонов О.А.....</i>	70
ЗАЛІЗОВМІСТНИЙ НАНОМАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ МОНТМОРИЛОНІТУ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ ВОД	
<i>Жданюк Н.В., Пухкенко Д.М.....</i>	72
ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ NSCa-ДОБРИВА НА ОСНОВІ ФОСФОГІПСУ ТА АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ	
<i>Іванченко А.В., Савенков А.С., Кундіренко В.В., Назаренко О.В.....</i>	76
ЕЛЕКТРОННОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ФОРМАЛЬДЕГИД И МЕТАНОЛ	
<i>Каменський А.О., Починок В.В., Вязовик В.М.....</i>	79
ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЧУТЛИВІСТЬ ШАРУ СТАНУМ(IV) ОКСИДУ МОДИФІКОВАНОГО ІТРІЄМ У ГАЗОВИХ СЕНСОРАХ	
<i>Каськова А.В., Донцова Т.А.....</i>	84
ВИКОРИСТАННЯ МАГНЕТИТУ У ЗАХИСНИХ ЕКРАНАХ	
<i>Круглик Ю.О., Твердохліб В.С., Барсуков В.З.....</i>	88
ІНТЕГРУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ДО НАВЧАЛЬНИХ ПРОГРАМ УНІВЕРСЕТЕТІВ	
<i>Крячков Д.О., Груздєва О.В.....</i>	90
ОДЕРЖАННЯ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА ГАЛЬВАНІЧНИМ ЗАМІЩЕННЯМ	
<i>Лапа А. В., Дзядик М.А., Зозуля Г. І.....</i>	97
АНОДНА ОБРОБКА СПЛАВУ Ni-Cu В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКАХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОКАТАЛІТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ В РЕАКЦІЇ ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ	
<i>Махота Д.О., Бутиріна Т.Є.....</i>	99
ОКСИДНІ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРИ РЕДОКС-ПРОЦЕСІВ ЗА УЧАСТЮ КИСНЮ	
<i>Онїщенко Н.О., Косогін О.В.....</i>	101
ГНУЧКІ ПОЛІВІНІЛІДЕНФТОРИДНІ СЕПАРАТОРИ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ	
<i>Патлун Д.В., Хоменко В.Г., Барсуков В.З.....</i>	103
ОСОБЛИВОСТІ ІММОБІЛІЗАЦІЇ БІЛКОВИХ РЕЧОВИН ТА ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПОВЕРХНІ НАНОРОЗМІРНОГО МАГНЕТИТУ	
<i>Перехристюк М.М., Маринич Н.С., Кусяк Н.В.....</i>	105

ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ МОДИФІКУВАННЯ ПРИРОДНОГО КЛИНОПТИЛОЛІТУ МАНГАНУ(IV) ОКСИДОМ <i>Пиріг М.А., Зінь О.І., Знак З.О.</i>	108
ТЕРМОДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД ТРИКОМПОНЕНТНОЇ СИСТЕМИ ТИТАН-ЗАЛІЗО-АЛЮМІНІЙ <i>Пройдак Ю.С., Мянєвська Я.В., Камкіна Л.В., Безикурєнко О.Г.</i>	111
КЕРАМІЧНІ МЕМБРАНИ (МАТРИЦІ) НА ОСНОВІ КАОЛІНУ <i>Сергієнко А.О., Корсуновська М.Д., Косогіна І.В., Донцова Т.А.</i>	113
СИНТЕЗ І ВЛАСТИВОСТІ ПОХІДНИХ ПОЛІГУАНІДИНІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ <i>Смотраєв Р.В., Бусигіна М.В., Гєвод В.С., Курінна Н.С., Янова К.В.</i>	115
СТРАТЕГІЯ КОМБІНОВАНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ ВІД N-ЗАМІЩЕНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК <i>Сухацький Ю.В., Знак З.О., Дзюбінська В.А.</i>	118
ВОЛЬТ-АМПЕРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАРІВ ОКСИДУ ЦИНКУ, ОДЕРЖАНІ МЕТОДОМ ПОЛІМЕРНОГО ПРЕКУРСОРУ <i>Тєрєшков М.В., Донцова Т.А., Янушевська О.І.</i>	120
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ <i>Трус І.М., Толстенкова К.М., Тєрєдохліб М.М.</i>	123
ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИН ДЕЗАКТИВАЦІЇ ПОВЕРХНІ КАТАЛІЗАТОРА ОКИСНЕННЯ SO ₂ ДО SO ₃ У ВИРОБНИЦТВІ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ <i>Фандєєва А.А., Семиряжко Є.М., Дєйнека Д.М., Казаков В.В.</i>	126
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УЛЬТРОФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ <i>Фещєнко Є.Я. Фещєнко Н.В.</i>	128
ТЕНДЕНЦІЇ УТВОРЕННЯ ЗОЛО-ШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ <i>Хлопицький О.О., Савєнков А.С., Макарчєнко Н.П., Чавун Н.В.</i>	131
ДОДАТКОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ДЕНІТРИФІКУЮЧОГО БІОФІЛЬТРА <i>Чернова А.С., Гєвод В.С., Фролова Л.А.</i>	133
ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ВОД ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ <i>Якимєнко І.К., Солодовнік Т.В.</i>	137

**НЕОРГАНІЧНА, ФІЗИЧНА Й АНАЛІТИЧНА
ХІМІЯ**

**INORGANIC, PHYSICAL AND ANALYTICAL
CHEMISTRY**

METHOD OF STEAM ACTIVATION IN THE PRODUCTION OF GRANULAR ACTIVATED CARBON

Ozhynska A.O., Ivanenko I.M., Fedenko Yu.M.

e-mail: fedenkoyura@ukr.net

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

Industrial production of carbon adsorbents is mainly focused on the production of granulated coal, of which 80-85% is produced on base of fossil raw materials by steam activation. The advantages of granulated AC include its stable form that ensures optimum aerodynamics and mechanical strength compared with crushed coal and the possibility of its use in a cyclic process with moving layer.

Formed coal has the form of cylindrical particles with a smooth surface diameter from 0,9 to 8 mm and is obtained by forming compositions from coal dust and organic binder by extrusion through calibrated holes.

In the production of granulated coal as a feedstock used fossil coals T and SS brands, carboniferous semi coke and charcoal and as binder – chemical forest and carboniferous resins, acidic wastes of petroleum refining, technical requirements are given in Tables 1–3.

Common to all types of granular AC, that produced by the domestic industry is almost constant mass ratio of coal dust and binder, which is 70:30, the specific formula defined by purpose of coal.

Coal of gas type (AG-2) and regenerative type (AR-3) is produced from fossil coals T or SS brands, chemical forest resin; coal carrier of catalytic or chemical sorption additives (DG-3 and DG-5) – from mixture of T (or SS) and semi coke (50:50) with chemical forest resin (70%) and carboniferous (30%) resin; illuminating carbon for adsorption from solutions (ACS) – based on the composition of fossil coals T or SS brands and charcoal TL brand or chemical forest resin as a binder.

Table 1. Requirements for fossil raw materials in the production of granular carbon adsorbents [1]

Indicator, % wt., no more	Coal T and CC	Semi-coke		Raw coal TL
		PK-1	PK-2	
Ash content	6,0	7,2	10	1,0
Volatile compounds	22,0	4-10	0,12	3,0
Sulfur content	0,5	0,5	0,5	—
Moisture content	10,0	9,0	9,0	10

Table 2. Characteristics of chemical forest resin for the production of granulated AC [2]

Indicator	Conditioned*	Prepared**
Color	Brown-black	Brown-black
Water content, %	3,0	3,0
The share of boiling away oils		
to 220°C, %	12	12
from 220 °C to the end of distillation, %	12	12
Peck, %	55-68	55-68
Coke n/m, %	10	10-15

* the resulting of raw or settling resins of pyrolysis of wood deciduous kinds.

** received by dissolving of wood-resin pitch in the wood-tar oils with the addition of green oil in the ratio: 50-55 % of pitch, 20-25 % of oil and 20-25 % by weight of green oil.

Table 3. Characteristics of carbonated granules in the manufacturing of adsorbents AG-3 and AG-5, which directed to activation [3]

№	Indicator	AG-3	AG-5
1	Bulk density, g/dm ³	590-592	584-630
2	Porosity by water, cm ³ /g	0,45-0,48	0,41-0,47
3	Durability, % by MIS 3 by MIC 8	98,3-99,8 85,9-86,9	95-96 78-86
4	The content of volatile components, %	5,1-5,2	4,1-6,3
5	Fractional composition, % 2,75-2,0 mm 2,0-1,5 mm 1,5-1,0 mm	84,6-87,1 7,0-8,8 -	- 23-33 62,2-70,4

References.

1. Serpionova E. N. Promyishlennaya adsorbtsiya gazov i parov: ucheb. posob. dlya stud. himiko–tehnologich. spets. vuzov / E. N. Serpionova. – M. : Vysshaya shkola, 1969. – 416 p.
2. Kolyishkin D. A. Aktivnyie ugli: Sprav / D. A. Kolyishkin, K. K. Mihaylova. – M. : Himiya, 1972. – 57 p.
3. Mishin, D. D. Magnitnyie materialyi / D. D. Mishin. – M. : Vyssh. shk., 1981. – 355 p.

QUALIFICATION DETERMINATION OF IMPURITIES IN UREA USING LC-MS WITH SINGLE QUADRUPOLE DETECTOR

Slis A.A., Solodovnik T.V., Kuptsova M.O., Shchepak A.M.

e-mail: andreslis08@gmail.com

Cherkasy State Technological University

Cherkasy, Ukraine

Carbamide, or urea, is a organic compound diamide of carbonic acid. Its formula is H_2NCONH_2 . Due to its unique properties, it is an extremely valuable product and is widely used in many industries. For example, it is used in agronomy as a fertilizer with high nitrogen content which is necessary for plant growth. In pharmacy and cosmetology it can be used as a moisturizer, enhancer of penetration of tradermal drugs, as a remedy for fungal lesions of the nails, and as a strong diuretic. And biopharmaceutical processes - for the purification of therapeutic proteins and for their further coagulation. For more intensive additional cleaning of the diesel engine, namely in the reaction of selective catalytic reduction (SCR) in the removal of nitric oxide, urea has also found application in the automotive industry [1-4].

In manufacturing, urea is produced during a reaction with incomplete conversion of reagents between ammonia and carbon dioxide. The secondary reaction is the hydrolysis of urea to ammonia and other impurities, which often leads to a decrease in the degree of purity of urea and, accordingly, to its unsuitability for further use. In addition to ammonia, urea may contain other impurities such as biuret, cyanuric acid and triuret. To identify them, a sufficiently reliable method is needed that can provide a complete description of the unwanted contaminants. This work describes a developed method for the determination of impurities in urea using LC-MS [5].

Sample preparation: For analysis performance the sample of carbamide from unnamed producer was taken. If it is necessary, sample was mechanically milled with a help ceramic mortar with pestle and homogenized. For analysis $0.2 \pm 0,001$ g was taken in volumetric flask for 25 mL and dissolved with mobile phase – acetonitrile with water (90:10). Sample was filtered with a help of syringe filter $0.2 \mu\text{m}$ directly into chromatographic vial.

LC-MS conditions: All measurements were performed with chromatograph Agilent 1260 with single quadrupole system 6125. Ionization type – ESI. Used column - InfinityLab Poroshell 120 HILIC-OH5 2.1×100 mm 2.7-Micron. Mobile phases: A – water ultrapure with 0.1% of formic acid, B – Acetonitrile LC-MS grade with 0.1% formic acid. Precursor ion, which was used for identification of compounds are shown in Table.

Results: Analysis of urea sample shows the presence of main impurities. Figure 1 shows blank injection – solvent what was used for dissolving of the

solid sample, so this is just a baseline. On the figure we can clearly see a peak with retention time about 1.5 min, which indicates the presence of some amount of impurities in the solvent. Upon detail examination of technical urea spectrum, which we can see on Fig 2, we can observe a carbamide with its precursor ion 61.1 with retention time 3.401 min. Biuret comes a little earlier with RT=2.719 min and $m/z = 104.1$. On a Figure 3 spectrum with RT = 2.47 min is shown. There we can observe a several m/z : $m/z - 130.1$ (Cyanuric acid); $m/z - 147.1$ (Triuret); $m/z - 169.1$ (Triuret), $m/z - 61.2$ (Urea). From this observation we can make a statement that at this retention time triuret is appear, subsequently ionized and decomposed into cyanuric acid, urea and biuret (at high concentration) respectively.

Table – Main characteristics for compounds determination

Compounds	Molecular mass, g/mol	Precursor ions, m/z	Fragmentor	Ionization mode
Urea	60.1	61.1 (M+H)	100	positive
Biuret	103.1	104.1 (M+H)	100	positive
Cyanuric acid	129.1	130.1 (M+H)	100	positive
Triuret	146.1	147.1 (M+H)	100	positive
Triuret	146.1	169.1 (M+Na+)	100	positive

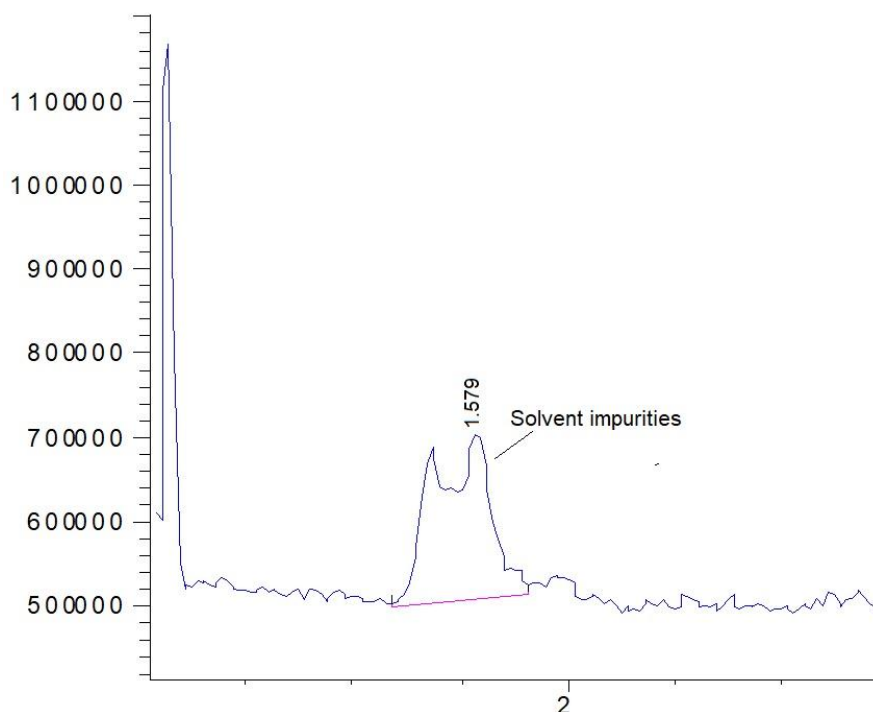


Figure 1 – Spectrum of blank injection (solvent)

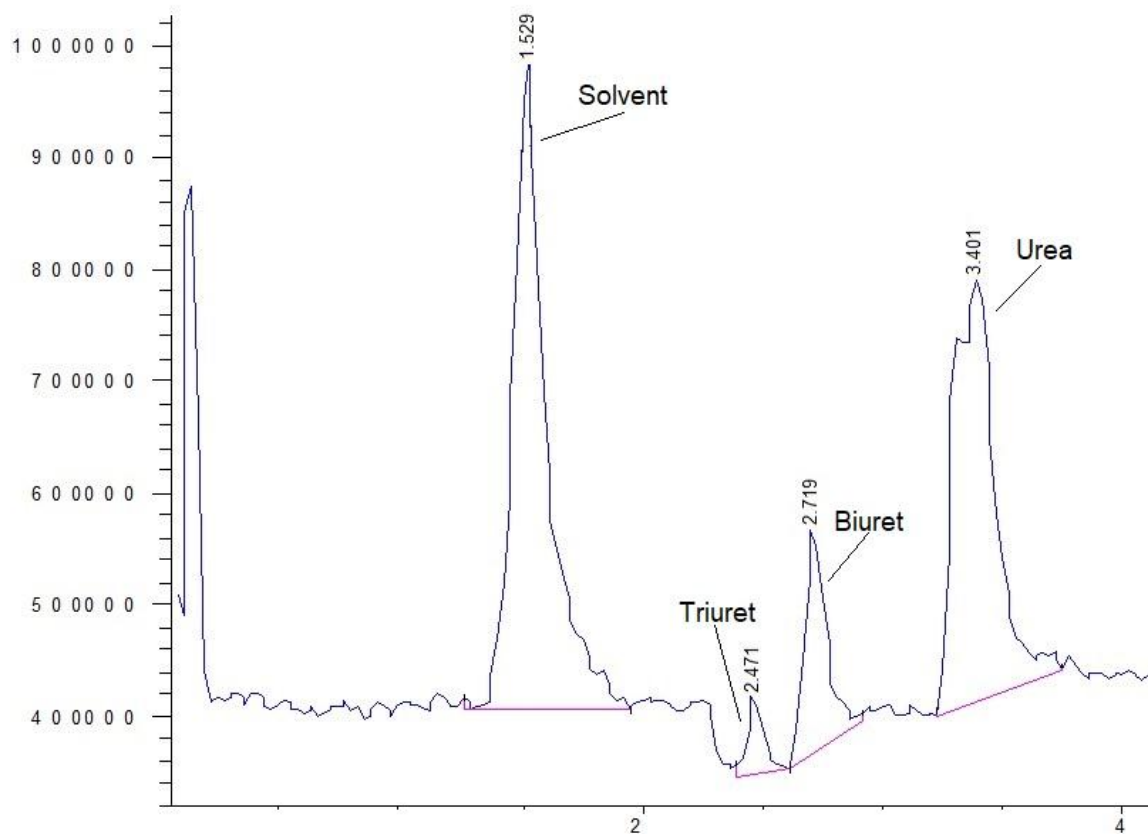


Figure 2 – Technical urea spectrum with impurities

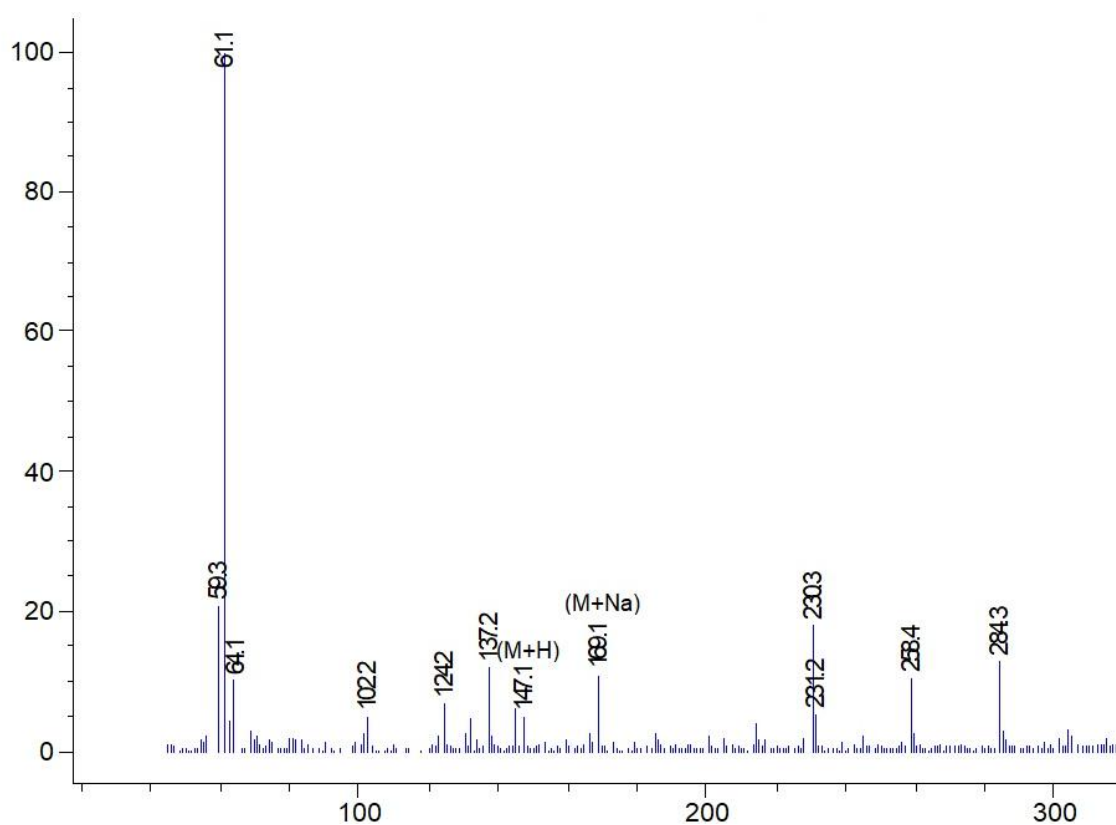


Figure 3 – Detail spectrum with RT=2.47 min

Developed method allows to make qualification identification of main urea impurities, but for the urea analysis it is not appropriate because of the ionization type peculiarities and the detector itself. The obtained peak at high concentration is overloaded and with significant dissolution we will get a big expanded uncertainty.

References

1. Woldemariam G., Kyad A., Moore S., Qiu J., Semin D, Tan Z. J. and Wypych J., “Development and Validation of a HPLC-UV Method for Urea and Related Impurities”, PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology, January 2020, 74 (1) 2-14.
2. ISO 19746:2017(en), “Determination of urea content in urea-based fertilizers by high performance liquid chromatography (HPLC)”.
3. Britannica, The Editors of Encyclopaedia, “urea”, Encyclopedia Britannica, 7 May. 2021, <https://www.britannica.com/science/urea>.
4. EN 15705:2010, “Determination of urea condensates using high-performance liquid chromatography (HPLC) — Isobutylidene diurea and Crotonylidene diurea (method A) and methylene methylene-urea oligomers (method B)”.
5. Ronald D. K., “Method for removing impurities from a urea solution”, United States, US7914682B2, 2011.

ВПЛИВ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ НА ВЛАСТИВОСТІ ХРОМОКСИДНОГО ПОКРИТТЯ НА СТАЛІ 08X18H10

Баламут Н.С., Штефан В.В., Кануннікова Н.О.

e-mail: nataliia.balamut@iht.khpi.edu.ua,

viktoriia.shtefan@khpi.edu.ua, nadiia.kanunnikova@iht.khpi.edu.ua

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут» Україна, Харків

Вступ. Протягом останніх десятиліть інженерія поверхні стала однією з основних напрямків поліпшення фізико-хімічних властивостей матеріалів з урахуванням їх прогнозованого призначення. Аустенітні нержавіючі сталі є одними з найбільш затребуваних сплавів в широкому спектрі застосувань, таких як ріжучі інструменти, ротори лопаті газових турбін, деталі літаків, автомобілів, трубопроводів, військово-морських суден, конструкційні матеріали енергетичного обладнання [1-3]. Важливим кроком досягнення максимального захисту матеріалів і, отже, збільшення терміну їх служби в хімічно агресивних середовищах є електроосадження хромвмісних металоксидних покриттів модифікованих алюмінієм.

Надмірна кількість перехідних металів, таких як Cr і Fe в сталі можуть впливати на хімічну стабільність покриттів. Збільшення Cr може значною мірою сприяти утворенню пасивного шару Cr_2O_3 , виконуючи роль корозійно-захисного шару. Надмірна кількість Fe у складі покриттів може викликати його окислення до FeO, який в агресивних умовах може призвести до корозії, що ще більше обмежить її продуктивність і довговічність [4]. Однак модифікування покриттів сполуками алюмінію, наприклад оксидом, призведе до збільшення поляризаційного опору, зменшення дефектності та високих трибологічних властивостей.

Методика досліджень. Формування покриттів проводили при густині струму 40 А/дм^2 , температурі $18\text{-}25^\circ\text{C}$ з електролітів наведених в таблиці 1. Як катод використовували пластину нержавіючої сталі марки 08X18H10.

Табл. 1 – Склад електролітів для формування покриттів

№ електроліту	Компоненти електроліту, г/л				
	CrO_3	H_3BO_3	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	NaNO_3	Al_2O_3
1	250	20	2	5	-
2	250	20	2	5	50

Морфологію поверхні та елементний склад отриманих покриттів досліджували за допомогою скануючого електронного мікроскопа (СЕМ) ZEISS EVO 40XVP) із системою мікроаналізу INCA Energy 350 виробництва Carl Zeiss (Німеччина) та Oxford Instruments (Англія) [5].

Методом імпедансної спектроскопії в розчині 3% NaCl вивчали структуру отриманих покриттів. Вимірювання проводили потенціостатом IPC-Pro і аналізатором частотного відгуку FRA в діапазоні частот від 0,03 Гц до 50 кГц. Допоміжним електродом була платинова пластина. Як електрод порівняння виступав хлоридсрібний електрод [4].

Трибологічні властивості, тобто зносостійкість, оцінювали за допомогою втрати маси або товщини покриття на кругу стирання.

Результати та їх обговорення. В результаті оксидування на поверхні сталі були сформовані покриття чорного кольору з дрібнокристалічною структурою. На мікрознімках хромвмісного покриття спостерігається сітка тріщин, в той час як покриття модифіковані оксидом алюмінію її не мають (Рис.1).

Елементний аналіз показав наявність в складі сформованих покриттів таких елементів як кисень, хром та алюміній.

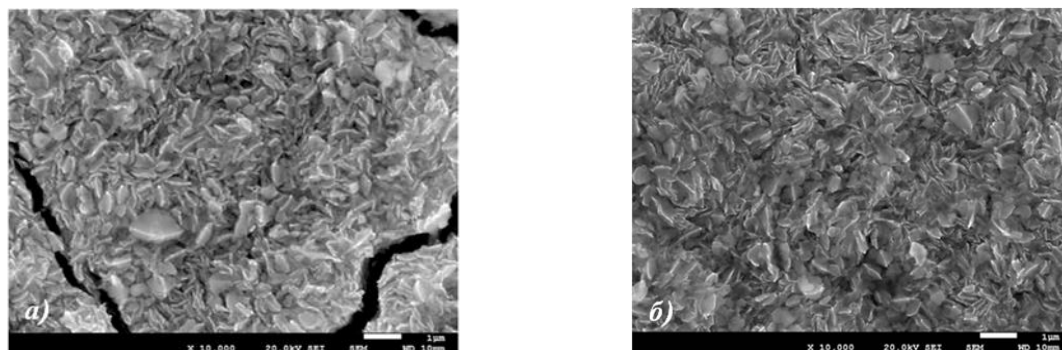


Рис. 1 – Мікрознімки хромвмісних покриттів без (а) та із (б) додаванням оксиду алюмінію

Одержані залежності параметрів системи «метал-оксид-електроліт» від складу електроліту свідчать про те, що при введенні оксиду алюмінію до складу покриттів зменшується значення $\text{tg}\delta_0$ та збільшується R_y (Табл. 2). Це вказує на удосконалення структури покриттів шляхом усунення дефектності, що в свою чергу впливає на протикорозійні та електроізоляційні властивості покриттів.

Табл. 2 – Залежність параметрів системи «метал-оксид-електроліт» від складу електроліту формування оксидного покриття

Склад електроліту	r , Ом	R_y , кОм	$\text{tg}\delta_0$
$\text{CrO}_3 - 250$, $\text{H}_3\text{BO}_3 - 20$, $\text{Ba}(\text{OH})_2 - 2$, $\text{NaNO}_3 - 5$	6,44	35,6	0,605
$\text{CrO}_3 - 250$, $\text{H}_3\text{BO}_3 - 20$, $\text{Ba}(\text{OH})_2 - 2$, $\text{NaNO}_3 - 5$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 100$	88,43	730,867	0,948

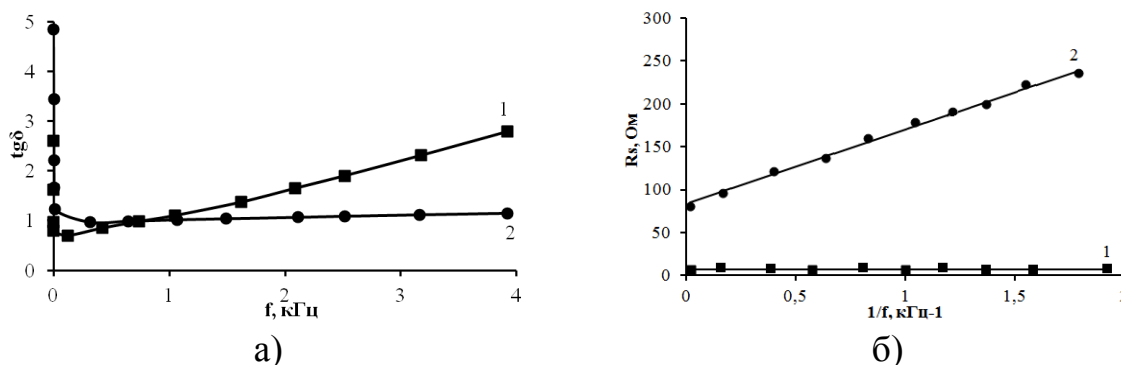


Рис. 2 – Частотна залежність $\tan \delta$ (а) та еквівалентний послідовний опір R_s (б) хромовмісних покриттів без (1) та із додаванням оксиду алюмінію (2)

За результатами випробувань зносостійкості встановлено, що найбільшу втрату маси та товщини має сталь без додавання алюмінію ($\Delta m = 0,0279$). При введенні до складу покриття оксиду алюмінію значно зменшується втрата маси при стиранні ($\Delta m = 0,0083$). Під час дослідів не спостерігалося розтріскування та відшаровування покриттів.

Висновки. Показано, що хромовмісні металоксидні покриття модифіковані оксидом алюмінію не мають тріщин та є дрібнокристалічними. Елементний аналіз підтвердив наявність кисню, хрому та алюмінію в складі покриттів. Методом імпедансної спектроскопії встановлено, що наявність сполук алюмінію в оксидному покритті призводить до зниження його електропровідності. Трибологічні дослідження показали, що при введенні сполук алюмінію до складу покриттів зменшується втрата маси при стиранні.

Список використаної літератури

1. Shtefan V., Kanunnikova N., Pilipenko A., Pancheva H. Corrosion Behavior of AISI 304 Steel in Acid Solutions // Materials Today: Proceedings. 2019. Vol. 6, No.P2. P. 149-156.
2. Shtefan V. and etc. Influence of chloride on the anode dissolution of aisi 304 steel / V. Shtefan and etc. // Science, research, development. Technics and technology: monografia pokonferencyjna, 29.11 - 30.11.2018, Rotterdam. – Warszawa: Diamond trading tour, 2018. – No 11. – P. 62–64.
3. Shtefan V., Kanunnikova N., Balamut N. Anodic oxidation of AISI 304 steel in acidic solutions // Proceedings of Odessa Polytechnic University. – 2018. – 56, № 3. – С. 89–94.
4. Shtefan V.V., Kanunnikova N.A., Leshchenko S.A. et al. Anodic dissolution of stainless steel in acid solutions. Записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. 2019. Т. 30(69). №2. Ч.2. С.136-141.
5. Баламут Н.С., Штефан В.В., Кануннікова Н.О. Оксидування сталі 08Х18Н10 в кислих розчинах // Підсумкова наук. практ. конф. Всеукр. конкурсу студ. наук. робіт зі спец. «Хімічні технології та інженерія». 10-12 квітня 2019р.: тези доп. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2019. – 25–28с.

ВЗАЄМОДІЯ ТЕТРА-Н-БУТИЛАМОНІЙ ОКТАХЛОРОДИРЕНАТУ(III) З САЛІЦИЛОВОЮ КИСЛОТОЮ

Величко О.В., Голіченко О.А., Штеменко О.В.

e-mail: lenavelichko87@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Тетра-н-бутиламоній октахлородиренат(III) – $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$ є основною вихідною сполукою для синтезу μ -карбоксилатів диренію(III) різних структурних типів. Ці комплексні сполуки містять кластерний фрагмент Re_2^{6+} із почверним зв'язком метал-метал, завдяки якому проявляють потужні антирадикальні та антиоксидантні властивості [1].

Гідроксибензойні кислоти та їх похідні привертають значну увагу вчених своєю здатністю до моно- та полі-координації до металічних центрів та як лінкери для побудови дискретних координаційних сполук [2-4]. Також саліцилати широко застосовуються у синтезі антиоксидантів, як антисептичні агенти, стимулятори росту рослин, консерванти, тощо [5].

Тому дослідження взаємодії тетра-н-бутиламоній октахлородиренату(III) з саліциловою кислотою є досить актуальним завданням для хіміків-синтетиків

Для проведення такої взаємодії були вибрані як вихідні сполуки $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$, який синтезований згідно [6], та саліцилова кислота кваліфікації ч.д.а. Проведений аналіз фізико-хімічних властивостей та реакційної здатності вихідних речовин дозволив підібрати умови синтезу цис-тетрахлороди- μ -саліцилату диренію(III).

Реакцію проводили за мольного співвідношення вихідних речовин $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$: $\text{HO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{COOH}$ як 1: 5 у середовищі CH_3CN в інертній атмосфері. Після розчинення вихідних сполук у 50 мл CH_3CN , отриманий реакційний розчин кип'ятили протягом 18 год.

У електронному спектрі поглинання (ЕСП) реакційного розчину за кімнатної температури спостерігається максимум поглинання при $15\,625\text{ см}^{-1}$, який може свідчити про утворення цис-тетрахлороди- μ -саліцилату диренію(III) [7], і відсутній максимум поглинання при 14700 см^{-1} , що відноситься до вихідного $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$ [8] (рис.1).

Як аксіальний ліганд до реакційного розчину додавали наважку трифенілфосфін оксиду (ТФФО), у мольному співвідношенні $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$: ТФФО як 1:2. Згідно [9], ТФФО може замінювати аксіальні ліганди цис-ди- μ -карбоксилатів диренію(III), молекули яких мають менше число $\text{DN}[10]$ (SbCl_5), ніж ТФФО.

Після цього, розчинник CH_3CN випаровували і твердий осад перекристалізовували спочатку з ізопропілового спирту для очистки від

можливо непрореагованого $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$, а надлишок саліцилової кислоти видаляли шляхом її розчинення у діетиловому ефірі.

Очищений цільовий продукт був проаналізований за допомогою електронної абсорбційної та ПМР-спектроскопій. У ЕСП розчину цільового продукту в CH_3CN (рис. 1) спостерігається максимум поглинання при $\approx 163930 \text{ cm}^{-1}$, який відноситься до $\delta \rightarrow \delta^*$ -електронного переходу метал-метал для цис-ди- μ -карбоксилатів диренію(III)[7]. У спектрі ПМР отриманого продукту в DMSO-d_6 наявні сигнали, що відносяться до сигналів саліцилатних груп та ТФФО.

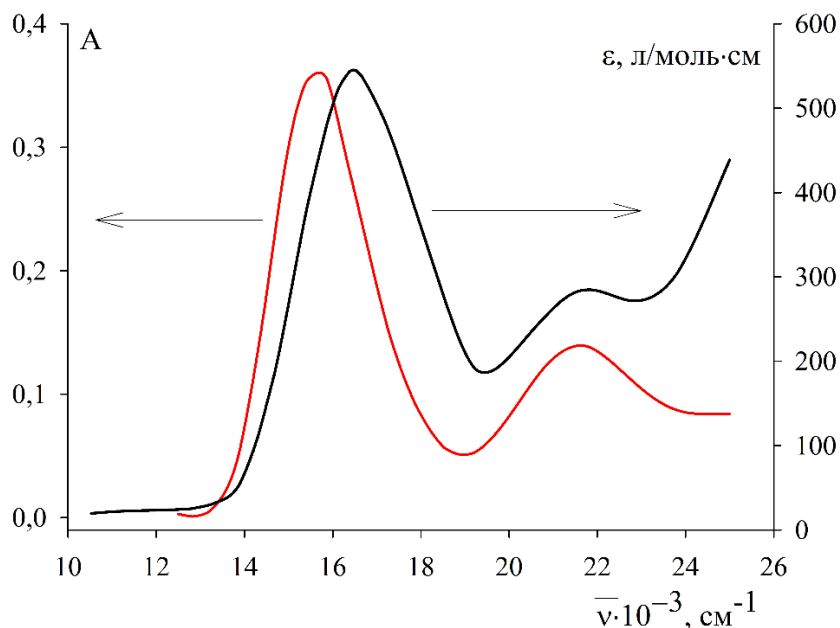
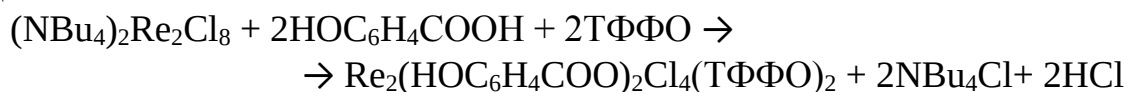


Рисунок 1 – ЕСП реакційного розчину (—) та продукту (—) взаємодії $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$ з саліциловою кислотою

Таким чином, досліджену взаємодію можна представити наступною реакцією:



Отже, в результаті взаємодії кластерної сполуки $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$ з саліциловою кислотою була синтезована нова сполука – цис-тетрахлороди- μ -саліцилат диренію(III), склад та будова якої була підтверджена даними електронної абсорбційної та ПМР-спектроскопій.

Список використаної літератури

1. Velichko E. V., Plyasovskaya E. A., Tretyak S. Y., Golichenko A. A., Shtemenko A. V. Interaction of cis-tetrachlorodi- μ -adamantylcarboxylate of dirhenium(III) with 1,3,5-triphenylverdazyle radical in acetonitrile // *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 2016, 4, 4–7.

2. Rochon F. D, Massarweh G. Study of the aqueous reactions of metallic ions with benzenetetracarboxylate ions // *Inorganica Chimica Acta*, 2000, 304, 190-198. DOI: 10.1016/S0020-1693(00)00086-4.

3. Rahaman S. H., Bose D., Chowdhury H., Mostafa G., Fun H-K and Ghosh B. K. Two-dimensional hydrogen bonded sheet structures in nickel (II)- and zinc (II)-2, 2'-dipyridylamine-azido complexes // *Polyhedron*, 2005, 24, 1837-1844.

4. Ghermani N. E., Morgant G., Angelo J., Desmaele D., Fraisse B., Bonhomme F., Dichi E. and Sghaier M. Covalently bonded infinite zigzag chain structure in a novel Zn(II) complex of 2.5-dihydroxy-1.6-benzenedicarboxylic acid // *Polyhedron*, 2007, 26, 2880-2884. DOI 10.1016/j.poly.2007.01.025.

5. Ramesh K., Deachen Ch. and Palani N. Synthesis, characterization and catalytic activity of coordination polymers derived from monohydroxybenzoic acids and divalent nickel ion // *Der Chemica Sinica*, 2015, 6(8), 30-37.

6. Shtemenko A. V., Kozhura O. V., Pasenko A. A. [et al.] New octachlorodirhenate(III) salts: solid state manifestation for a certain conformation flexibility of the $[\text{Re}_2\text{Cl}_8]^{2-}$ ion // *Polyhedron*, 2003, 22, 1547–1552.

7. Голиченко А. А., Штеменко А. В. Синтез и свойства кластерных соединений рения(III) с адамантанкарбоновыми кислотами // *Коорд. химия*, 2006, № 4, 252–260.

8. Poineau Frederic, Sattelberger Alfred P., Conradson Steven D. and Czerwinski Kenneth R. Octachloro- and Octabromoditechnetate(III) and Their Rhenium(III) Congeners // *Inorganic Chemistry*, 2008, 47(6), 1991–1999.

9. Мисайлова Т. В., Котельникова А. С. [и др.] Взаимодействие дигидрата тетрахлородиацетатодирения с донорными основаниями // *Журн. неорган. химии*, 1981, Т.26, № 3, 634–642.

10. Гутман В. Химия координационных соединений в неводных средах – М. : Мир, 1971, 220с.

ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНІ СЕНСОРИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕТОНІЮ В КОСМЕТИЧНІЙ ПРОДУКЦІЇ

Волнянська О.В., Мироняк М.О., Лабяк О.В.

e-mail: olena.volnianskia@ukr.net

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Етоній, а саме 1,2-етилен-біс-(N-децилоксикарбонілметил-N,N-диметиламмоній) дихлорид відноситься до катіонних ПАР – це біс-четвертинна амонієва сполука, яка застосовуються в промисловій продукції в якості антисептиків, бактерицидних, фунгіцидних та дезінфікуючих засобів. З літературних джерел відомо [1], що за своєю будовою і властивостями етоній нагадує Геміні-ПАР, які утворюють у воді бішари, а також належить до димерних ПАР, молекули яких характеризуються двома гідрофобними «хвостами» і двома полярними головними групами, які зв'язані між собою спейсерною групою і виявляють амфіфільні властивості.

В даний час для кількісного визначення етонію застосовуються аналітичні методи [2,3], які не задовольняють вимогам сучасного аналізу, оскільки вони потребують багато часу і значних витрат праці та коштів, недостатньо селективні або не гарантують необхідної надійності результатів.

Для експрес-визначення етонію нами було запропоновано метод прямого потенціометричного визначення з використанням мембранних сенсорів на основі 12-молібдофосфатної кислоти. Встановлено, що в результаті взаємодії органічного катіона етонію з цією кислотою утворюється малорозчинна сполука складу $(Et)_3(PMo_{12}O_{40})_2$, яка була використана як електродно-активна речовина. На її основі були підготовлені полівінілхлоридні плівки для їх використання в якості мембран.

Експериментально було визначено основні електродні характеристики розробленого сенсору (мінімальна визначувана концентрація, інтервал лінійності та нахил електродної функції) в залежності від різних факторів для визначення оптимальних умов.

При дослідженні електродних характеристик розроблених мембранних сенсорів встановлено, що кращим пластифікатором є ДОФ з оптимальним значення вмісту електродно-активної речовини у мембрані 1,0 мг. Значення крутизни електродної функції зберігає постійне значення 28 мВ/рС, що відповідає стандартному Нернстівському нахилу для двозарядних іонів.

При дослідженні впливу кислотності середовища на значення мінімальної визначеної концентрації було встановлено, що найнижчі концентрації (найвищі значення рС) були виявлені при рН=4,0, оскільки при даній кислотності розчину мембрана потенціометричного сенсора є

найбільш чутливою до вмісту етонію та мінімальна визначувана концентрація складає 10^{-5} моль/л.

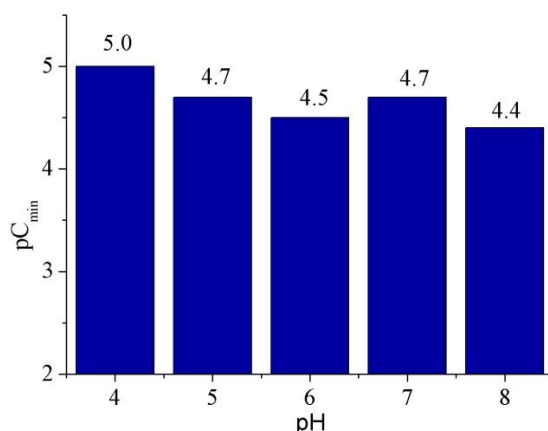


Рис. 1. Залежність мінімальної визначуваної концентрації від кислотності середовища (розчинник пластифікатора – диоктилфталат)

Експериментально встановлено, що час відгуку розробленого мембранного сенсора становить 60–120 с в залежності від концентрації досліджуваного розчину, оптимальний час життя сенсора ~ 50 днів при зберіганні в сухому стані і витримці протягом 10 хвилин в розчині етонію з концентрацією $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

На основі проведених досліджень розроблені нові методики кількісного визначення вмісту етонію в об'єктах косметичної продукції методом прямої потенціометрії. Методики відповідають всім вимогам сучасного аналізу – вони прості та експресні, безпечні та доступні, мають достатню точність, чутливість і селективність.

Список використаної літератури

1. Камнева Н. Н., Быкова О. С. Влияние мицеллярной среды на спектральные и протолитические свойства ряда индикаторных красителей // Вісник Харківського національного університету. Серія "Хімія". – 2014. – Вип. 23 (46). – № 1123. – С. 39-46.
2. Денисенко В. П., Броварец В. Фотокалориметрическое определение катионных ПАВ // Фармация. – 1979. – Т. 28. – № 6. – С. 109-110.
3. Голушко С. В., Могилевич Г. Е., Клебанов Б. И. Метод определения этония в биологических объектах с помощью газожидкостной хроматографии // Хим. фармац. журнал. – 1986. – Т. 20. – № 9. – С. 1141-1143.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОКИСНЕННЯ АМОКСИЦИЛІНУ ШЛЯХОМ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ В ПРОТОЦІ

Загорулько С.Ю., Сухий М.К., Шмичкова О.Б., Веліченко О.Б.

e-mail: zahorulkosvetlana@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

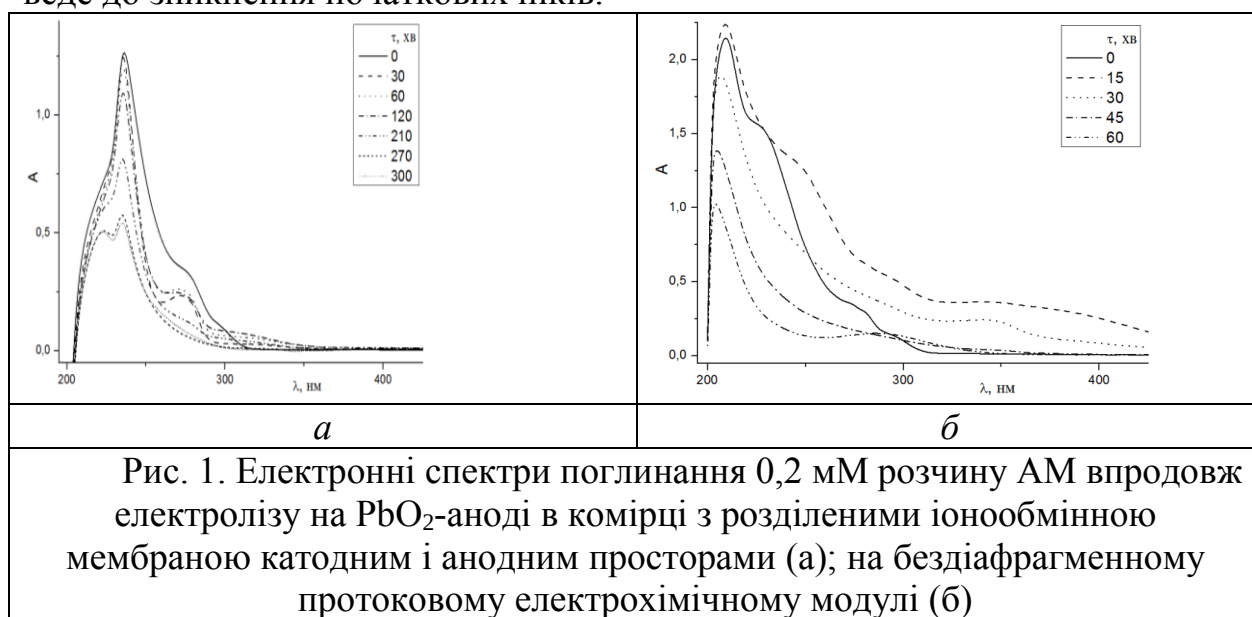
Забруднення водного середовища фармацевтичних сполуками та продуктами їх розпаду є однією з найважливіших загроз для здоров'я населення та навколишнього середовища [1]. Для вирішення цієї проблеми необхідно постійно вдосконалювати існуючі та створювати нові методи і конструкції для ефективного видалення фармацевтичних препаратів з відходів та їх утилізації. Одним з найбільш перспективних методів локального очищення води є електрохімічний, який завдяки своїй універсальності, високій ефективності, простоті управління, можливості автоматизації, екологічній сумісності і економічній ефективності має певні переваги над класичними реагентними, фотокаталітичними та біологічними. Серед електрохімічних методів привертає увагу анодне окиснення, головною перевагою якого є його умовна безреагентність за рахунок утворення під дією електричного струму оксигеновмісних радикалів в якості сильних окисників [2]. Незважаючи на перспективність цього методу, його практична реалізація стримується відсутністю необхідних знань для створення електрокаталізаторів з прогнозованими функціональними властивостями. В зв'язку з цим в роботі були вивчені закономірності процесу електрохімічного окиснення амоксициліну (АМ) на PbO_2 -анодах.

Для одержання анодів з активним покриттям на основі PbO_2 як базовий електроліт осадження використовували розчин наступного складу, моль/дм³: $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$ – 0,1; $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$ – 0,1. Електроокиснення 0,2 мМ водного розчину АМ проводили в сульфатному розчині (0,5 М Na_2SO_4) в комірці з розділеними іонообмінною мембраною катодним і анодним просторами та на бездіафрагменному протоковому електрохімічному модулі з коаксіальним розташуванням електродів (анод – стрижень із матеріалу на основі PbO_2 ; катод – титанова трубка) за $j_a = 50$ мА/см². Зміну концентрації АМ та ароматичних проміжних продуктів його окиснення під час електролізу визначали шляхом відбору проб та вимірюванням оптичної густини розчину в УФ і видимій областях. Спектри поглинання розчинів, що містять органічні речовини, були отримані з використанням спектрофотометрів ULAB 108UV.

Вихідний розчин АМ (рис.1) характеризується кількома основними максимумами поглинання за 235; 275 та 295 нм. На початку електролізу в комірці з розділеними катодним і анодним просторами, спостерігаємо зменшення оптичної густини максимуму поглинання за 275 нм і зникнення піку за 295 нм (рис.1a). Впродовж 2 годин електролізу відбувається

утворення та накопичення проміжних продуктів окиснення, про що свідчить поява плато за 300-310 нм. Подальше окиснення АМ веде до зниження оптичної густини максимумів поглинання за 235 нм та зникнення інших піків. Після 270 хв електролізу спостерігаємо появу плато в області 260-270 нм, що свідчить про утворення проміжних продуктів ароматичної природи.

Швидкість процесу окиснення за проведення електролізу в протоковій комірці зростає приблизно в 4 рази. На спектрі (рис.1б) спостерігалася поява двох піків за 240 нм та 340 нм, збільшення оптичної густини максимумів поглинання за 275 та 295 нм, через 15 хв електролізу піки досягають своїх максимальних значень, подальше окиснення препарату веде до зникнення початкових піків.



За результатами досліджень встановлені кінетичні закономірності окиснення АМ. Характер залежності логарифму концентрації від часу вказує на псевдоперший порядок реакції за вихідною речовиною. Гетерогенна константа швидкості руйнування препарату в комірці з розділеними просторами складає 0,01 хв⁻¹, тоді як в бездіафрагменному протоковому електролізері константа швидкості збільшується до 0,04 хв⁻¹. Час перетворення досліджуваної сполуки в цьому випадку зменшується в 6 разів в залежності від густини струму та швидкості потоку.

Список використаної літератури

1. Electrochemical oxidation of amoxicillin on carbon nanotubes and carbon nanotube supported metal modified electrodes / M. Ferreira, I. Kuzniarska-Biernacka, A.M. Fonsec [et al.] // Catalysis Today. – 2020. – Vol. 357. – P. 322-331.
2. Electrochemical degradation of amoxicillin in aqueous media / B.G. Padilla-Robles, A. Alonso, S.A. Martínez-Delgadillo [et al.] // Chemical Engineering and Processing. – 2015. – Vol. 94. – P. 93-98.

**КАТАЛІТИЧНЕ РУЙНУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ КОМПОНЕНТІВ
ЛІКАРНЯНИХ СТОКІВ**

Загорулько С.Ю., Шмичкова О.Б., Лук'яненко Т.В., Веліченко О.Б
e-mail: zahorulkosvetlana@gmail.com

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

Сульфаніламід є одним з найстаріших класів антибактеріальних препаратів, що використовуються в сучасній медицині. Такі агенти легко розчиняються у воді і мають високу міграційну здатність в довкіллі, можуть накопичуватися в різних організмах через харчовий ланцюг, проявляти потенційну токсичність для людини і водних організмів і викликати резистентність патогенних бактерій [1]. Для ефективної руйнації препаратів використовують електрохімічні технології, які слід віднести до умовно безреагентних. Електрохімічна деструкція полютантів досягається як за рахунок прямого перенесення електронів між органічними сполуками і електродом, так і у вторинних хімічних реакціях, де окисником є оксигеновмісні радикали, що утворюються в процесі електролізу з молекул води.

Робота присвячена вивченню закономірностей процесу електрохімічного окиснення стрептоциду на PbO_2 -анодах. Для одержання анодів [2] з активним покриттям на основі плюмбум(IV) оксиду як базові електроліти осадження використовували розчини наступного складу: 1) 0,1М $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$ + 0,1М $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$; 2) 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 0,1М HNO_3 ; 3) 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 0,1М HNO_3 + 0,1М NaCH_3SO_3 .

Електроокиснення стрептоциду проводили в комірці з розділеними іонообмінною мембраною анодним і катодним простором при $j_a = 50 \text{ mA/cm}^2$. Площа електроду складала $2,5 \text{ cm}^2$. Конверсію водного розчину стрептоциду проводили у термостатованій комірці з електролітом наступного складу: фосфатний буфер (0,25 М Na_2HPO_4 + 0,1 М KH_2PO_4) + 0,2 мМ стрептоциду. Зміну концентрації стрептоциду та ароматичних проміжних продуктів його окиснення під час електролізу визначали шляхом відбору проб (об'ємом 4 cm^3) 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 програмуемого ULAB 108UV.

Спектральні дані свідчать про те, що повна конверсія стрептоциду до аліфатичних продуктів проходить на PbO_2 – анодах осаджених з метансульфонатних електролітів за $j_a = 50 \text{ mA/cm}^2$ за 120 хвилин.

Вихідний розчин препарату (рис.1) характеризується основним максимумом поглинання за 260 нм. На початку електролізу спостерігаємо зниження оптичної густини максимуму поглинання. Подальше окиснення препарату веде до зникнення основного піку, що свідчить про повну конверсію стрептоциду.

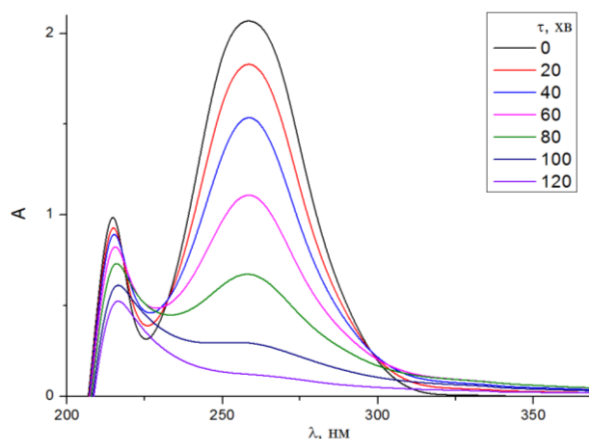


Рис. 1 Спектри поглинання розчинів з початковим вмістом стрептоциду 0,2 мМ при різному часі електролізу на Ti/ PbO₂ – аноді осадженому з метансульфонатного електроліту

Слід зазначити, що процеси електроокиснення стрептоциду на діоксидносвинцевих електродах осаджених з нітратних, метансульфонатних та змішаних нітратно-метансульфонатних електролітів перебігають якісно однаково і відрізняються лише швидкістю. Це припускає незмінність механізму окиснення стрептоциду, що дає можливість проводити коректне зіставлення їх електрокаталітичної активності.

Згідно з розрахунками (табл. 1), заснованими на кінетичних дослідженнях, константа швидкості реакції деструкції стрептоциду залежить від складу електроліту осадження і відповідно до його природи.

Таблиця 1. Кінетичні параметри електрохімічного окиснення стрептоциду на PbO₂-анодах

Склад електроліту	Константа швидкості гетерогенної реакції, $k \times 10^6$, моль л ⁻¹ хв ⁻¹
0,1M Pb(CH ₃ SO ₃) ₂ + 0,1M CH ₃ SO ₃ H	1,81
0,1M Pb(NO ₃) ₂ + 0,1M HNO ₃	0,95
0,1M Pb(NO ₃) ₂ + 0,1M HNO ₃ + 0,1M Na CH ₃ SO ₃	0,86

Максимальний інтерес для деструкції стрептоциду представляє діоксидносвинцевий електрод осаджений з метансульфонатного електроліту, для якого константа швидкості руйнування препарату збільшується в 1,9 рази в порівнянні з анодом отриманим з нітратного електроліту. При цьому, введення натрій метансульфонату в нітратний електроліт не тільки не збільшую швидкість деструкції стрептоциду, але навіть трохи її зменшує.

Список використаної літератури

1. Solar photocatalytic degradation of sulfanilamide by BiOCl/reduced graphene oxide nanocomposites: Mechanism and degradation pathways / S. Dong, Y. Pi, Q. Li [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2016. – Vol. 663. – P. 1–9.

2. Electrochemical oxidation of chloramphenicol with lead dioxide–surfactant composites/ S. Zshorulko, O. Shmychkova, A. Velichenko [et al.] // Water Environment Research – 2021. – Vol. 6. – P. 242–249.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ МОЛЕКУЛЯРНОЇ МАСИ ПВС НА ГЛИБИНУ ЗАТЕМНЕННЯ ЕЛЕКТРОХРОМНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ Ni(OH)_2

Зіма О.С., Коваленко В.Л., Коток В.А.

e-mail: aleksanazima@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Для оцінки впливу молекулярної маси було приготовано розчини для електроосадження з додаванням 40 г/л ПВС з різним ступенем полімеризації марок 17-99, 24-99 та 30-99, та отримано покриття. Для кожного з покриттів було знято циклічну вольтамперну криву з паралельною фіксацією змін прозорості плівки. При використанні такого підходу ми мали змогу комплексно оцінювати електрохромні характеристики в залежності від методу отримання.

В загальному вигляді ПВС може потрапляти до складу плівки двома механізмами:

темплатний механізм - на поверхні FTO до початку формування шару гідроксиду нікелю формується сітка темплату, в комірках якої і ростуть кристали гідроксиду нікелю;

адсорбційний механізм - ВМС, адсорбується на поверхні гідроксиду нікелю, що утворюється.

З рис. 1 видно, що велика молекулярна маса ПВС негативно впливає на адгезію до електропровідної основи. Була виявлена залежність: зі збільшенням молекулярної маси ВМС його концентрація для формування оптимальної сітки темплату знижується.

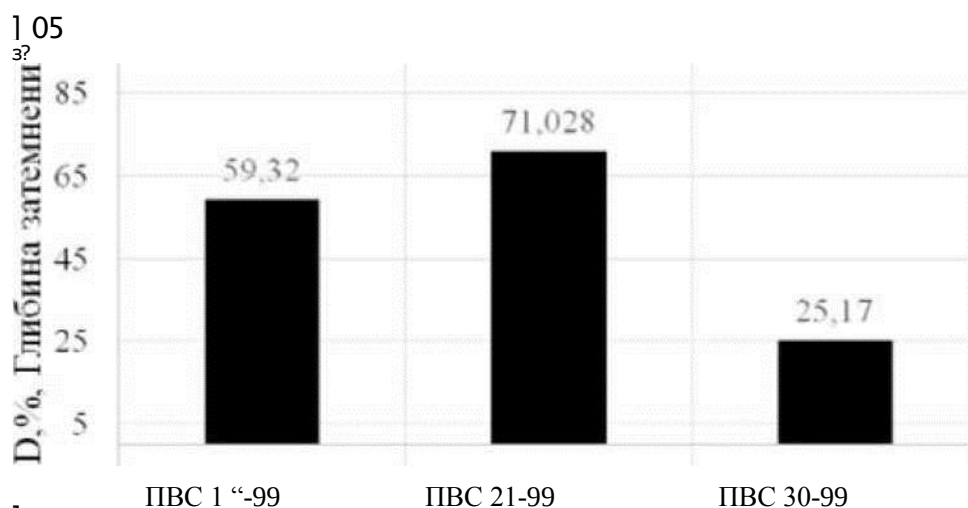


Рисунок 1 - Залежність абсолютної глибини затемнення покриття від марки ПВС

Можна стверджувати, що для ПВС марки 17-99 ця концентрація (40 г/л) буде недостатньою для формування суцільної мережі темплата, отже буде реалізовуватися переважно адсорбційний механізм. В цьому випадку ВМС з високою молярною масою викликає високі внутрішні напруження в електрохромній плівці, в результаті після 2-3 циклу відбувається відшаровування плівки.

Для ПВС марки 24-99 обрана концентрація була оптимальною, ПВС формує сітку темплата оптимальної щільності. Для ПВС марки 30-99 концентрація 40 г/л надлишковою. У цьому випадку гідроксид нікелю формується не тільки на поверхні FTO, так і в об'ємі плівки. Останні частинки гідроксиду нікелю не мають електричного контакту із струмопровідним шаром і не проявляють електрохімічних та електрохромних властивостей.

Також було визначено, що при однаковій концентрації збільшення молекулярної маси спочатку призводить до покращення електрохімічних та оптичних характеристик, а потім до погіршення. При низькій молекулярній масі не формується повна сітка темплату, ВПС потрапляє в плівки по адсорбційному механізму. Плівка стає занадто важкою, створюється вертикальна внутрішня напруга та покриття відшаровується від електроду. Зависоке значення молекулярної маси дає утворення занадто щільного шару темплату, що погіршує характеристики.

Список використаної літератури

1. Wantz G., Hirsch L., Huby N., Vignau L., Silvain J. F., Barrière A. S., Pameix J. P. (2005) Correlation between the Indium Tin Oxide morphology and the performances of polymer light-emitting diodes. *Thin Solid Films*, 485(1-2), P. 247 - 251.
2. Kotok, V. The electrochemical cathodic template synthesis of nickel hydroxide thin films for electrochromic devices: Role of temperature. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. №2. С. 28-34. 29.
3. Kotok V. A., Kovalenko V. L. Advanced electrochromic Ni(OH)₂/PVA films formed by electrochemical template synthesis. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. №11. С. 28-34. 30.
4. Kotok V. A., Solovov V. A. Soft electrochemical etching of FTOcoated glass for use in Ni(OH)₂-Based Electrochromic Devices *ECS Journal of Solid State Science and Technology*. 2017. С. 34-35.

КОМПОЗИТНІ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРИ НА ОСНОВІ СУБОКСИДІВ ТИТАНУ

Книш В.О., Лук'яненко Т.В.

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

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, м. Дніпро

Одним з найбільш широко використовуваних розмірно-стабільних анодів (DSA) є платинований титан [1], який шляхом термообробки може бути перетворено в композиційний анод $\text{Ti-TiO}_x\text{-Pt}$, який має ряд унікальних електрокаталітичних властивостей [2]. Платинове покриття може працювати в області високих анодних і катодних поляризацій, а також має високу корозійну стійкість в присутності сильних окисників.

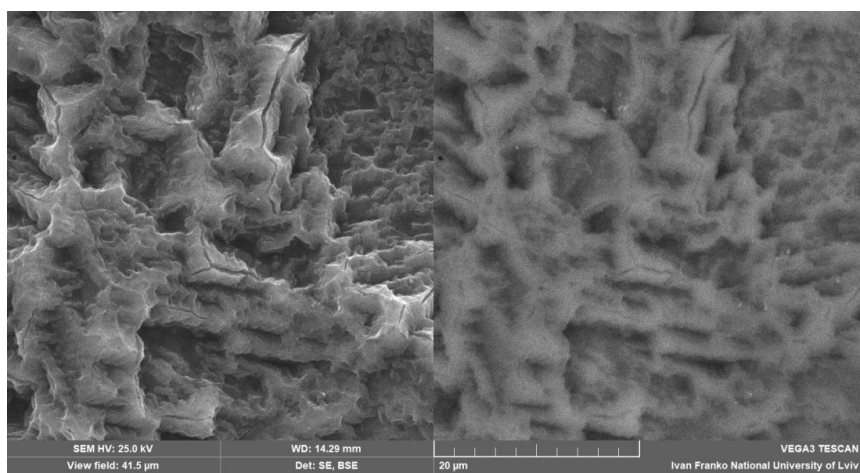
На відміну від існуючих аналогів для створення електрокаталізаторів в роботі розглянуто використання субоксидів титану в якості матриці. Такі системи можна одержати з TiO_2 нанотрубок шляхом часткового відновлення з утворенням субоксидів титану різного ступеня стехіометрії. Цей метод дозволяє створити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

Метою нашої роботи є створення та дослідження композитних електрокаталізаторів на основі субоксидів титану, сумісно модифікованих платиною і паладієм, з заданими функціональними властивостями.

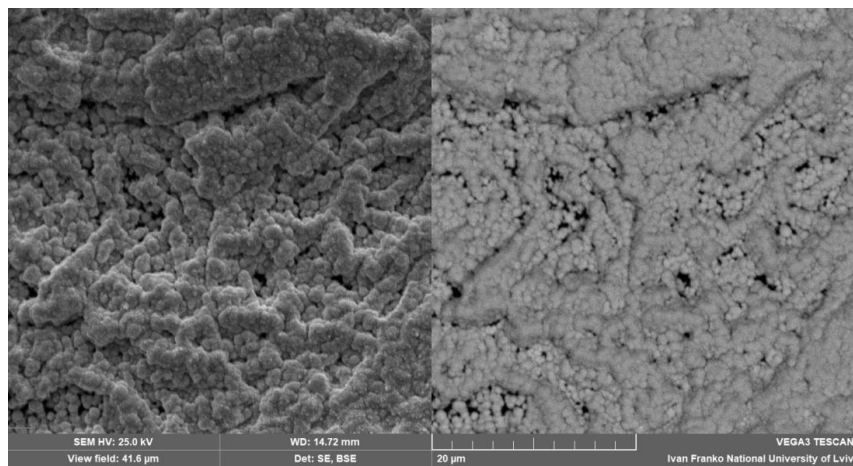
Отримання TiO_2 нанотрубок проводили в дві стадії на попередньо підготовленій Ti пластині, площею 1 cm^2 . Перша стадія - анодне осадження при 40 В з електроліту, що містив етиленгліколь (EG) і 0,25 ваг.% NH_4F (3 години), а також електроліту з EG і 5 ваг.% H_3PO_4 (1 година). Друга стадія - катодне відновлення в 1 М NaClO_4 (1 година) [3]. Потім на відновлену поверхню наносили 2 mg/cm^2 Pt і/або 1 mg/cm^2 Pd. Термообробка складала 3 години при 500°C . Морфологію поверхні вивчали методом скануючої електронної мікроскопії (SEM). Рентгенівські дифрактограми були записані Advance Bruker.

За вище зазначеною методикою на поверхні титанового колектора струму були синтезовані TiO_2 нанотрубки. Слід зазначити, що такі матеріали є сильно гідратованими і мають низьку електропровідність в зв'язку з чим на їх поверхню неможливо нанести покриття платиною і

паладієм гальванічним методом. Для вирішення цієї проблеми нами був запропонований метод катодного відновлення TiO_2 нанотрубок, що дозволяє, в залежності від часу електролізу, одержати на поверхні субоксиди титану загального складу $\text{Ti}_n\text{O}_{2n-1}$ ($n = 4-10$). Ступінь відновлення залежить як від умов електролізу, так і від його часу. В результаті досліджень в якості електроліта був запропонований 1М NaClO_4 , а оптимальна густина катодного струму 5 mA/cm^2 . За одну годину електролізу в таких умовах поверхня стає достатньо відновленою для електроосадження якісних покриттів платиною та паладієм з задовільною адгезією до основи.



а



б

Рисунок 1 - Мікрофотографія поверхні за даними СЕМ матеріалів:
а – відновлені TiO_2 нанотрубки; б – композитний електрокаталізатор
мофіфікований платиною

Встановлено, що матеріали, на поверхню яких нанесено до $2,5 \text{ mg/cm}^2$, є несутільними і за електрохімічною поведінкою суттєво відрізняються від платинованого титану і характеризуються меншим перенапруженням виділення кисню.

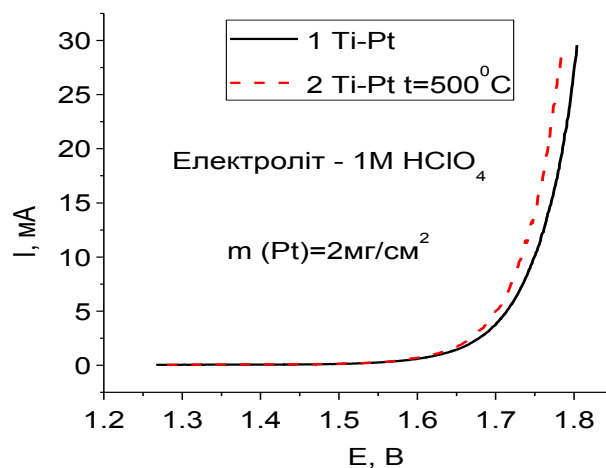


Рисунок 2 - Потенціодинамічні криві композиційних електродів, що отримано в 1М НСІО₄. Швидкість розгортки потенціалу - 5 мВ/с.

Для більшого ефекту на поверхню таких матеріалів були нанесені гальванічні покриття паладієм (до 1 мА/см²). Разом з тим, такі матеріали не є стабільними у часі і їх потенціал за анодної поляризації швидко зростає. Термообробка таких покриттів в атмосфері повітря при температурах 400-550°C протягом 1-3 годин дозволяє створити композитні матеріали які є стабільними в часі, навіть за присутності хлорид-іонів у розчинах.

В результаті дослідження був запропонований новий комбінований електрохімічно-піролітичний метод синтезу електрокаталізаторів на основі субоксидів титану, сумісно модифікованих платиною і паладієм, який дозволяє одержувати композитні матеріали з прогнозованим складом та електрокаталітичною активністю. Відмінною рисою такого методу у порівнянні з існуючими аналогами є формування композитного матеріалу за рахунок взаємодії матеріалу основи та тонких несучільних шарів платини і паладію, що знаходяться на поверхні. Основною перевагою таких матеріалів над відомими є можливість їх застосування у анодних процесах, в тому числі за присутності хлорид-іонів у розчині. Розроблені матеріали є стабільними в процесі експлуатації і не втрачають каталітичну активність у часі.

Список використаної літератури:

1. Trassatti S. Electrocatalysis: understanding the success of DSA / S. Trasatti // *Electrochim. Acta.* – 2000. – Vol. 45. – P. 2377–2385.
2. Kasian O. Oxidation of Cr³⁺-ions at the composite TiO_x/PtO_y electrode / O. Kasian, T. Luk'yanenko, A. Velichenko // *ECS Transactions.* – 2013. – Vol. 45(9). – P. 13-18.
3. Yang Y., Hoffmann M.R. Synthesis and Stabilization of Blue-Black TiO₂ Nanotube Arrays for Electrochemical Oxidant Generation and Wastewater Treatment / Y. Yang, M.R. Hoffmann // *Environ. Sci. Technol.* – 2016. – DOI: 10.1021/acs.est.6b03540

ВИМІРЮВАННЯ ЧИСЕЛ ПЕРЕНОСУ В ІОНООБМІННИХ МЕМБРАНАХ В ДВОХСЕКЦІЙНОМУ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІ

Кошель С.А, Кошель М.Д.

e-mail: kkknd@ua.fm, 777java777@i.ua

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Вивчали процес перенесення іонів через мембрани в катодній камері спеціального двокамерного електролізера з електродами з сіткового платинованого титану (рис.1)

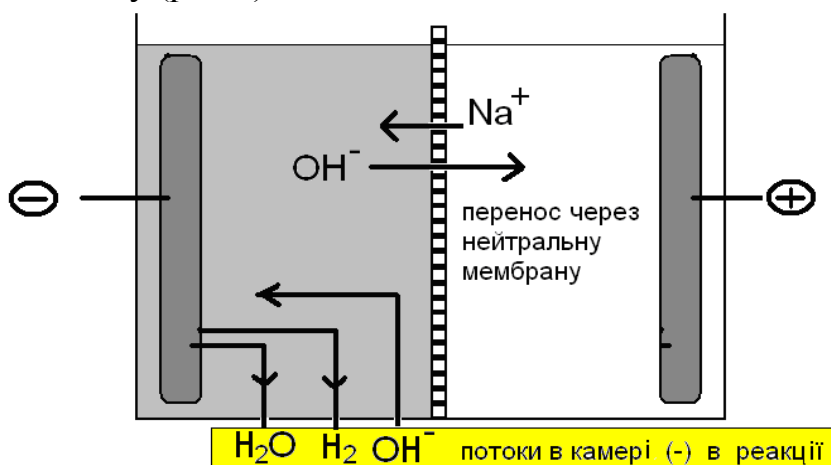
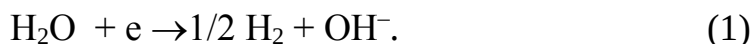


Рис.1. Схема електролізера

На негативному електроді в камері відбувається процес утворення водню. У лужному середовищі, де іонів водню практично нема, на катоді розряджаються молекули води:



Утворені іони OH^- мігрують з камери через мембрану зі швидкістю g , яка залежить від числа переносу іонів OH^- , $n^- = 1 - n^+$.

$$g_{\text{OH}^-} = I \tau \cdot (1/26,8) \cdot [(1 - n^+)] \text{ моль/годину}, \quad (2)$$

де I – струм, А; τ – час, год; $1/26,8$ – електрохімічний еквівалент іона OH^- , моль/Агод. При цьому масовий потік NaOH , який також є функцією чисел переносу n^+ мембрани, може бути визначений експериментально як

$$g_{\text{NaOH}} = (C_0 - C_\tau) \cdot V_0 / \tau \quad (3)$$

де C_0, C_τ – концентрації NaOH в камері, V_0 – об'єм камери.

В електролізері в цілому здійснюється розкладання води по реакції



При тому, що струм через камеру безперервно змінюється внаслідок здійснення реакції та зміни хімічного складу електроліту, кількість пропущеного заряду Q можна підрахувати інтегруванням як результат експерименту тривалістю τ з дискретним інтервалом $\Delta\tau$

$$Q = \sum_0^\tau [I(\tau) \cdot \Delta\tau] \text{ А} \cdot \text{год}. \quad (5)$$

Експерименти виконували в розведеному розчині NaOH при $C < 0,02$ М для того, щоб мати змогу користуватись точними таблицями [1] концентраційних залежностей питомої електропровідності $\kappa = f(C)$, які використовували для калібрування спеціальних резистометричних сенсорів [2] для вимірювання функцій $\kappa = f(C)$.

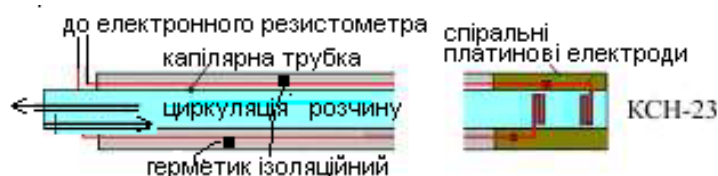


Рис.2. Схема конструкції резистометричного сенсора КСН 23

На рисунках 3-5 наведені графіки експериментальних результатів вимірювань, здійснених на високоселективній гомогенній катіонообмінній мембрані МФ-4СК, яка містить іоногенні сульфогрупи SO_3H (продукція заводу ОАО «Пластполімер», м. Санкт-Петербург, російський аналог мембран NAFION). Паралельно виконані досліди також на монополярних мембранах МК-40 (ООО «ІП ЩекиноАзот», паспортне число переносу n^+ не менше 0,8), з аналогічними результатами.

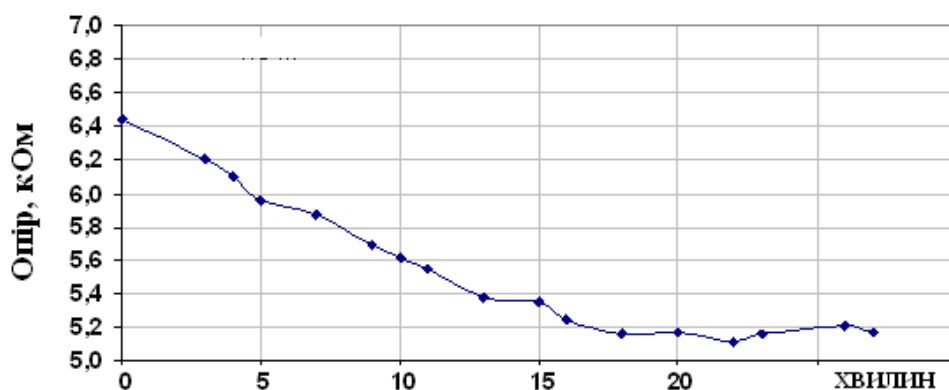


Рис.2. Динаміка зміни опору за показаннями сенсора

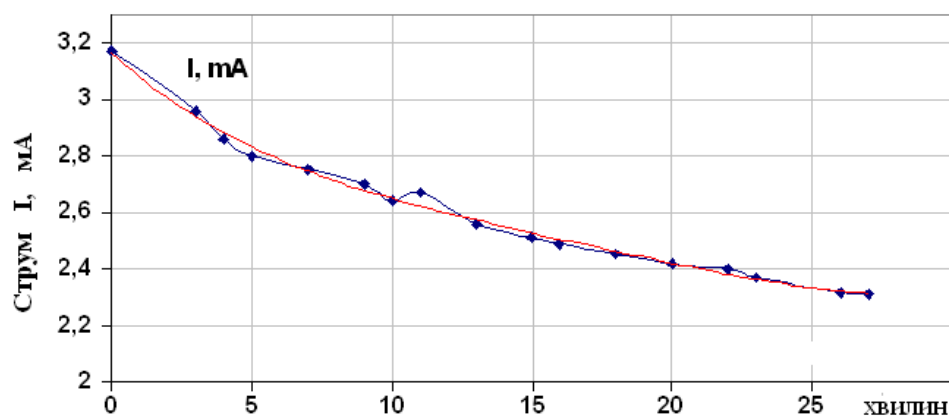


Рис.3. Динаміка зміни струму через камеру. Суцільна лінія без точок – апроксимація поліномом 4 порядку

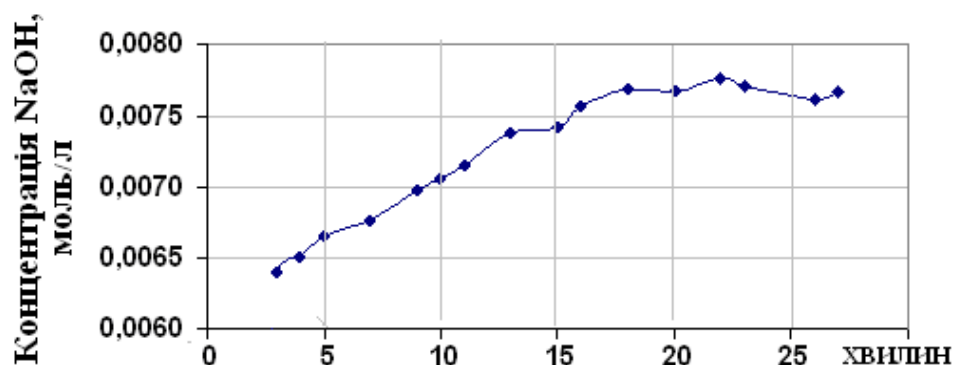


Рис.4. Динаміка зміни концентрації NaOH в катодній камері

Обговорення

Існує ряд класичних методів визначення чисел переносу (ЧП) іонів в розчинах. Але головний інтерес у даному дослідженні складало для нас визначення ЧП в протонопровідних ІОМ. Такі мембрани на основі стійких перфторованих полімерів типу НАФІОН використовуються в потужних електролізерах для синтезу чистих лугів (електроліз NaCl), електролізі води для синтезу чистого водню, у виробництві та експлуатації рідинних паливних елементів (електрохімічних генераторів, ЕХГ). Особливе значення має цей напрямок роботи у зв'язку з тим, що останнім часом хіміками синтезовані нові перспективні матеріали – іонні рідини, які мають уніполярну провідність і здатні утворити новий напрям технології [4]. Наші дослідження показали, що метод визначення чисел переносу мембран в двохкамерному електролізері є надійним і високоточним. Ним визначені числа переносу для мембрани МФ-4СК і формули для їх визначення (n_+^K -для катіонітових n_+^A - для аніонітових):

$$\boxed{n_+^A = \frac{(C_0 - C_\tau) \cdot V_\tau}{(I \cdot \tau) / 26,8)}} \quad \boxed{n_+^K = 1 - \frac{(C_\tau - C_0)}{C_\tau}} \quad (6)$$

і самі числа переносу в точках дослідження $\tau=5,7,13,22,27$ хвилин: 0,961; 0,946; 0,918; 0,906; 0,895; 0,82- 30 хвилин в анодній (+) камері (точність підвищена в тривалих дослідженнях).

Список використаної літератури:

1. Н. Д. Кошель*, С. А. Кошель. Определение условных констант кондуктометрических сенсоров. Электронная обработка материалов, 2021, 57(4). С. 57-68.
2. N. D. Koshel1, O. V. Smyrnova, M. V. Kostyrya. THE STUDY OF ION EXCHANGE KINETICS ON THE ANIONITE IN WEAK ELECTRIC FIELDS. 8-th international conference on Materials Science & Condensed Matter Physics. September 12 - 16, 2016 - Chisinau, Moldova. Abstracts p.133
3. Справочник химика т.3. Изд. Химия. М-Л: 1965. 505 стр.
4. *Н. Д. Кошель, С. А. Кошель, О. С. Свердликовская, О. В. Черваков. Равновесные состояния в водных растворах некоторых ионных жидкостей. 2020. 56(3). С.28-41.

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОННОЇ БУДОВИ ЗМІШАНИХ ХЛОРИДНИХ КОМПЛЕКСІВ КУПРУМУ(II) З МАЛЕЇНОВОЮ КИСЛОТОЮ У ВОДНОМУ РОЗЧИНІ

Курасова Ю.Д., Осокін Є.С., Полонський В.А., Варгалюк В.Ф.
e-mail: osokin@cf.dnu.dp.ua

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
Україна, Дніпро*

В роботі була розглянута можливість координації іонів Cu^{2+} з хлорид-аніоном та молекулами малеїнкової кислоти (МК) в різних депротонованих формах (HM^- , M^{2-}) у водному середовищі. Показано можливість утворення комплексів як з монодентатною так і бідентатною координацією.

Оптимізація комплексів та лігандів проводилась за допомогою програм Gaussian 09 [1] та AIM2000 [2]. Методика проведення квантово-хімічних розрахунків наведена в роботі [3].

Було встановлено, що у хлоридних малеїнатних комплексах у внутрішній координаційній сфері максимально може утримуватись до чотирьох молекул води. В роботі окремо порівнювались хлоридні комплекси Cu^{2+} з M^{2-} та HM^- . Показано, що існування комплексу $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{mHM})\text{Cl}]$ (рис.1) на 52,52 кДж/моль більш енергетично вигідніше ніж $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{biHM})\text{Cl}]$. Тобто в присутності аніонів HM^- утворення бідентатного комплексу є енергетично не вигідним, про що свідчать відповідні реакції комплексоутворення:

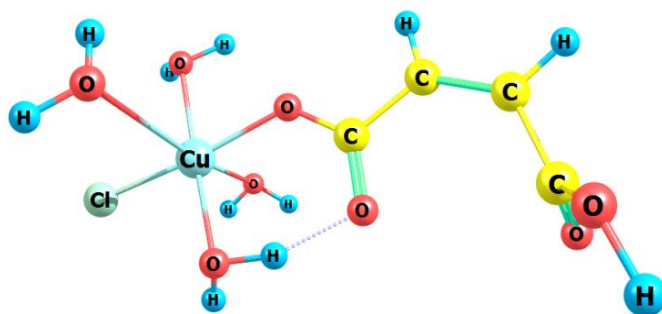
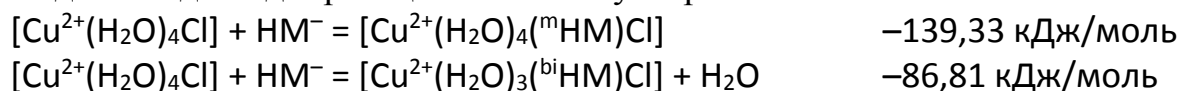
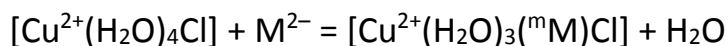
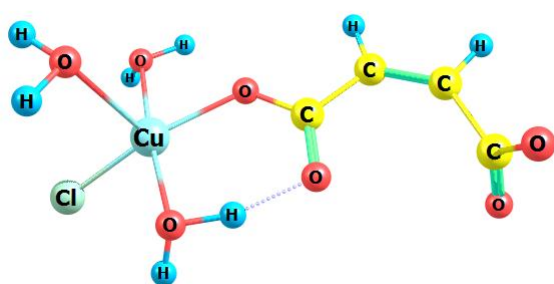


Рис. 1. Комплекс $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{mHM})\text{Cl}]$

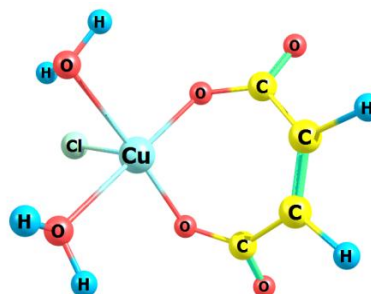
При порівнянні хлоридних комплексів Cu^{2+} з M^{2-} спостерігалось рівновірогідне утворення комплексів $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{mM})\text{Cl}]^-$ та $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{biM})\text{Cl}]^-$ (рис. 2а та рис. 2б). Це підтверджується тим, що різниця енергій систем складає 0,016 кДж/моль, а це відповідає значенням енергій коливального руху молекул. У водному розчині такі комплекси можуть утворюватись за наступними реакціями.



–155,16 кДж/моль



а



б

Рис. 2. Комплекси: а – $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{M})\text{Cl}]^-$; б – $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{biM})\text{Cl}]^-$

Таким чином можна стверджувати, що у водному розчині купрум(II) хлориду в присутності малеїнової кислоти вірогідно утворення комплексів $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{M})\text{Cl}]$, $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{M})\text{Cl}]^-$ та $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{biM})\text{Cl}]^-$. Для цих структур був проведений аналіз розподілу електронної густини за допомогою QTAІМ, який дозволив розрахувати енергії зв'язування (E_{BE}) між атомами в досліджуваних комплексних сполуках. З'ясовано, що в комплексах з монолігандною координацією МК енергія зв'язування ($\text{Cu}^{2+}-\text{Cl}$)-зв'язків склали близькі значення –92,92 та –96,08 кДж/моль для M^{2-} та M^{2-} , відповідно. Але для комплексів з бідендатно координованою МК ця енергія складала –41,99 кДж/моль. Були розраховані енергії зв'язування для ($\text{Cu}^{2+}-\text{OOC}$)-зв'язків. Для комплексів з монодентатною координацією ліганду $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{M})\text{Cl}]$ та $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{M})\text{Cl}]^-$ енергії зв'язування ($\text{Cu}^{2+}-\text{OOC}$)-зв'язку склали –149,84 та –158,35 кДж/моль, відповідно. Також були розраховані енергії зв'язування двох ($\text{Cu}^{2+}-\text{OOC}$)-зв'язків для комплексу $[\text{Cu}^{2+}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{biM})\text{Cl}]^-$, які є суттєво вищими ніж у відповідних комплексів з монодентатною координацією ліганду, для першого зв'язку $E_{\text{BE}}(\text{Cu}^{2+}-\text{OOC})_1 = -189,23$ та для другого зв'язку $(\text{Cu}^{2+}-\text{OOC})_2 = -179,58$ кДж/моль. Отримані результати є корисними для подальшого експериментального отримання і дослідження вказаних сполук.

Список використаної літератури

1. Frisch M. J. Gaussian 09, Revision C.01 / M. J. Frisch, G. W. Trucks, H.B. Schlegel [et. al.] // Gaussian, Inc., Wallingford CT. – 2016.
2. Biegler-Konig F. AIM2000 a Program to Analyze and Visualize Atoms in Molecules / F. Biegler-Konig, J. Schonbohm, D. Bayles // Comput. Chem. – 2001. – Vol. 22. – P. 545–559.
3. Features of ($d\pi-\pi$)-binding of Cu(I) ions with acrylic, maleic and fumaric acids in aqueous solution / V. F. Vargalyuk, Y. S. Osokin, V. A. Polonsky, V. N. Glushkov // Journal of Chemistry and Technologies. – 2019. – Vol. 27. – P. 148–157.

МЕТОД ДОБАВОК У ФОТОМЕТРИЧНОМУ АНАЛІЗІ

Маринич Н.С., Кусяк А.П.

Житомирський державний університет ім.І.Франка,

Житомир, Україна

Кількісний аналіз часто включає спектрофотометричне дослідження сумішей двох компонентів з спектрами, що частково перекриваються і чим більше ступінь перекриття тим складніше процес визначення. Не дивно, що ця проблема стала предметом ряду хемометричних досліджень, що ставили за мету розробку методики кількісного визначення концентрації для бінарних сумішей і, згодом, для трьох або більше компонентних.

Багатокомпонентна лінійна адитивна модель часто використовується при визначенні концентрації компонентів сумішей. При її застосуванні використовується припущення, що вимірний сигнал повинен складатися з внесків відомих компонентів зразка. Це в свою чергу потребує знань не тільки про аналіти, що цікавлять, але також про усі присутні компоненти.

Для досліджень сумішей двох та більше компонентів із спектрами що широко або навіть повністю (в останньому випадку з збіжним піком максимумів, але з різними спектральними особливостями) перекриваються використовують модифікований та вдосконалений метод стандартних добавок H-Point Standard Addition Method (HPSAM).

Метод використовує дані аналітичного сигналу, отримані за двома точно обраними довжинами хвиль, для оцінки концентрації аналіту та інтерференційних концентрацій. При визначенні концентрації компонента X, при наявності у суміші компонента Y, навіть якщо їх спектри поглинання повністю перекриваються та збігаються їх максимумами, вибираються дві довжини хвиль λ_1 і λ_2 , що лежать по обидва боки поглинання максимуму Y. Тоді, відомі кількості X послідовно додають до суміші і результуючі поглинання вимірюють на двох вищезазначених довжинах хвиль і застосовують рівняння:

$$A_1 = b_0 + b + M_1 C_i$$

$$A_2 = A_0 + A' + M_2 C_i$$

де b_0 і A_0 - поглинання X при λ_1 і λ_2 , відповідно, b і A' - поглинання Y при обраних довжинах хвиль, M_1 і M_2 - це нахили прямих ліній отримані при побудові калібрувальних прямих при λ_1 і λ_2 , відповідно, C_i - це додана концентрація X, а A_1 і A_2 - поглинання, виміряні на двох довжинах хвиль для різних доданих добавок. Отримані дві прямі лінії перетинаються в так званій точці Н ($-C_H A_H$), де $-C_H (= C_X)$ - невідома концентрація X, а $A_H (= A_Y)$ - аналітичний сигнал Y. Основна особливість HPSAM в тому, що ордината точки Н (A_H), тобто те, що визначає концентрацію X ($-C_H$), є ненульовою.

Al-Sabha T. N., Bunaciu A. A., Hassan Y.A. (2011). H-Point Standard Addition Method (HPSAM) in Simultaneous Spectrophotometric Determination of Binary Mixtures: An Overview. *Appl. Spectrosc. Rev.*, 46(8), 607–623.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ТИОКАРБАМИДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТО ИЗ КЕКА АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛЕНИЯ

Махмудов Х.А., Самихов Ш.Р.

e-mail: obogatitel_0903@mail.ru, samikhov72@mail.ru

Горно-металлургический институт Таджикистана

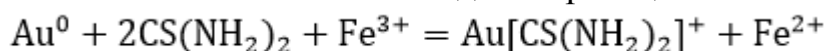
Таджикский национальный университет

Ключевые слова: тиокарбамид, выщелачивание, золотосодержащий концентрат, степень извлечения, температура, кинетика.

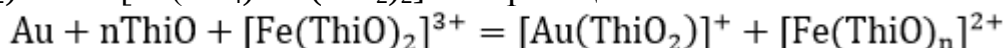
Цель исследования: изучение условий применения вариантов технологий тиокарбамидного выщелачивания для количественного извлечения золота из руд сложного вещественного состава и продуктов их переработки. Это один из способов переработки упорных руд технологического типа В. Кроме того, этот способ является альтернативой цианистому выщелачиванию золота из обычных и упорных руд и концентратов. [1-4]

Тиокарбамид, или тиомочевина, имеет формулу $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$, обычно обозначается в реакциях Thio. Соединения золота с тиокарбамидом растворимы в воде, обладают определенной химической устойчивостью, но несколько уступают по этой характеристике цианистым комплексам золота.

Растворение золота в тиомочевине идёт по реакции:



Процесс проходит в растворе кислоты, что вызвано необходимостью сохранения тиокарбамидного комплекса золота, который устойчив при $\text{pH} < 4$. Окисляющая роль Fe^{2+} связана с образованием комплекса $\text{Fe}(\text{ThiO}_2)^{3+}$ или $[\text{Fe}(\text{SO}_4)\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^{2+}$ по реакции



где ThiO – тиокарбамид $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$.

Нами в лабораторных условиях приведены исследования по определению оптимального режима тиокарбамидного выщелачивания золота и серебра из флотоконцентрата месторождения Иккижелон после автоклавного вскрытия. Химический состав концентрата приведено в таблице 1. Флотоконцентрат представлен преимущественно сульфидами, минералами пирита и арсенопирита [5].

Продолжительности процесса тиокарбамидного выщелачивания исследовали при постоянной концентрации тиокарбамида 16г/л, серной кислоты 14г/л и окислителя 8г/л (рис.1). Как показали результаты, после двух часов в раствор переходил 66,3% золота и 57,6% серебра. При длительности процесса до шести часов степень извлечения металлов

возрастает, и соответствует 90,2% золота и 79,1% серебра. Дальнейшее увеличение продолжительности процесса до десяти часов, на извлечения металлов практический не влияет.

Таблица 1

Результаты химического анализа флотоконцентрата

Компоненты	Содержание, %
Au	47.08 г/т
Ag	340.4 г/т
Sb	0.42
Hg	0.37
Pb	0.7
Zn	0.9
S _{общ.}	14
Fe _{общ.}	15.2
Ti	0.2
Se	0.09
Te	0.07
Cu	0.33
As	1.9

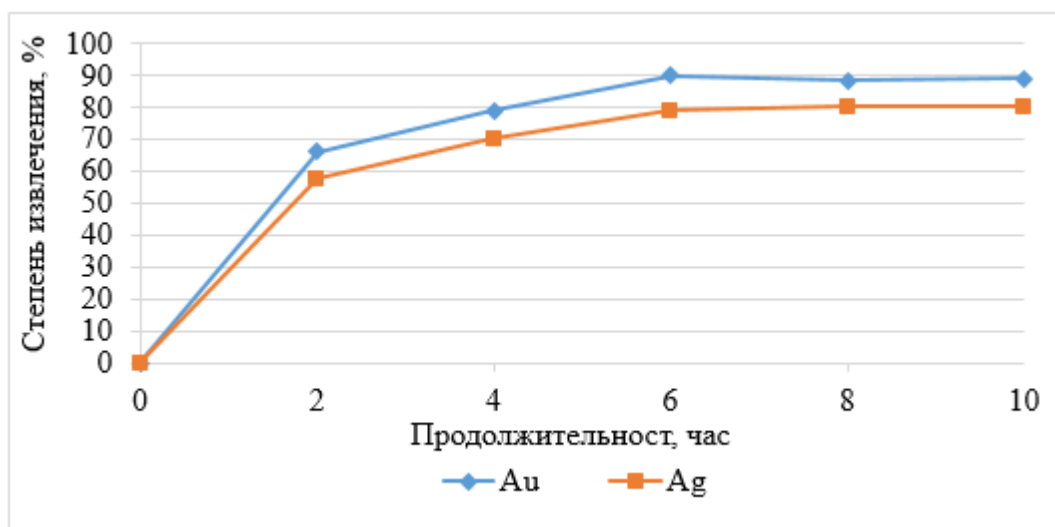


Рис. 1. Степень извлечения золота и серебра из концентрата
в зависимости от продолжительности выщелачивания

С повышением температуры численное значение константы равновесия может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от знака энтальпии реакции; константа скорости реакции с повышением температуры может только увеличиваться. Физический смысл такого влияния заключается в том, что с повышением температуры увеличивается

запас энергии реагирующих частиц и возрастает результативность их взаимодействия при столкновении (в реакцию могут вступать только достаточно активные, «горячие» частицы), т.е. увеличивается число эффективных столкновений.

Первым обратил внимание на увеличение скорости реакций с повышением температуры Вант-Гофф, но более точную зависимость сформулировал Аррениус [6]:

$$\ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{\Delta E(T_2 - T_1)}{2.303R * T_1 * T_2} = \frac{\Delta E(T_2 - T_1)}{19.14447 * T_1 * T_2}$$

Нами было изучено влияние температуры на процесс тиокарбамидного выщелачивания. Диапазон температуры изменяли в пределах от 298,15 до 363,15 К, продолжительностью 90 минут. Так, при 298,15 К извлечение металлов составляет: золота 39,3%, серебра 28,8%. А при 363,15 К извлечения металлов увеличивается до 90,3% золота и 78,5% серебра (рис. 2).

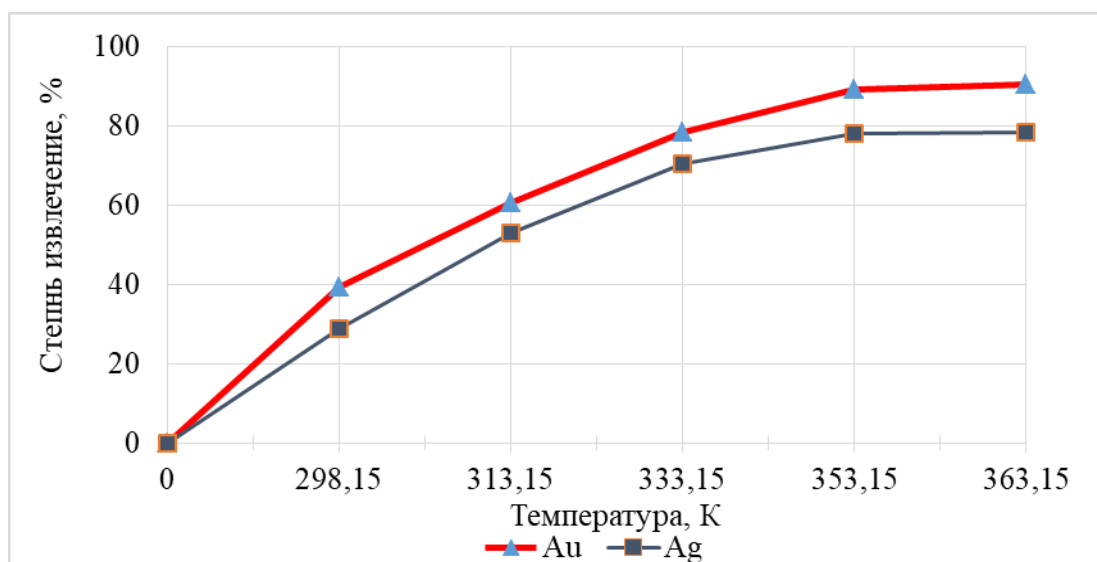


Рис. 2. Влияние температуры на процесс тиокарбамидного выщелачивания

В соответствии формулой Аррениуса нами было рассчитана энергия активации процесса который составляет:

$$\Delta E_1 = \frac{2.303R * T_1 * T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{2,303 * 8,314 * 313,15 * 298,15}{15} \ln \frac{0,05}{0,0326}$$
$$= 22,07 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta E_2 = \frac{2.303R * T_1 * T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{2,303 * 8,314 * 333,15 * 313,15}{20} \ln \frac{0,065}{0,05}$$
$$= 11,38 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta E_3 = \frac{2.303R * T_1 * T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{2,303 * 8,314 * 353,15 * 333,15}{20} \ln \frac{0,074}{0,065}$$
$$= 6,34 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta E_4 = \frac{2.303R * T_1 * T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{2,303 * 8,314 * 363,15 * 353,15}{10} \ln \frac{0,074}{0,0748}$$
$$= 1,14 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta E_5 = \frac{2.303R * T_1 * T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{2,303 * 8,314 * 363,15 * 298,15}{65} \ln \frac{0,0748}{0,0326}$$
$$= 11,5 \text{ кДж/моль}$$

Численное значение энергии активации и зависимость скорости разложения от температуры свидетельствуют о ее протекании в диффузионной области.

Список использованной литературы

1. Самихов, Ш.Р., Зинченко З.А., Бобомуродов О.М. Разработка технологии тиомочевинного выщелачивания золота и серебра из концентратов месторождения Чоре / Цветные металлы, 2014, № 2, с. 62 – 66.
2. Самихов Ш.Р., З.А. Зинченко, О.М. Бобомуродов. Изучение условий и разработка технологии тиомочевинного выщелачивания золота и серебра из руды месторождения Чоре / Доклады АН Республики Таджикистан, 2013, т.56, №4, с.318-324.
3. Самихов, Ш.Р., Зинченко З.А. Кинетика разложения сульфидно – мышьяковых концентратов месторождения Чоре / Вестник Таджикского технического университета, 2009, № 8, с. 21 – 24.
4. Лодейщиков В.В. Извлечение золота из упорных руд и концентратов. – М.: Недра, 1968.
5. Самихов Ш.Р., Махмудов Х.А. Изучение кинетики процесса тиокарбамидного выщелачивания/ политехнический вестник №3(43), 2018г., с. 38-40.
6. Каковский И.А., Набойченко С.С. Термодинамика и кинетика гидрометаллургических процессов.- Алма- Ата, Наука Казахской ССР, 1986.

ВПЛИВ ТОВЩИНИ ШАРУ ВОЛОГИ НА КОНСТАНТУ МЕТОДУ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ОПОРУ

Осадчук С.О., Ниркова Л.І.

e-mail: svetlanaosadchuk@meta.ua

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона

Національної академії наук України,

Україна, Київ

Електрохімічний метод поляризаційного опору, перевагою якого є можливість контролю швидкості корозії металів в реальному часі, використовують для оцінювання корозивності середовищ, однак для атмосферних умов його використання обмежене. Невирішеною частиною наукової проблеми є визначення константи методу для атмосферних умов, обчислення якої пов'язано з визначенням Тафелевських нахилів з поляризаційних кривих. Отримати їх в тонких плівках вологи досить складно.

Метою роботи є дослідження впливу товщини шару вологи розчину 3 % NaCl (~0,05 н) на анодний Тафелевський нахил та константу методу поляризаційного опору.

Під час досліджень використовували зразки, виготовлені зі сталі Ст3.

Моделювання атмосферної вологої та мокрої корозії, що характеризується шарами вологи різної товщини, проводили зануренням зразків сталі Ст3 у випробувальний розчин на різну глибину (~0 мм, 2 мм та 10 мм) [1]. Знімали анодні поляризаційні криві при кімнатній температурі в 3 % NaCl за допомогою потенціостату ПИ-50-1.1 в потенціодінамічному режимі з швидкістю сканування потенціалу $5 \cdot 10^{-4}$ В/с (рис. 1, а). Анодний Тафелевський нахил b_a визначали згідно з ASTM G3, як тангенс кута нахилу дотичної до анодної поляризаційної кривої в області потенціалу корозії (10 мВ), рис. 1, б. Цей нахил обчислювали з анодних кривих, отриманих іншими дослідниками [2] у 0,1 н розчині NaCl в об'ємі електроліту (крива 1) та за товщини плівки 160 мкм (крива 2), а також з анодних кривих 3-5, отриманих в цій роботі в 3 % розчині NaCl. Щоб оцінити вплив продуктів корозії на значення b_a , і, як наслідок, на константу методу В під час тривалих досліджень, зразок перед зняттям анодної кривої витримували впродовж 3 діб у розчині, рис. 1, крива 5. Результати визначення представлено в таблиці.

Визначення константи методу поляризаційного опору В (константа Стерна-Гірі) проводили згідно з ASTM G102. Для процесів з дифузійним контролем, коли катодний нахил нескінченно великий ($b_c \rightarrow \infty$), а

$b_a = \text{tg} \alpha$, константу В у Вольтах визначали за формулою:
$$B = \frac{b_a}{2,303}.$$

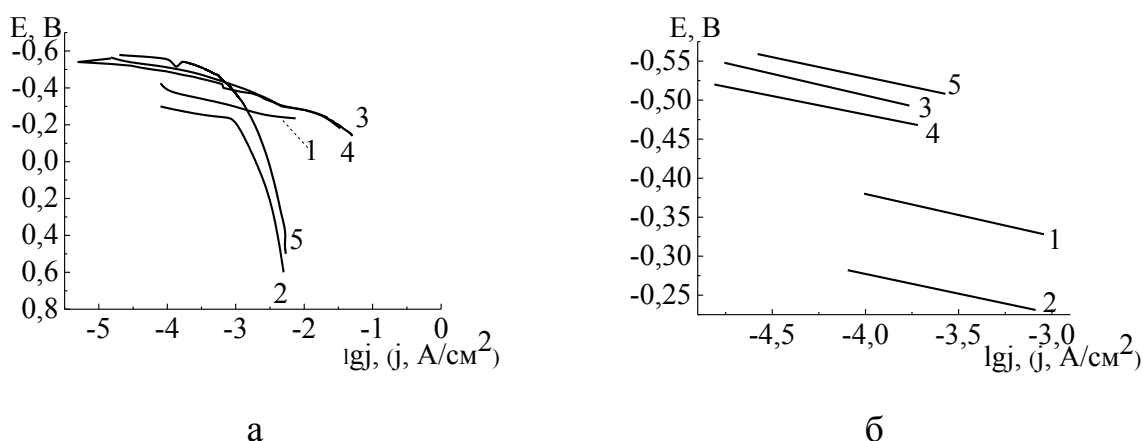


Рис. 1. Анодні криві (а) та лінійні ділянки(б), на яких визначали
Тафелівські нахили у розчинах та тонких плівках: 1 – 0,1н NaCl (розчин)
[2]; 2 – 0,1н NaCl (товщина плівки 160 мкм) [2]; 3 – 3 % NaCl (розчин,
занурення 10 мм); 4 – 3 % NaCl (тонка плівка, занурення близько 0 мм); 5 –
3 % NaCl (розчин, витримування зразка 3 доби, занурення 10 мм)

Таблиця
Тафелівські нахили b_a сталі Ст3 у розчині та в тонкому шарі розчину 3 %
NaCl та значення константи методу поляризаційного опору В

№ за/п	Умови дослідження	Тафелівський нахил b_a , Вольт	Константа В, Вольт
1	0,1н NaCl (розчин) [2]	0,054	0,023
2	0,1н NaCl (товщина плівки 160 мкм) [2]	0,049	0,021
3	3 % NaCl (розчин, занурення 10 мм)	0,050	0,022
4	3 % NaCl (тонка плівка, занурення близько 0 мм)	0,048	0,021
5	3 % NaCl (розчин, витримування зразка 3 доби, занурення 10 мм)	0,051	0,022
6	3 % NaCl* [3]	0,022-0,041	0,090-0,160
7	Морська вода** [3]	0,025	0,057
*Вуглецева сталь (катодний Тафелівський нахил b_c становить від 0,120 до 0,200 В) [3].			
** Вуглецева сталь (катодний Тафелівський нахил $b_c \rightarrow \infty$) [3].			

Як видно з таблиці, значення Тафелівських нахилів b_a в розчинах змінюється від 0,050 до 0,054 В, в тонких плівках від 0,048 до 0,049 В. Обчислене значення константи В за всіх умов становить від 0,021 до 0,023 В, тобто за перебігу корозійних процесів з дифузійним контролем корелює з теоретичними даними [3]. Відмінності значень константи ϵ

незначними, що вказує на правомірність застосування її усередненого значення не тільки для об'єму електроліту, але й для умов тонкоплівкової корозії в умовах атмосфери.

Висновки

1. Тафелевські нахили (b_a), визначені в об'ємі нейтрального розчину 3 % NaCl, становлять від 0,050 до 0,054 В, в тонких плівках – від 0,048 до 0,049 В, що вказує на превалюючий дифузійний контроль.

2. Встановлено, що анодний Тафелевський нахил (b_a) в умовах дифузійного контролю незначно залежить від товщини шару електроліту і мало впливає на значення константи метода поляризаційного опору (від 0,021 до 0,023 В). Це дозволяє застосовувати константу метода поляризаційного опору, визначену для об'єму електроліту і не впливатиме на похибку методу при вимірюваннях в умовах атмосфери.

Список використаної літератури

1. Осадчук С. А., Ныркова Л. И., Фатеев Ю. Ф. Особенности катодных и анодных реакций на углеродистой стали в зависимости от глубины погружения в нейтральный раствор. ВІСНИК КНУТД. №5 (138), 2019. С. 87-96. DOI:10.30857/1813-6796.2019.5.10.

2. Розенфельд И. Л. Атмосферная коррозия металлов. М. : Изд-во Академии наук, 1960. 372 с.

3. Фонтана М., Стэйл Р. Достижения науки о коррозии и технологии защиты от нее / Пер.с англ. Под. ред. Синявского В. С. М. : Металлургия, 1980. Т.6. 272 с.

ВЛИЯНИЕ СУРЬМЫ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СИЛУМИНА АК7, В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ

Осими Окил, Назаров Х.М.*

e-mail: osimiokil@mail.ru, holmurod18@mail.ru*

*Горно-металлургический институт Таджикистана,
Таджикистан, Бустон*

**Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН
Республики Таджикистан в Согдийской области, Таджикистан, Бустон*

Таджикистан – одна из стран со значительными природными ресурсами, в том числе сурьмой. Использование сурьмы отдельно или в качестве модификатора было объектом исследования ученых в течение многих лет. Согласно мировым научным экспериментам, сурьма содержится примерно в 200 сплавах. Следует отметить, что сурьма может повышать твердость раствора. К настоящему времени, обладая большим исследовательским опытом, ученым удалось добиться высоких свойств стойкости к истиранию сплавов, содержащих свинец, медь, висмут, которые используются при производстве подшипников, гарнитур, труб, для окрашивания жидкостей. Сурьма также эффективна при производстве других металлов, в том числе свинца. Научные эксперименты показали, что свинцовые сплавы могут содержать до 15% Sb.

Сплавы сурьмы с германием, индием, галлием и алюминием являются высококачественными полупроводниками. Теллурид сурьмы входит в состав термоэлектрических сплавов. Если обратить внимание на оксид сурьмы (III), это самая сложная сурьма в промышленности. Он отличается высокой термостойкостью, поэтому входит в состав термостойких красок и эмалей, стекол, керамики, тканей, антипиренов. Краска на его основе используется для окраски кораблей, в том числе их подводных частей. Триоксид сурьмы используется для получения сурьмы высокой чистоты в металлургии и производстве полупроводников.

На мировом уровне каждый ученый предлагает различные теории об использовании сурьмы в качестве модификатора. В результате проведения множества экспериментов, нами получены сплавы АК7, АК12 и АК12М2 с микродобавкой сурьмы. Полученные сплавы обладают множеством преимуществ с точки зрения теплоёмкости, механических свойств и коррозионной стойкости [1-3].

В настоящей работе приводятся результаты исследования коррозионно-электрохимических свойств сплава АК7, модифицированного сурьмой в среде электролита 3%-ного водного раствора хлорида натрия.

Целью исследования явилось изучение влияния сурьмы на анодное поведение силумина АК7, в нейтральной среде (3%-ного водного раствора NaCl).

Объект исследования представляет собой образцы сплавов АК7 с добавлением от 0,01% до 1% сурьмы, в виде стержня длиной 100 мм и диаметром 8 мм.

Рабочим электродом служили торцы прутков, которые предварительно травили в 10%-ном растворе NaOH, обезжиривали этиловым спиртом.

Методы исследования. В процессе исследования были использованы потенциостат ПИ-50.1.1. Поляризационные кривые снимали со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/с в потенциодинамическом режиме. Полная методика исследования сплавов приведена в работе [4].

Результаты и их обсуждения.

Из полученных кривых определили: свободную коррозию ($E_{\text{св.корр.}}$), потенциалы питингообразования ($E_{\text{п.о.}}$) и репассивации ($E_{\text{реп.}}$), потенциалы начала пассивации ($E_{\text{н.п.}}$) и полной пассивации ($E_{\text{п.п.}}$), а также плотности токов начала пассивации ($i_{\text{н.п.}}$) и полной пассивации ($i_{\text{п.п.}}$).

Временная зависимость потенциала свободной коррозии сплава АК7 от содержания сурьмы в нейтральной среде 3%-ного водного раствора хлорида натрия изучалось при температуре 298K (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость потенциала ($-E$, В) свободной коррозии сплава АК7 от содержания сурьмы, в среде 3%-ного электролита NaCl

Время выдержки, мин.	Содержание сурьмы, мас.%					
	-	0,01	0,05	0,10	0,50	1,00
0,25	0,796	0,728	0,826	0,790	0,776	0,782
0,5	0,790	0,724	0,821	0,786	0,772	0,781
0,75	0,787	0,722	0,818	0,785	0,768	0,780
1	0,782	0,720	0,812	0,784	0,766	0,770
5	0,763	0,718	0,776	0,760	0,740	0,755
10	0,741	0,716	0,750	0,736	0,720	0,745
20	0,727	0,714	0,725	0,710	0,697	0,730
30	0,716	0,712	0,714	0,700	0,687	0,720
40	0,714	0,710	0,708	0,693	0,682	0,717
50	0,714	0,710	0,706	0,693	0,681	0,716
60	0,714	0,710	0,706	0,693	0,681	0,716

Анодной поляризации сплавов, содержащих сурьмы в потенциодинамическом режиме характеризуются узкой областью и низким током пассивации по сравнению с нелегированным сплавом.

Наблюдается быстрое смещение потенциала коррозии в положительную сторону отмечается в первые 30 мин. Далее стабилизируются и остается без резкого изменения. Полная стабилизация потенциала коррозии наблюдается после 40-50 минут от начала

погружения в раствор электролита, что свидетельствует о пассивации сплава и формировании защитной оксидной плёнки на его поверхности.

Свободная коррозия сплавов содержащих сурьмы имеет более положительные значения потенциалов, чем у нелегированного сплава АК7. При этом малолегированные сплавы характеризуются более отрицательными, чем высоколегированные сплавы (табл. 2).

Таблица 2

Электрохимические характеристики силумина АК7, модифицированного сурьмой в нейтральной среде 3%-ного водного раствора хлорида натрия

Содержание Sb в сплаве, мас. %	-Е _{св.корр.}	-Е _{н.п.}	-Е _{п.п.}	-Е _{п.о.}	-Е _{реп.}	i _{н.п.}	i _{п.п.}
	В					мА/см ²	
0,00	0,714	1,25	1,00	0,670	0,740	0,25	0,12
0,01	0,710	1,25	1,03	0,660	0,720	0,22	0,10
0,05	0,706	1,25	1,10	0,650	0,712	0,20	0,09
0,10	0,693	1,25	1,13	0,630	0,704	0,16	0,07
0,50	0,681	1,24	1,15	0,620	0,701	0,14	0,01
1,00	0,716	1,26	1,20	0,680	0,734	0,21	0,11

С ростом концентрации сурьмы до 0,5% Sb, наблюдается смещение потенциала питтингообразования (Е_{п.о.}) и репассивации (Е_{реп.}) сплавов к более положительной стороне, а далее в отрицательной стороне.

В целом, проведённые электрохимические исследования позволяют получить коррозионностойкие сплавы с оптимальной концентрацией сурьмы 0,01–1,0 мас.%. Скорость коррозии данных сплавов в 2,0–2,5 раза ниже, чем исходного сплава и они могут быть использованы в качестве коррозионно стойких сплавов для отлития деталей в народном хозяйстве.

Список использованной литературы

- Осими Окил. Физико-химические свойства силуминов, модифицированных сурьмой: диссертация канд.техн.наук: 05.02.01. / Осими Окил – Душанбе, 2017, 112 с.
- Осими Окил, Ганиев И.Н., Назаров Х.М., Бердиев А.Э. Анодное поведение сплава АК12, легированного сурьмой в среде электролита NaCl. // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2014. Т.57. №7. С.84-87
- Осими Окил, Назаров Х.М., Ганиев И.Н. Влияние сурьмы на анодное поведение сплава АК12М2, в среде 0,3%-ного раствора NaCl. // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2017. №1. С.10-13
- Умарова Т.М., Ганиев И.Н. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах. – Душанбе: Дониш, 2007. – 258 с.

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

**TECHNOLOGY OF INORGANIC SUBSTANCES,
HYBRID AND NANOMATERIALS,
WATER TECHNOLOGY AND INDUSTRIAL
ECOLOGY**

ISSUES AND DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE MINING INDUSTRY IN PROSPECT

A.A.Nazarmatov, A.N.Muhamadiev

e-mail.ru: nazarmatov2014@mail.ru, akbar-1988@mail.ru

*Mining-metallurgical Institute of Tajikistan,
Tajikistan, 735730, Buston city*

The accelerated industrialization of the economy in the Republic of Tajikistan the role of the mineral resource complex has even more increased. In recent years, there has been a growth trend at mining enterprises in such important aspects as ensuring the employment of the population, as well as their well-being. It should be noted the growth of production efficiency at the ranks of enterprises. The Republic of Tajikistan has developed the necessary legal and regulatory framework that promotes the efficient and rational use of the country's natural resource potential. The development of the mining industry has always been the basis for the economic stability and development of the country.

The main task of the development of the mining industry is that it contributes to the development of fundamental sectors of the country's economy. It is the mining industry that is considered the locomotive of the development of other industries with the use of metal: smelting - metal production - parts, as well as electronics and much more, it all depends on the level of development and competitiveness of the mining industry. At the same time, it is necessary to focus on the efficient use of mineral resources. Most of the mining enterprises are city-forming enterprises, and their development is directly reflected in the development of local infrastructure. In this regard, for the development of the mining industry, which has a high level of competitiveness, in our opinion, it is necessary to speed up geological exploration, development and industrial development of new mineral deposits.

In spite of this, there are difficulties that mining enterprises are experiencing today. These problems include:

- the enterprises do not have an effective system for the reproduction of the mineral resource base;
- the enterprises do not develop strategic forecasts of the real demand for minerals and raw materials;
- a high degree of wear and tear of fixed assets, which leads to a decrease in the technological level and safety of work;
- problems of environmental protection;
- problems and limitations of the international level arising from the spread of the coronavirus infection COVID-19;
- other issues that negatively affect the functioning and development of the mining industry.

For the sustainable development of the mining industry and increasing the efficiency of mining enterprises, a number of measures should be taken, in particular:

- development of a development strategy at each enterprise, taking into account the fourth national strategy of the Republic of Tajikistan - accelerated industrialization of the country;
- development of an effective system for the reproduction of the mineral resource base;
- establishing the principles of rational and full use of resources, as well as ranking mineral deposits according to criteria such as the level of complexity, stage of development and the degree of depletion of resources;
- creation and development of small and medium mining business;
- improvement to the world level of the system of selection and implementation of projects related to the mining industry;
- formation of a high level of technological readiness of the mining complex, ensuring its effective functioning and development. This direction is implemented on the basis of increasing the competitiveness of the industry, which is effectively carried out as a result of restructuring, the use of new technologies, advanced technology, etc.;
- carrying out a set of measures to increase the investment attractiveness of the mining industry.

Another particularly important factor in the development of the industry is highly qualified personnel, whose activities are based on uniting around a common cause, goal and idea. The development of the industry and ensuring competitiveness is largely determined by the professional qualities of the personnel. Consequently, the costs associated with the training and retraining of personnel are of an investment nature and can give positive results for the industry. Continuous improvement of the employee contributes to the formation of a specialist with high professional qualities.

Each enterprise in the extractive industry must develop and implement in its activities a universal package of actions aimed at reaching a higher level of efficiency of functioning and development:

- deep modernization in order to increase the level of metal recovery in ore;
- increasing the efficiency of the use of labor resources as a result of optimization of production processes and the technological chain;
- reducing the level of costs as a result of improving management processes, material and technical support and sales, as well as technical re-equipment of production;
- attracting leading enterprises of the industry for partnership;
- development of measures to ensure advanced technological development, etc.

Thus, the development of a set of measures and their application contributes to attracting investments aimed at the introduction of resource-saving technologies based on the principles of lean production, makes it possible to apply methods of rational use of natural resources. In addition, as a result of the above measures, it is possible to strengthen the mineral resource base and ensure sustainable socio-economic development of the country.

List of used literature:

1. Bliznyukova O.U. "Influence of the mining operation and open pit productivity on the economic efficiency of the field development". - 2014. – Krivoy Rog- pp. 118-125.
2. U.G. Vilkul "Determination of parameters of mining enterprises on the basis of optimization of ecological and economic indicators." Dis ... Doctor of Technical Sciences: 05.15.03; 05.26.01 / Vilkul Yuri Grigorievich - Krivoy Rog, 1994 .-- 420 p.
3. Kagramanyan S.L. "Modeling and management of mining enterprises" S. L. Kagramanyan, A. S. Davidkovich, V. A. Malyshev [and others]. - Moscow: Nedra. - 1989 .-- 360 p.
4. MuhabbatovKh.M. "Natural resource potential of mountain regions of Tajikistan" Moscow: Granitsa, 1999.335 p.
5. Popov A.E., Nazarova Z.M. "Increasing the competitiveness of mining enterprises in an unstable environment" // Young - Earth Sciences. IX International Scientific Conference of Young Scientists. Moscow, MGRI – RGGRU. 2020.S. 148-153.
6. Frolov O.M. "Small mining enterprises in the mining industry. - Abstract of the thesis". ... Candidate of Economic Sciences. - St. Petersburg: SPGU, 2004. –19p.
7. KhonaliyevN.Kh. Industry of Tajikistan: current state and development prospects. Dushanbe: Irfon, 2007.292 p.

STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF THE GALVANIC PRODUCTION WASTEWATER

M.M. Yunusov, S.K. Hojiev, D.Z. Bokizoda

E-mail: yunusov2001@mail.ru

Mining-metallurgical institute of Tajikistan

The article presents study results of the dependence of treatment efficacy degree for fastener production waste solutions (treated of metals, specifically iron, zinc and copper) on treatment process parameters in coagulation treatment method. The influence of the dosage of coagulant and flocculant, mixing duration and turbidifier amount on the degree of solution purification were studied. Modern devices were used to control the physical and chemical parameters of the solution before and after treatment.

Keywords: waste solution, coagulation, degree of purification, coagulant, flocculant, metals.

In most literary sources it is written that galvanic production is the most advanced industry and has almost no negative impact on the environment [1]. However, as a result of the activity of this very type of production, wastewater is formed, the negative impact of which on the environment, on the contrary, is very significant, especially when these waters are mixed with underground and surface waters. Depending on the specific technology, the composition of wastewater of electroplating production is mainly acidic, with significant content of heavy metals and other pollutants [2].

Electroplating technologies, coating technologies in particular, are used to protect fasteners against corrosion. It should be noted that these techniques require large amounts of chemicals and clean water. In addition, after applying coating to fasteners they require washing, which generates additional wastewater. As a consequence, we can say that electroplating production is one of the main consumers of water for production needs [3]. This type of enterprises includes Tochfiliz LLC, which produces more than 200 types of fasteners, specifically, screws and nails.

The results of the study of the composition of wastewater of the enterprise are shown in Table 1.

Table 1

Physical and chemical parameters of the wastewater

No	Studied parameter	Value
1	Fe _{gen} , mg/l	2572,4
2	Zn ²⁺ , mg/l	25360
3	Cu ²⁺ , mg/l	13,57
4	Cl ⁻ , mg/l	32465,4
5	Turbidity, NTU	1274
6	Conductivity, mS/cm	235,22
7	Salinity, g/l	219,59
8	TDS, g/l	152,89
9	pH	5,61

As is evident from the tabulated data, all of the studied parameters have shown elevated values. In view of these data, we can conclude that without pre-treatment the wastewater in question cannot be discharged into the sewer system and especially into water bodies.

The Flocculator 2000 type flocculator [4] was used for the coagulation process. This device's set includes glass beakers, which were used during the experiments. Each of them was filled with 1 liter of the studied effluent solution, and first it was subjected to 60-second rapid stirring at a speed of 400 rpm. This was followed by slow stirring at 75 rpm, over a period of 35 to 59 min. Stirring sequences were started after adding the calculated doses of aluminum sulfate and polyacrylamide. At the start of the rapid stirring program, 4 g/l turbidifier was added in small batches. A 10% calcium oxide solution was added to maintain the pH of the medium in the range of 6-6.5. After finishing stirring program, solutions were allowed to sediment for 50 min and then were filtered on a 0.45 μm filter (a Millipore filter unit was used for this purpose). The experiments were performed at a temperature of 20-25°C.

After purification process of the solution was finished, all obtained samples were examined with a YSI 556 MPS multimeter to study changes in physical and chemical parameters. Before carrying out the measurements, device was calibrated with certified standard solutions, then measurements were carried out on counting samples. First, changes of physical and chemical parameters depending on the dose of aluminum sulfate as a coagulant were studied with a mixing time of 54 minutes, a flocculant dose of 5 g/l and the amount of turbidifier 4 g/l. The results obtained for these criteria are shown in figure 1.

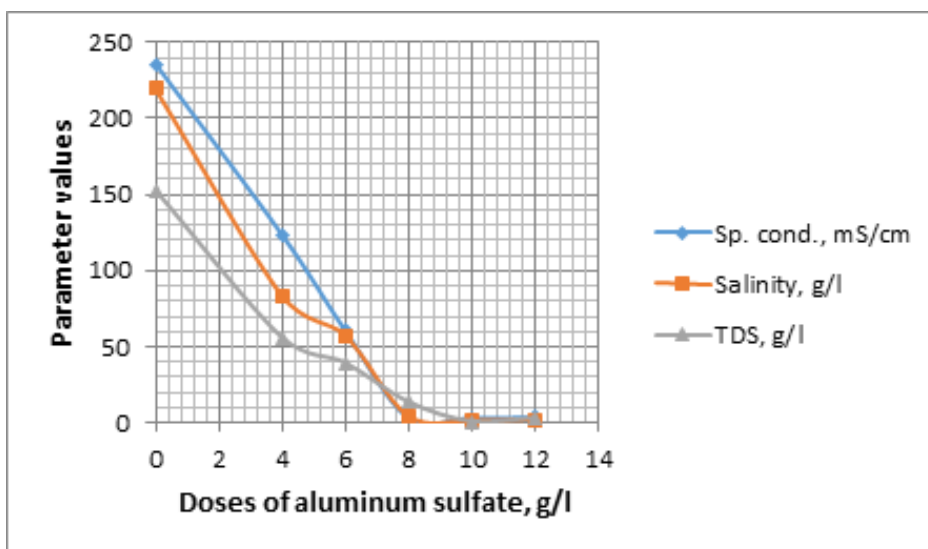


Figure1. Dependencies of physical and chemical parameters variation on coagulant dosage

As can be seen from Fig. 1, at a coagulant dose of 4 g/L the values of the three investigated parameters decreased by values from 47% to 63%. When the coagulant dose is 6 g/L, this decrease in the investigated parameters continues and reaches almost 74%. A further increase in the coagulant dose to 8 g/L leads to a decrease in their values from 91% to 98%. With an increase in the coagulant dose up to 10 g/l the degree of their reduction ranges from 98.4 to 99.5%. In this case, the values of specific conductivity, salinity and TDS were 3.61 mS/cm, 1.23 g/L and 0.87 g/L, respectively. Further increase in the coagulant dose did not improve the composition of the studied solutions.

The dependence of parameter changes on mixing time was also investigated at a coagulant dose of 10 g/l, a flocculant dose of 5 g/l and the amount of turbidifier 4 g/l. The results are shown in figure 2.

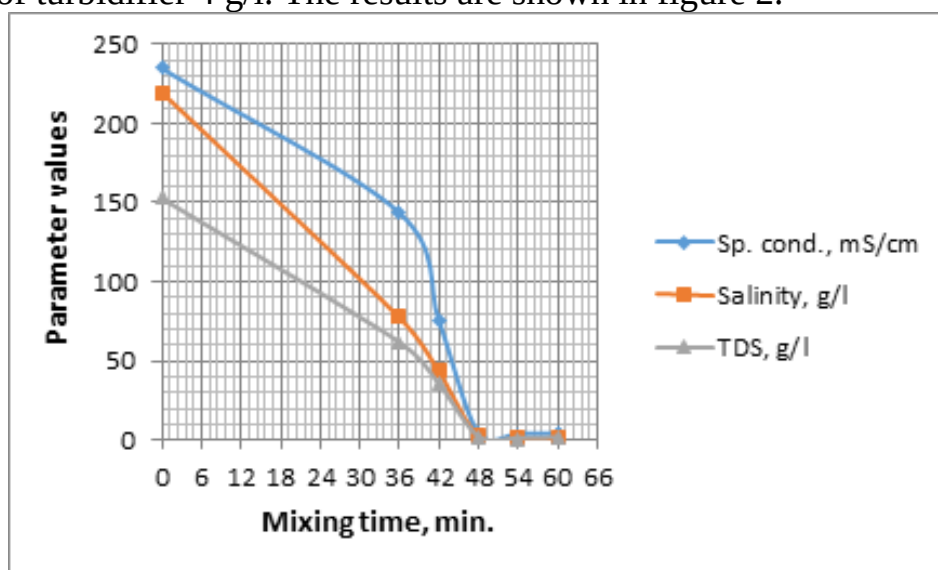


Figure 2. Dependencies of physical and chemical parameters variation on mixing time

Figure 2 shows that with increasing mixing time from 36 to 42 minutes the values of the studied parameters decrease sharply. In the interval from 48 to 54 minutes, these changes slow down and stop at the values of electrical conductivity to 3.61 mS/cm, salinity to 1.23 g/l and TDS to 0.81 g/l. A further increase in the stirring time up to 60 minutes did not lead to significant changes in the studied parameters.

Thus, with the increase of coagulant dose from 4 to 12 g/l, stirring time from 36 to 60 minutes the values of specific conductivity of waste water, its salinity and TDS change significantly. Under optimal conditions (a dose of aluminum sulfate 10 g/l, polyacrylamide 5 g/l, stirring time of 54 minutes and turbidifier amount 4 g/l) their values decrease by 98.4%, 99.43% and 99.47% respectively.

Based on the above optimal conditions for wastewater treatment, the results were obtained (before and after treatment) and presented in Table 2.

Table 2

Physical and chemical parameters of the wastewater before and after treatment

No	Studied parameter	Before treatment	After treatment
1	Fe _{gen} , mg/l	2572,4	0,13
2	Zn ²⁺ , mg/l	25360	2,536
3	Cu ²⁺ , mg/l	13,57	0,0095
4	Cl ⁻ , mg/l	32465,4	321,87
5	Turbidity, NTU	1274	1,74
6	Conductivity, mS/cm	235,22	3,61
7	Salinity, g/l	219,59	1,23
8	TDS, g/l	152,89	0,87
9	pH	5,61	6,42

The physical and chemical parameters of the wastewater before and after treatment were measured using an AAnalyst 800 atomic absorption spectrometer [5], a turbidimeter (HI 98703) [6], a YSI 556 MPS multimeter [7] and the titrimetry method.

Thus, the results obtained show that the purified water can be used reused for the preparation of electrolyte solutions, which can then be used in the process of zinc plating of construction fasteners.

List of used literature:

1. Development of wastewater treatment technology for galvanic production of metalworking enterprises / T.I. Khalturina, A.V. Bogatyreva, Krasnoyarsk. 2016. -160p.
2. Development of technological schemes of water treatment taking into account anthropogenic pollution of water sources in the Republic of Kazakhstan / E.K. Botakhanov, E.T. Togabaev. Materials of Central Asian International Scientific-Practical Conference "ICWC towards 4th World Water Forum: local actions for prevention of water crisis. Almaty, - 2005. – P. 171-173.
3. The possibility of improving wastewater treatment galvanic production / T.I. Prozhorina, O.S. Burlakova. Bulletin of the All-Russian State University, Series: Geography. Geoecology, 2006. №1. - P.67-70.
4. Operating manual for Flocculator 2000. Kemira, Helsingborg, Sweden
5. Atomic absorption spectrometer AAnalyst 800. Instruction manual, 2008. -69p.
6. Operation manual for the HI 98703 type turbidimeter. Hanna Instruments.
7. Operation manual for YSI 556 MPS (Multi-Probe System), 2016. - 136p.

PROBLEMS OF ELECTRIC VEHICLE BATTERY RECYCLING

Razykov Z.A., Hojiboev D.D.

e-mail: zafarrazykov@mail.ru, daler_8788@mail.ru

Mining-metallurgical institute of Tajikistan, Tajikistan, Buston

Air pollution is one of the most serious environmental threats to human health. Countries can reduce air quality-related diseases through measures to reduce air pollution [1].

According to the World Health Organization, in 2019, 99% of the world's population lived in areas where air pollution levels exceeded the values established in the WHO air quality guidelines.

Among the sources of air pollution, at present, vehicles are the main air pollutant in large cities. Previously, the main contribution to air pollution was made by industrial enterprises, but today up to 80% is accounted for by cars.

One of the solutions to reduce the negative impact of road transport is the transition to the use of cars with an electric vehicle.

Auto giants General Motors and Audi (based in Germany) announced this year that they intend to stop selling gasoline and diesel models by 2035 [2].

The near-term outlook for electric vehicle sales is encouraging. In the first quarter of 2021, global electric vehicle sales grew by about 140% over the same period in 2020, driven by sales of about 500,000 vehicles in China and about 450,000 in Europe. US sales more than doubled from the first quarter of 2020 [3].

According to some forecasts, by 2035 more than half of the cars sold will be electric vehicles [2].

In some previous studies, it is noted that electric cars are even more harmful in terms of climate than, for example, with a diesel engine. According to the authors, greenhouse gas emissions should also be taken into account not only during vehicle operation, but also during its production, refueling and disposal. According to the authors, greenhouse gas emissions should also be taken into account not only during electric vehicle operation, but also during its production, refueling and recycling. For example, mining and processing lithium, cobalt and manganese, which are required for batteries, is very energy intensive. Therefore, the authors of the study calculated that the production of one battery, which has a service life of 10 years, leads to the emission of 11-15 tons of CO₂. This means that with a mileage of 15,000 km a year, Tesla, they point out, leaves behind 73-98 grams of carbon dioxide per kilometer. And if we consider that a significant share of the electricity that this car is fueled with is generated at coal-fired power plants, then, according to estimates, the greenhouse footprint of this electric car is even greater - 156-181 grams per kilometer of distance traveled. The corresponding number for Mercedes is 112 grams of CO₂ per kilometer [4].

Given the growing number of electric vehicles, in the future, it is necessary to predict the approximate amount of used batteries, which will pose a serious problem for waste recycling at the end of their life. However, used batteries from electric vehicles can be a valuable recyclable source of materials. Given that storage of used batteries is potentially unsafe and undesirable for the environment, if direct reuse of the modules is not possible, it must be recycled. Recycling used lithium-ion batteries can provide important economic benefits by avoiding the need for new minerals to be mined and resilient to vulnerable supply chain risks.

According to researchers, [2], today it is more profitable to extract new raw materials, lithium, than to reuse after processing used batteries. In this regard, research is also underway to improve the processing method in order to reduce costs.

According to [5] the US Geological Survey, the current reserves of lithium metal are estimated at 21 million tons. According to experts, this is enough to bring the transition to electric vehicles to the middle of the century. For example, the American manufacturer of electric vehicles Tesla, by the end of 2020, became the world leader in terms of sales, having sold about 365 thousand of its own cars. The peculiarity of this manufacturer is that over 60 kg of lithium with a purity of 99.5% is spent on the creation of a battery for an electric car.

In connection with the above, it is proposed to carry out additional research work to study the recycling of used batteries for electric vehicles and their impact on the environment. It is also necessary to pay special attention to the issue of environmental protection in the development of deposits for the extraction of the necessary elements for the creation of batteries for electric vehicles, mainly lithium and cobalt, which require a large amount of energy and water.

List of used reference

1. Air pollution /WHO. – 2021. [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (30.10.2021)
2. Electric cars and batteries: how will the world produce enough? / Nature. – 2021. <https://www.nature.com/articles/d41586-021-02222-1> (30.10.2021)
3. Global EV Outlook 2021/ International Energy Agency. – 101 с.
4. Electric vehicles and climate protection: environmental myths and realities. – 2020. <https://www.dw.com/ru/> (30.10.2021)
5. BloombergNEF. Electric Vehicle Outlook 2021 (BNEF, 2021); <https://about.bnef.com/electricvehicle-outlook>

NANOMATERIALS IN NANOCLEANING TECHNOLOGIES

Dziadyk M. A., Bukliv S.V., Zozulia G.I., Bukliv R.L.

e-mail: markiiian.dziadyk.xt.2019@lpnu.ua

Lviv Polytechnic National University

Ukraine, Lviv

An important issue today for most countries, especially densely populated as well as developing countries, is sewage treatment and drinking water preparation. It can be solved by minimizing the negative impact on nature and improving water treatment technologies. Leading physical, chemical and physico-chemical methods do not always provide a satisfactory level of natural water treatment. Review articles of the last decade contain a lot of information about significant advances in the use of nanomaterials in water treatment processes, in particular during filtration, adsorption and separation, photocatalysis.

Intensive development of nanofiltration technology has led to its use in the removal of heavy metals, natural organic substances and inorganic contaminants from wastewater [1-4]. The current classification of nanofilters is based on the functional characteristics of the membrane process, including the size or molecular weight of the component to be separated, and selectivity. Nanofiltration is based on the study and application of mainly the following types of filters: membrane based on organic polymers [1, 2]; ceramic [3]; hybrid [4]. The first type is the most common due to the possibility of synthesis of different pore structures and their large specific surface volume, ease of industrial manufacture, cheapness. However, high pressures during filtration (20 atm and more) cause rapid wear and tear. In addition, the requirements for the selectivity of filtration treatment and productivity are growing. Ceramic filters are characterized by higher selectivity and service life, but are expensive and unstable to mechanical deformation. Therefore, in recent years, much attention has been paid to the modification of polymer and the production of hybrid nanomembranes.

Nanoparticles due to their large area, high surface energy and affinity for heavy metal ions are intensively studied as promising adsorbents for water treatment [5-7]. Among them, the most effective ones are nanomaterials based on oxides (Fe_2O_3 , MnO_2 , TiO_2 , etc.), binary oxide systems ($\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$) [5], polymer oxide composites [6], and polyhydroxamates [7]. The adsorption of heavy metal ions is based on the formation of surface complexes with oxides by the donor-acceptor mechanism, where the binding force depends on acidity of the medium and temperature.

New oxide nanomaterials for the extraction of heavy metals from water are nanotubes based on oxides, in particular binary – $\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ [5]. Their positive characteristic is the large area of the active surface ($248 \text{ m}^2/\text{g}$), high

strength and the ability to form fibrous materials. In addition, such nanotubes are easily modified by functional groups, increasing selectivity and adsorption capacity.

A fundamentally new nanoadsorbent is the so-called Janus colloidal particles (JCPs) - asymmetric particles with two opposite surface properties, where one sphere is polar and the other non-polar [8]. It is the polar part that selectively adsorbs organic substances and heavy metal ions due to functional groups, such as $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$. Janus colloidal particles often consist of SiO_2 oxide, which allows easy chemical modification of the surface.

Among the nanotechnologies of water purification, water treatment using heterogeneous photocatalysis of titanium (IV) oxide [9], zinc oxide [10] and other oxides of metals with semiconductor properties is also effective. Photocatalytic degradation on the surface of ZnO , TiO_2 and other semiconductor oxides nanoparticles is based on initiating the formation of anode and cathode regions by light quanta. Photocatalytic degradation on the surface of ZnO , TiO_2 nanoparticles and other semiconductor oxides is based on initiating the formation of anode and cathode regions by light quanta. The latter cause the course of electrochemical and chemical processes with the formation of radicals and peroxide compounds. The result is almost complete oxidation of organic compounds to CO_2 and H_2O . To enhance the action of semiconductor particles, work is underway to modify semiconductor oxides with oxides of other metals, applying them to substrates [10, 11] with the formation of photocatalytic materials suitable for long-term operation in real conditions. The study of the dimensional effect is also one of the priority areas of research.

References

1. Bora T., Dutta J. Applications of Nanotechnology in Wastewater Treatment. A Review // *J. Nanosci. Nanotechn.* – 2014. – V. 14. – P. 613-626.
2. Potential of Advanced Nano-structured Membranes for Landfill Leachate Treatment: A Review / Z. Dabaghian, M. Peyravi, M. Jahanshahi, A. S. Rad // *ChemBioEng Rev.* – 2018. – V.5. – P. 1-20.
3. Clay Mixtures and the Mechanical Properties of Microporous and Nanoporous Ceramic Water Filters / E. Annan, K. Kan-Dapaah, S.T. Azeko, K. Mustapha, etc. // *J. Mater. Civ. Eng.* – 2016. – V. 28. – P. 04016105.
4. Ungur G., Hruza J. Modified polyurethane nanofibers as antibacterial filters for air and water purification // *RSC Adv.* – 2017. – V. 7. – P. 49177-49188.
5. Ince M., Ince O.K. An Overview of Adsorption Technique for Heavy Metal Removal from Water/Wastewater: A Critical Review // *Int. J. Pure Appl. Sci.* 2017. –V.3. –P.10-19.
6. Development of Nanocomposite Adsorbents for Heavy Metal Removal from Wastewater / B. Wang, T. Wu, S. Angaiah et al. // *ES Mater. Manuf.* 2018. V.2. P. 35–44.

7. Synthesis and Characterizations of Titanium Tungstophosphate Nanoparticles for Heavy Metal Ions Removal / M.A. Ghanem, N.H. Khdary, A.M. Almayouf, M.A. Salah // Solid State Phenomena –2017. –V.257. –P.187-192.

8. Amphi-functional mesoporous silica nanoparticles for dye separation/ P. Shinde, S.S. Gupta, B. Singh, etc. // J.Mater.Chem. A. – 2017. – No 28.

9. Nyongesa F., Aduda B. Electrophoretic Deposition of Titanium Dioxide Thin Films for Photocatalytic Water Purification Systems // Adv. Mater. – 2017. – V. 6. – P. 31-37.

10. Porous ceramics based on hybrid inorganic tetrapodal networks for efficient photocatalysis and water purification / J. Gröttrup, F. Schütt, D. Smazna, etc. // Ceram. Intern. – 2017. – V. 43. – P. 14915-14922.

11. Habba Y.G., Capochichi-Gnambodoe M., Leprince-Wang Y. Enhanced Photocatalytic Activity of Iron-Doped ZnO Nanowires for Water Purification // Appl. Sci. – 2017. – V. 7. – P. 1185 (1-10).

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОЛІВ SiO₂, ОДЕРЖАНИХ НА ОСНОВІ РІДКОГО СКЛА

Бажанова К.В., Скородумова О.Б., Тарахно О.В., Чеботарьова О.М.
e-mail: skorodumova.o.b@gmail.com

« Національний університет цивільного захисту України »
Україна, Харків

Золі SiO₂ широко використовуються у всіх галузях промисловості. Залежно від типу кремнійорганічного прекурсору їх використовують у фармації, для одержання сорбентів та різних порошків заданого складу та морфології, а також для отримання захисних покриттів на основі розчинів у системі рідке скло – модифікувальні добавки по різних поверхнях та підкладах.

В НУЦЗУ останні кілька років ведуться дослідження з розробки вогнестійких покриттів на основі золів SiO₂, отриманих шляхом гідролізу алкілсилоксанів: метилтриетоксисилану, тетраетоксисилану та технічних етилсилікатів.

Було встановлено, що розроблені склади запобігають загорянню тканини при дії відкритого вогню: тканини не підтримують горіння та розповсюдження полум'я, а просто обвуглюються. При видаленні джерела вогню залишкове тління відсутнє.

Однак основним недоліком таких розроблених композицій є дефіцитність сировини та висока її вартість. Тому основним завданням було підібрати найбільш дешеву сировину, яка забезпечувала б отримання золів SiO₂ з керованою поліконденсацією, зростанням і формою колоїдних частинок.

З цього погляду цікаві золі кремнекислоти, отримані при дії мінеральних кислот на силікат натрію (рідке скло). Однак у публікаціях, наведених у технічній літературі, розглядалися шляхи одержання гелевих порошків потрібної структури, заданої пористості чи морфології пор, але не стійкого золю.

Відомо, що стійкість золів SiO₂ залежить від рН: золі найбільш стійкі при рН менше 2 або більше 10 і практично схильні до миттєвої коагуляції при рН 6-7.

Відомо також, що стійкість золів знижується зі зростанням концентрації SiO₂.

У даних дослідженнях була спроба отримати стійкий золь якомога більш високої концентрації в інтервалі рН 5-6, щоб він надійно захищав целюлозні волокна ниток текстильних матеріалів і запобігав загорянню тканин при дії відкритого вогню.

У попередніх роботах було знайдено метод отримання стійкого золю 4%-ної концентрації. Було вивчено вплив різних мінеральних кислот отримання кремнезолю і встановлено, що найефективніше

використовувати оцтову кислоту, тому що в процесі одержання цього золю дія оцтової кислоти сприяла утворенню ацетатного буферного розчину, який підтримував рН золю в інтервалі 5-6. Завдяки дії цього буферного розчину золь зберігав плинність досить тривалий час.

Однак попередні дослідження дозволили нам отримати лише 4%-й (у перерахунку на SiO_2) золь з високою плинністю протягом 4 годин. Покриття текстильних матеріалів наносили ванним методом з подальшим закріпленням покриття термообробкою. Просочені тканини зовні не відрізнялися від не просочених, покриття не видно під мікроскопом і не відчувається на дотик. Проте вогнезахисні властивості тканин помітно підвищувалися. З огляду на те, що покриття на основі золю низької концентрації має дуже малу товщину, на нього наносили розпиленням розчин антипірену – діамоній гідрофосфату.

Отримані перші позитивні результати дозволили розробити технологію отримання стійких золів SiO_2 в інтервалі концентрацій 6 - 14%. Такий інтервал концентрацій був обраний на основі попередніх досліджень з розробки еластичних вогнестійких покриттів на основі етилсилікату.

Досліджували вплив умов отримання та концентрації золів SiO_2 на їх фізико-хімічні властивості. Контроль змін, що відбуваються в золі в індукційному періоді (старіння золю), здійснювали за допомогою спектрофотометра КФК-2. Для досліджень використовували золі концентрацією 6, 8, 10, 12 і 14 мас.% SiO_2 .

Було встановлено, що з підвищенням концентрації золю SiO_2 оптична густина золів підвищується. Аналіз кривих показав, що початок утворення просторових структур у золі (великих асоціатів) при підвищенні концентрації золю спостерігається тим раніше, чим вища концентрація золю. При повторенні вимірювань оптичної густини на знову приготовлених золях побудовані криві практично накладалися одна на одну. Це дозволило зробити висновок про відсутність лавиноподібної коагуляції в першу годину після приготування золів. Цікаво, що криві оптичної густини 10 і 12%-го золів подібні за формою і дуже близькі у значеннях і займають середнє положення між кривими оптичної густини золів 6 і 14%-ї концентрації. Найменш стійким є золь 8%-ї концентрації SiO_2 : різке наростання оптичної густини спостерігалось вже через 17 хвилин після приготування.

Паралельно з вимірюванням оптичної густини у експериментальних золів визначали плинність кожні 2 хв до моменту повної її втрати. Встановлено, що коагуляція 8%-го золю настає через 22 хвилини, у той час як золі 10-12%-ї концентрації мають живучість 50 хвилин. Зниження концентрації до 6% різко підвищує живучість золю, а збільшення до 14% призводить до її зниження. Таким чином, можна вважати, що в інтервалі концентрацій золю SiO_2 , що розглядається, є два інтервали стійкого стану: 4-6% і 10-12%.

ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ ЯК ФЛОКУЛЯНТІВ

Д.В.Сасин, О.Г.Будішевська

e-mail:olha.h.budishevaska@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, Львів

Очищення стічних вод промислових виробництв, зокрема, виробництв харчової промисловості і підприємств з перероблення сільськогосподарської продукції є важливим актуальним питанням, яке стоїть перед екологами, науковцями-хіміками і технологами сьогодення. Широко відоме використання полімерних синтетичних аніонактивних флокулянтів, таких, як похідні гідролізованого поліакриламід (ПАМ), кополімери акриламід (АМ) і акрилової кислоти або катіонактивних флокулянтів, таких як катіонований ПАМ, кополімери АМ з метакрилоксиетилтриметиламонійхлоридом тощо.

Однак синтетичні полімерні флокулянти, як карболанцюгові полімери, важко розкладаються у природі та є недешевими. Крім цього, вінілові мономері, зокрема, акриламід, який може утворюватись у відходах виробництва в результаті деполімеризації мають нейротоксичні і канцерогенні властивості.

Важливою і вкрай бажаною властивістю флокулянтів є відсутність токсичності і біодеградабельності. Це дозволило би деякі дисперсні тверді осади після очищення стічних вод використовувати у сільському господарстві як добрива, для годування худоби і не спричиняти вторинне забруднення природного середовища. Таким чином, одержання екологічно безпечних флокулянтів на основі природних біополімерів залишається перспективним і актуальним питанням.

Полімерні флокулянти природного походження, такі як модифіковані полісахариди на відміну від синтетичних є біодеградабельні, економічно вигідні, джерела їх одержання невичерпні, вони і продукти їх розкладу є нетоксичними.

Катіонний крохмаль (Кат-Кр) і хітозан (Хіт) було використано як флокулянти для виділення залишкових речовин з сироватки після одержання кисломолочного сиру [1] та бичачого сироваткового альбуміну (БСА) з ізоелектричною точкою біля рІ 4,8 з водного середовища.

Кат-Кр одержано взаємодією кукурудзяного крохмалю з 2-гідрокси-3-хлоропропіл-триетиламоній хлоридом за методикою [2]. Фрагмент Кат-Кр з амонійною групою схематично наведено на рисунку.

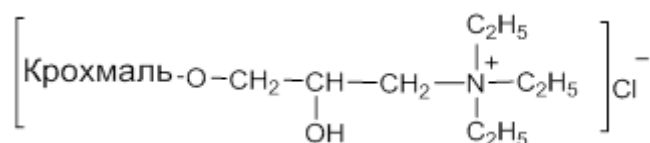


Рисунок 1. Катіонний крохмаль з амонійними групами

Вміст нітрогену у Кат-Кр [N]=1,46 %, ступінь заміщення атомів гідрогену на амонійну групу у ланці крохмалю $C3=0,21$.

Ступінь деацетилювання хітозану $CD=0,82$.

Флокуляцію і утворення осаду у 0,6% водному розчині БСА з різним значенням рН в залежності від концентрації флокулянтів Хіт і Кат-Кр досліджували турбідиметрично з використанням світлофотометра UNICO-1201 при λ 560 нм і $18^{\circ}\text{C}\pm 1$. Для цього 0,5 мл розчину флокулянта розрахованої концентрації додавали у кювету з 0,6% розчином БСА з необхідним рН, швидко перемішували і негайно проводили вимірювання абсорбції в залежності від часу.

В результаті проведених досліджень встановлено, що осадження БСА з водних розчинів з більшою швидкістю відбувається при використанні Хіт як флокулянта при рН 6,5, що є більшим від значення ізоелектричної точки БСА рІ 4,8. Оптимальна концентрація флокулянта Хіт у 0,6% розчині БСА – 63 мг/л. Повнота осадження БСА у цих умовах (протягом 6 діб) складає 61%. При більшому і меншому значенні концентрації Хіт зменшується ефективність флокуляції і повнота осадження БСА. У кислому середовищі з рН 3÷4 флокуляція під дією Хіт практично не спостерігається.

Показано також, що при рН 3,5 (нижче рІ БСА) використання як флокулянта Кат-Кр не викликає помітного осадження БСА.

Разом з тим, в інтервалі рН 8,0 – рН 10,5 спостерігали утворення осаду відразу після змішування розчинів флокулянта Кат-Кр і БСА з великою швидкістю. Концентрації Кат-Кр, при яких спостерігали ефективну флокуляцію БСА складали 400 – 650 мг/л. Ці значення більші від значень оптимальної концентрації флокулянта Хіт, що можна пояснити більшим вмістом катіонних фрагментів у макроланцюгу Хіт із $CD=0,82$ у порівнянні з Кат-Кр із $C3=0,21$.

При використанні як флокулянта не катіонізованого крохмалю (Кр), не спостерігали помітного утворення осаду БСА (не катіонізований крохмаль для експерименту готували шляхом термостатування кукурудзяного крохмалю у лужному середовищі при 80°C протягом 2 годин). Це підтверджує ефективність використання полісахаридів з амонійними фрагментами як флокулянтів для осадження БСА.

Список використаної літератури

1. Kostyk, O.A., Budishevskaya, O.H., Vostres, V. B., Nadashkevych, Z.Y., Voronov S. A. (2019). Cationation of starch with an aminating reagent based on triethylamine and epichlorohydrin. *Issues of Chemistry and Chemical Technology*, 6, 113 – 120.
2. О.А. Костик, О. Г. Будішевська, В.Б. Вострес, З.Я. Надашкевич, С.А. Воронов (2020) Катіонний крохмаль як флокулянт. *Journal of Chemistry and Technologies*, 28(1), 17-26.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ОБРОБКА ОРТОПЕДИЧНИХ СТОМАТОЛОГІЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ КОБАЛЬТОХРОМОВИХ СПЛАВІВ

Ветров Є.А.¹, Смірнова О.Л.¹, Мухін З.С.², Ніконов А.Ю.³

e-mail: ht.vetrov.egor@gmail.com, oleleo1970@gmail.com,
mukhinzs@gmail.com, a.ju.nikonov@gmail.com

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків

²Харківська медична академія післядипломної освіти, Україна, Харків

³Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна, Харків

Кобальтохромові сплави знаходять безліч застосувань у медицині, наприклад, у коронарних стентах, для заміни міжхребцевого диска та артропластики колінного та кульшового суглобів. У стоматології кобальтохромові сплави використовуються з 1929 р., в основному для каркасів знімних зубних протезів, але в останні десятиліття також і для протезів на полімерній зв'язці.

Поширений кобальтохромовий сплав Wirobond® С (BEGO Bremer Goldschlägerei Wilh. Herbst GmbH & Co, Бремен, Німеччина), містить такі хімічні речовини: Со 63,3 %, Сг 24,8 %, W 5,3 %, Мо 5,1 %, Si < 1 %, Fe < 1 %, С < 0,02 % [1]. Вітчизняна промисловість випускає кобальтохромовий сплав марки КХС, який містить: Со 66-67 %, Сг 26-30 %, Ni 3-5 %, Мо 4-5,5 %, Mn 0,5 %, Si 1 %, N 0,1 %.

Стійкість до корозії даних сплавів відмінна завдяки шару оксидів на його поверхні, що створює пасивуючий ефект. Другорядні елементи, як правило, додані для поліпшення ливарних властивостей, керованості та механічних властивостей. Усі ливарні сплави Со-Сг, а саме маніпуляції в лабораторії, такі як лиття, регулювання та полірування, складні та вимагають багато часу.

Одним із важливих факторів, пов'язаних з біосумісністю протезних матеріалів, є кількість речовин, що виділяються в організм людини зі сплаву [2]. Корозія металу може пошкодити не тільки поверхню матеріалу, але також торкнутися сусідніх тканин і викликати несприятливу біологічну реакцію. Згідно з дослідженнями *invitro*, вивільнення іонів металів із матеріалів, що тестуються, залежить від комбінації матеріалів; кисле середовище збільшує вивільнення іонів із стоматологічних сплавів Со-Сг.

Цю проблему можна вирішити, застосовуючи спеціальну електрохімічну обробку. Суть рішення полягає в тому, що знімні бюгельні протези з каркасами з кобальтохромових сплавів мають бути покриті спеціальним гальванічним покриттям на основі біосумісного металу [3].

Найбільш поширеним методом нанесення металевих покриттів є електроосадження (гальванічний метод) з водних розчинів електролітів. До таких покриттів можуть належати покриття золотом, паладієм і сріблом.

При цьому відомо, що гальванічне покриття золотом має низьку твердість і зносостійкість і є дорогим, а гальванічне покриття паладієм – це складний процес, який може призводити до наводження і, як наслідок, до виникнення напруги в покритті, розтріскування, пористості та погіршення фізико-механічних властивостей.

У зв'язку з цим великий інтерес викликає срібне покриття, яке крім біосумісності з тканинами, виявляє також потужний бактерицидний ефект. При цьому відбувається взаємодія не самого металу, а його іонів з клітинами мікроорганізмів, що спричиняє їх загибель. Крім того відомо, що срібло має імуномодуючі властивості, значно підвищує специфічний захист організму людини, особливо при ослабленому імунитеті.

Основну складність у технології електролітичного осадження покриттів на кобальтохромовий сплав представляє попередня підготовка. Окрім стандартних операцій хімічного та електрохімічного знежирення повинні бути ретельно підібрані спеціальні операції травлення та активації сплаву, які забезпечують видалення пасивної плівки з його поверхні без руйнування основи бюгельного протезу.

У роботах [4, 5] авторами запропоновано операцію анодного травлення у суміші сульфатної та соляної кислот. При здійсненні цієї операції відбувається селективне розчинення поверхні КХС із вилученням більш електронегативного компонента сплаву – хрому. У результаті такої обробки поверхня основи набуває необхідної мікрошорсткості, оптимальної для надійності контактування покриття, а поверхневий склад сплаву наближається переважно до кобальту.

Анодне травлення КХС можна проводити в гальваностатичному та потенціостатичному режимах [6]. Недоліком гальваностатичного режиму є нестабільність процесу розчинення, що впливає на стан поверхні основи та її адгезійні властивості. Застосування потенціостатичного режиму для анодного травлення сприяє стабілізації електрохімічного процесу та перебіганню єдиної реакції – іонізації хрому. Збільшення густини струму в початковий момент свідчить про зростання швидкості анодної реакції за рахунок розширення площі активних ділянок розчинення (мікроділянок хрому) внаслідок хімічного травлення оксидної плівки.

Наступна операція активації поверхні в розчині азотної кислоти забезпечує видалення тонкої оксидної плівки, яка представляє собою оксид кобальту. Далі для забезпечення адгезії фінішного покриття з поверхнею виробу роблять підшар міддю або благородним металом, наприклад, золотом.

У випадку, якщо фінішне покриття являє собою срібне покриття, більш доречним є покриття міддю в якості підшару [7]. Обидва покриття можна осадити з безціанідних електролітів, розроблених на кафедрі технічної електрохімії НТУ «ХПІ», які в якості основних компонентів містять тіосечовину та лимонну кислоту та дозволяють отримати якісні

гальванічні осади з високою розсіювальною здатністю [8, 9]. Аналогічний за складом електроліт можна застосувати і для електролітичного полірування срібла у разі товстих срібних покриттів, коли потрібне досягнення ідеально гладкої поверхні ортопедичної конструкції [10].

Таким чином, використовуючи сучасні електрохімічні технології, спрямовані на підвищення якості та екологічність інженерних розробок, можна оптимізувати процес нанесення гальванічного покриття на знімні зубні протези, виготовлені з кобальтохромових сплавів, із досягненням максимальної біосумісності та комфортності з організмом пацієнта.

Список використаної літератури

1. Hjalmarsson L. On cobalt-chrome frameworks in implant dentistry. *Swedish Dental Journal Supplement*, 2009 (201). P. 3–83.
2. Kassapidou M., Hjalmarsson L., Johansson C. [et al.]. Cobalt–chromium alloys fabricated with four different techniques: Ion release, toxicity of released elements and surface roughness. *Dental Materials*. 2020. № 36 (11). P. 352–363.
3. Способ нанесения гальванического покрытия на съёмные зубные протезы / Парунов В. А. [и др.] // Патент РФ № 2469697. – ОАО НПК «Суперметалл» им. Е. И. Рывтина. – 20.12.2012.
4. Смирнова О. Л. Электрохимическое поведение кобальтохромовых сплавов, применяемых в ортопедической стоматологии / О. Л. Смирнова, Б. И. Байрачный, А. Ю. Никонов // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Сер. : Хімія, хімічна технологія та екологія. – 2003. – Т. 2, № 2. – С. 3–6.
5. Никонов А. Ю. Подготовка кобальто-хромовых сплавов к золочению / А. Ю. Никонов, Б. И. Байрачный, О. Л. Смирнова // *Вопросы экспериментальной и клинической стоматологии*. – 2003. – Вып. 6. – С. 22–28.
6. Спосіб обробки зубних протезів із кобальто-хромового сплаву / Никонов А. Ю. [та ін.]. // Патент України № 70525 А, МПК 7А61С13/00, 2004.
7. Електроліт міднення / Смирнова О. Л. [та ін.]. // Патент України № 121564, МПК С25D 3/38, 2017.
8. Смирнова О. Л. Електролітичне осадження срібних і золотих покриттів із комплексних електролітів на основі органічних лігандів / О. Л. Смирнова, В. І. Юсов, В. С. Шитов // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Сер. : Хімія, хімічна технологія та екологія. – 2017. – № 49 (1270). – С. 72–78.
9. Smirnova O., Nikonov A., Pilipenko A. [et al.]. Thiocarbamide-citrate electrolytes as an alternative to cyanide electrolytes in solving the problems of environmental protection and prevention of emergency situations. *Materials Science Forum*, 2021 (1038). P. 185–192.
10. Електроліт для електрохімічного полірування срібла / Смирнова О. Л. [та ін.]. // Патент України № 138391 U, МПК С25F 3/16, МПК С25F 3/22, 2019.

БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЦИРКОНУ

Мухачев А.П.¹, Нефедов В.Г.², Єлатонцев Д.О.^{1,3}, Харитонов О.А.³
e-mail:ya.nah2015@yandex.com

¹*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України
Україна, Дніпро*

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

³*Дніпровський державний технічний університет
Україна, Кам'янське*

Матеріали на основі високочистих сполук цирконію та гафнію завдяки своїм унікальним фізико-хімічним, механічним та ядерним властивостям знайшли широке застосування в атомній енергетиці та промисловості. Основною сировиною для їх виробництва є мінерал циркон, який містить до 67% суми Zr і Hf, до 32% SiO₂ і близько 0,02% Sc.

Зі зростанням обсягів виробництва ядерно-чистих цирконію та гафнію для атомної енергетики з'явилася можливість отримувати широкий спектр функціональних матеріалів на основі сполук Zr, Hf, Sc і Si. Наприклад, для виробництва носіїв каталізаторів, датчиків контролю вмісту кисню, різних захисних покриттів, мікроелектроніки, кераміки та багатьох інших.

Залежно від області застосування вилучених сполук, обирається оптимальний спосіб розкладання циркону. При цьому головна мета – якомога повніше витягти усі цінні компоненти, утилізувати витрачені реагенти та не допустити забруднення навколишнього середовища. З метою отримання ядерно-чистих сплавів цирконію для виробництва компонентів ядерного палива використовуються два промислові методи розкладання циркону, які були розроблені та впроваджені понад 60 років тому.

Перший – це розкладання цирконхлором, широко застосовується у США та Франції. Другий – сплавлення циркону з калійфторсилікатом у присутності калійхлориду, широко застосовується у РФ. Перший метод дозволяє отримати чисті хлориди цирконію та гафнію необхідні для магнієтермічного відновлення з отриманням губки цих металів. Другий метод дозволяє отримати тільки чисту сіль фторцирконату калію, придатну для електролітичного одержання порошку ядерно-чистого цирконію. В обох випадках не передбачено вилучення супутних цінних компонентів, зокрема, Si та Sc, крім того, утворюються токсичні хлоридні стоки.

Для отримання хімічних сполук та оксидних композицій цирконію потрібен метод розкладання циркону без застосування агресивних речовин (хлору та флуору). Запобігти забрудненню навколишнього середовища відходами розкладання дозволяють процеси, засновані на розкладанні циркону вапном [1], содою [2] або лугами [3].

Перший тип процесів вимагає підвищення температури до 1300 °С, другий – до 1100 °С, третій – до 600 °С. Для недопущення викидів поллютантів у довкілля, запропоновано процес сплавлення циркону з содою, яка є більш доступною, ніж луги. У процесі содового розкладання циркону утворюється єдиний цирконій-вмісний продукт – натрій метацирконат Na_2ZrO_3 . Це сприяє ефективному відокремленню кремнію (у формі Na_2SiO_3) від цирконію в процесі водної обробки содового спеку. Для прискорення процесу в шихту вводять добавку – NaOH у кількості 1–10% від маси циркону. При співвідношенні соди та циркону рівному 3:1, тривалість реакції знижується до 30 хв. Температура процесу підтримується в межах від 1000–1150 °С. Рентгенофазовий аналіз показує наявність Na_2ZrO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 , ступінь розкладання циркону досягає 99,9%.

Застосування соди для розкладання циркону дозволяє виділити кремнійоксид у вигляді білої сажі ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – доволі дефіцитного продукту для гумової промисловості. Крім того, з'являється можливість вилуговувати Zr , Hf і Sc безпосередньо нітратною кислотою та утилізувати натрій у виробництві NaNO_3 . Після азотнокислотного розкладання содового спеку, вміст кремнію в ньому зменшується до 0,01 г/дм³, що дозволяє ефективно осаджувати його гідрофобізатором «Петросил» для запобігання емульгування при подальшому екстракційному розділенні цирконію та гафнію. Використання очищеного азотнокислотного скандій-вмісного рафінату для фінішного вилучення скандію, дозволяє замкнути технологічний цикл комплексної переробки циркону [4].

Таким чином, запропонована технологія переробки циркону дозволяє вилучити всі цінні компоненти та утилізувати витрачені реагенти.

Список використаної літератури

1. Верещак В. Г., Хлопицкий А. А., Баскевич А. С. Исследование процесса вскрытия циркона. Вопросы химии и химической технологии. 2009. № 2. С. 117-119.
2. Рудковская Л. М., Павленко, Т. В., Пшеничный, Р. Н., Омельчук, А. А., Вишневский, А. А. Синтез наноструктурного диоксида циркония заданной модификации из продуктов разложения цирконового концентрата. Журнал неорганической химии. 2014. Т. 59. № 4. С. 439-439.
3. Хлопицкий О. О., Макаrenchенко Н. П., Фролова Л. А. Отримання оксихлориду цирконію з природної сировини. Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету. Технічні науки. 2013. № 1. С. 16-21.
4. Мухачев А. П., Харитонов Е. А., Скипочка Д. Г. Скандий и его сплавы с алюминием. Вопросы атомной науки и техники. 2016. № 1. С. 45-50.

ЗАЛІЗОВМІСТНИЙ НАНОМАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ МОНТМОРИЛОНІТУ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Н.В. Жданюк, Пухкенко Д.М.

e-mail: zhdanyukn.kpi@gmail.com

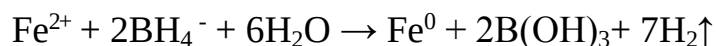
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Стрімке погіршення стану підземних вод, що пов'язане з накопиченням іонів важких металів, ставить перед дослідниками завдання розроблення нових методів та матеріалів для їх очищення. Одним із найефективніших способів вилучення важких металів із водних середовищ є сорбційний метод. В якості ефективних та економічних сорбентів з високою селективною здатністю широко використовують природні силікати та матеріали на їх основі.

Об'єктом дослідження було обрано монтморилоніт (ММТ) Черкаського родовища. Поверхню монтморилоніту модифікували катіонною поверхнево-активною речовиною гексадецилтриметиламоній бромідом у співвідношенні ПАР/КОЄ = 1 (ОММТ). Далі на поверхню органомонтморилоніту наносили частинки нанорозмірного нуль-валентного заліза.

Нанорозмірне нуль-валентне залізо (Fe^0) отримували сульфатним методом [1]. Залізовмісні нанокомпозити синтезували шляхом диспергування монтморилоніту та органомонтморилоніту у водно-спиртовому розчині Fe^{2+} (зразки Fe^0 -ММТ та Fe^0 -ОММТ, відповідно). Для відновлення заліза з рідкої фази використовували розчин боргідриду натрію (NaBH_4):



Повне відновлення заліза досягалось додаванням надлишку відновника.

В ході експерименту підтримували постійні значення: швидкості перемішування, часу реакції і температури середовища ($25 \pm 1^\circ \text{C}$).

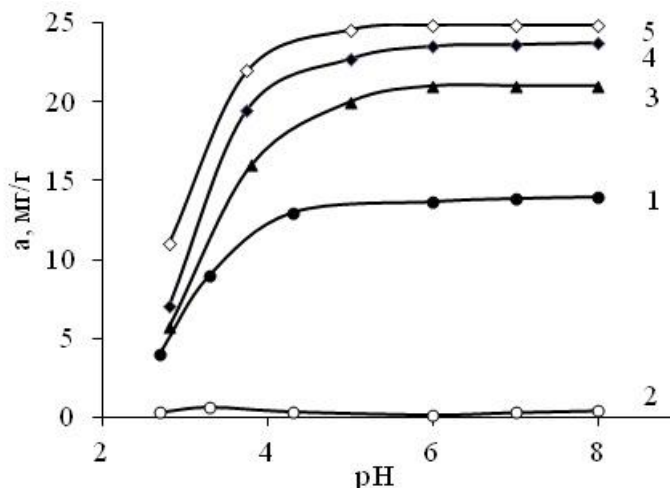
Отримані сорбент вилучали за допомогою вакуумного фільтрування та промивали декілька разів етанолом. Висушування проводили при 70°C протягом 20 год. під вакуумом.

Таким чином ми отримали сорбент на основі органомонтморилоніту, що містив по масі 52,2% нанорозмірного нуль-валентного заліза.

Вивчення кінетики адсорбції іонів Co^{2+} синтезованими композитами показало, що всі залізовмісні матеріали за 10 – 15 хвилин здатні вилучити більше 90% іонів Co^{2+} з розчину, а 1 години цілком достатньо для досягнення сорбційної рівноваги.

Дослідження впливу рН на процеси сорбції іонів Co^{2+} композиційними сорбентами, як і вихідним монтморилонітом, показує, що величина сорбції катіонів зростає при підвищенні рН до 4,0 та практично

не змінюється в нейтральному і слабколужному середовищі (рис. 1). З однієї сторони це обумовлено дисоціацією функціональних груп на поверхні сорбентів, яка є незначною у кислому середовищі та досягає свого максимуму в нейтральному діапазоні рН. З іншої сторони, іони Co^{2+} схильні до утворення гідроксидних форм при збільшенні рН, які мають підвищенні сорбційні характеристики [2].



1 – MMT, 2 – OMMT, 3 – Fe^0 , 4 – Fe^0 -MMT, 5 – Fe^0 -OMMT

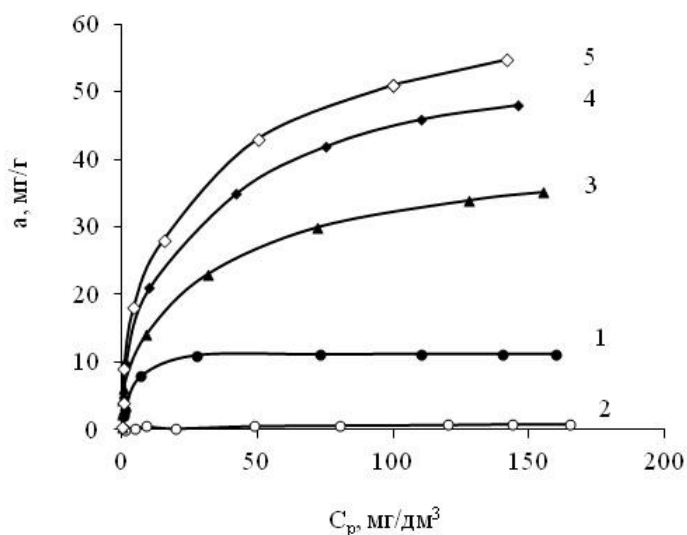
Рисунок 1 – Вплив рН на сорбцію іонів $\text{Co}(\text{II})$ вихідним монтморилонітом, синтезованими сорбентами та нанорозмірним нуль-валентним залізом

Такий характер відповідних залежностей визначається природою функціональних груп на поверхні сорбентів, що обумовлюють сорбцію катіонів. Як відомо, іонообмінна ємність глинистих мінералів обумовлена активними центрами як на базальних поверхнях частинок (за рахунок нестехіометричних ізоморфних заміщень в структурних пакетах), так і на бічних гранях (внаслідок утворення $\text{Si} - \text{OH}$ та $\text{Al} - \text{OH}$ груп по розірваних хімічних зв'язках).

Природа зв'язування катіонів за різними типами активних центрів відрізняється: електростатична для іонів, що локалізуються на базальних поверхнях, і іонно-ковалентна – для таких біля бічних граней. Останнє обумовлюють характер залежності величин сорбції від рН: дисоціація поверхневих функціональних груп на поверхні сорбентів, головним чином, $\text{OH} -$ груп є незначною у кислому середовищі та досягає свого максимуму в нейтральному діапазоні рН.

Сорбційні експерименти проводити при значеннях рН близьких до нейтральних, так як у природних водах. На рис. 2 представлені ізотерми сорбції іонів Co^{2+} залізовмісними матеріалами на основі

органомонтморилоніту і монтморилоніту. Для порівняння наведено залежності величин адсорбції Co(II) монтморилонітом, органомонтморилонітом та нанорозмірним нуль-валентним залізом від рівноважної концентрації металу в розчині.



1 – MMT, 2 – OMMT, 3 – Fe^0 , 4 – Fe^0 -MMT, 5 – Fe^0 -OMMT

Рисунок 2 – Ізотерми сорбції Co^{2+} вихідним монтморилонітом, синтезованими сорбентами та нанорозмірним нуль-валентним залізом при $\text{pH} = 6,0$

На основі побудованих ізотерм сорбції для Co(II) , які проілюстровані на рис. 2 видно, що ступінь очищення вод від Co(II) спадає в ряді $\text{Fe}^0\text{-OMMT} > \text{Fe}^0\text{-MMT} > \text{Fe}^0 > \text{MMT} > \text{OMMT}$.

Максимальне значення вилучення Co^{2+} спостерігається для композиційного сорбенту $\text{Fe}^0\text{-OMMT}$ (55 мг/г). Що виявилось ефективнішим у порівнянні з $\text{Fe}^0\text{-MMT}$ (48 мг/г) та Fe^0 (35 мг/г). Зразок OMMT практично не сорбує Co(II) (1 мг/г), а вилучення іону MMT складає 11 мг/г. Кращу ніж OMMT сорбційну здатність по відношенню до іонів Co^{2+} проявив не модифікований MMT, що пояснюється максимально доступною кількістю катіонообмінних центрів на його поверхні.

Структура наночастинок заліза дозволяє продемонструвати вилучення забрудників за рахунок різних механізмів, включаючи електростатичну адсорбцію, комплексоутворення, відновлення або осадження. Ядро складається з Fe^0 , що утворює джерело електронів, які здатні відновлювати іони з більшими значеннями відновного потенціалу ніж залізо. Оболонка Fe^0 , в свою чергу, має гідроксильні групи на поверхні з розчином, що здатні зв'язувати іони адсорбата на поверхні комплексів [3]. Враховуючи, що значення стандартного електродного потенціалу

катиона Co(II) менше за значення потенціалу заліза ($E^0(\text{Fe}) = -0,44 \text{ В}$, $E^0(\text{Co}) = -0,28 \text{ В}$), то вилучення іонів Co^{2+} на поверхні частинок заліза відбувається за сорбційним механізмом. Так для заліза потенціал дорівнює $-0,44 \text{ В}$, а для кобальту $-0,28 \text{ В}$.

Таким чином встановлено, що модифікування поверхні монтморилоніту та органоментморилоніту частинками нанорозмірного нуль-валентного заліза підвищує сорбційну здатність одержаних матеріалів щодо іонів кобальту (II). Це пояснюється збільшенням кількості активних центрів зв'язування катіонів в композиційному сорбенті, перш за все, за рахунок гідроксильних груп в тонких окисно-гідроксидних плівках на поверхні наночастинок Fe^0 .

Причиною такої різниці адсорбції для зразків Fe-MMT та Fe-OMMT є присутність поверхнево-активної речовини, що знижує ступінь агрегації і розмір окремих частинок заліза та збільшує питому площу поверхні сорбенту.

Нанесення нанорозмірного нуль-валентного заліза на поверхню органоментморилоніту, збільшує ефективність видалення сполук у порівнянні з вихідними матеріалами, а також у порівнянні з залізовмісним матеріалом на основі монтморилоніту. При концентраціях Co^{2+} рівних 1 мг/л вилучення складає до $99,8\%$ та досягає значень ГДК.

Список використаної літератури:

1. Prus V., Zhdanyuk N. Investigation of removal of hexavalent chromium and divalent cobalt from aqueous solutions by organo-montmorillonite supported iron nanoparticles. EUREKA: Physics and Engineering. 2016. №5. С. 81–88.
2. Uzum C., Shahwan T., Eroglu A. E., Lieberwirth I., Scott T. B., Hallam K. R. Application of zero-valent iron nanoparticles for the removal of aqueous Co^{2+} ions under various experimental conditions. *Chem. Eng. J.* 2009. № 144. Р. 213–220.
3. Мчедлов-Петросян М.О., Лебідь В.І., Глазкова О.М., Єльцов С.В., Дубина О.М., Панченко В.Г. Онови колоїдної хімії: фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004. 300 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ NSCa-ДОБРИВА НА ОСНОВІ ФОСФОГІПСУ ТА АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

Іванченко А.В., Савенков А.С. *, Кундіренко В.В., Назаренко О.В.
ivanchenkodgtu@gmail.com, savenkov1943@gmail.com,
kundirenoviktoria@gmail.com, na3arenko.elena@gmail.com
*Дніпровський державний технічний університет
Україна, Кам'янське*

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

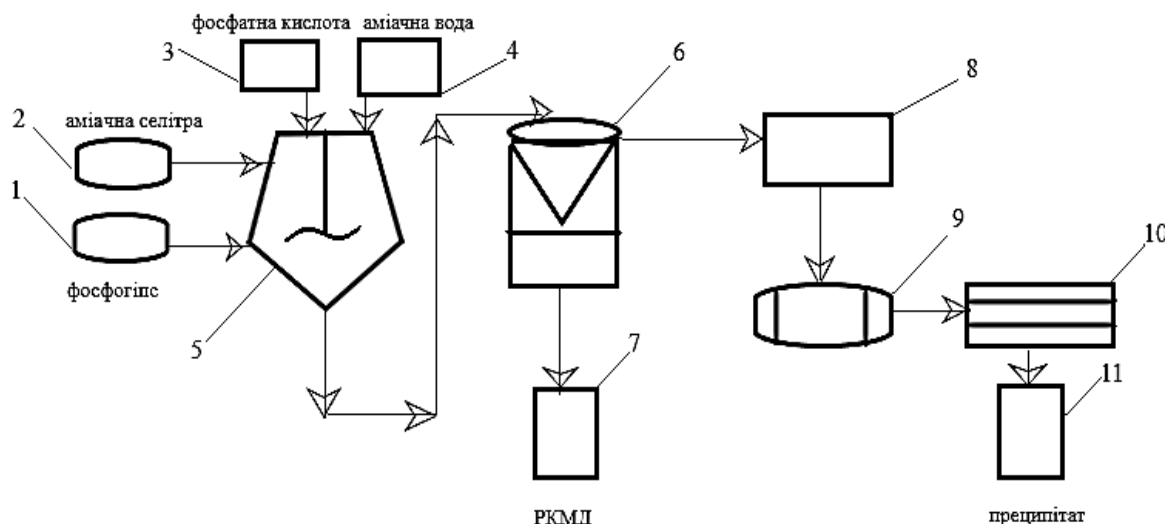
Фосфогіпс є багатоннажним відходом виробництва фосфорних добрив та екстракційної фосфатної кислоти (ЕФК) і практично мало використовується. Проблема використання фосфогіпсу є актуальною в усьому світі, щорічно на хімічних підприємствах світу утворюється 120 млн. т фосфогіпсу, з яких використовується лише 2 %, а 98 % – складається або скидається у моря і океани [1].

На території України накопичено близько 90 млн. т фосфогіпсу, саме ці відвали являються основним джерелом забруднення довкілля у районах, де розміщені виробництва мінеральних добрив, міста – Суми, Рівне, Вінниця, Кам'янське [2].

Фосфогіпс характеризується високою концентрацією Кальцію, Сульфуру, Кремнію, Фосфору, а в мікрокількостях можуть бути присутніми Фтор, Барій, Марганець, Хром, які є елементами мінерального живлення для рослин, тому фосфогіпс є цінною сировиною для виробництва мінеральних добрив [3].

Вивчено процес одержання комплексного рідкого NSCa-добрива на основі очищеного фосфогіпсу після виділення рідкісноземельних елементів та амоній нітрату. На рисунку 1 представлена розроблена технологічна схема переробки очищеного (нейтралізованого) фосфогіпсу шляхом взаємодії із аміачною селітрою.

Дослідження у лабораторних умовах проводили наступним чином. В реактор заливали 500мл 80 % розчину амоній нітрату потім при безперервному перемішуванні додавали 200 г очищеного фосфогіпсу, після цього суміш встановлювали на піч, та нагрівали до температури 60, 70 та 80°C з перемішуванням і барботажем повітря. Надалі після отримання однорідної маси додавали фосфатну кислоту концентрацією 25 % у кількості 36мл та доводили рН отриманого розчину аміачною водою до рН=7. Після чого через фільтр відфільтрували осад (преципітат) та фільтрат – комплексне рідке NSCa-добриво (РКМД) з вмістом поживних елементів N:Ca:S = 24:8:12.



1 – збірник фосфогіпсу; 2 – збірник аміачної селітри; 3 – збірник фосфатної кислоти; 4 – збірник аміачної води; 5 – реактор; 6 – вакуум-фільтр; 7 – бункер з рідким мінеральним добривом; 8 – збірник фільтрату; 9 – сушарка; 10 – гранулятор; 11 – бункер преципітату

Рисунок 1 – Технологічна схема переробки фосфогіпсу з одержанням рідкого комплексного мінерального добрива

Хімічний склад преципітату при $pH=7$ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад преципітату $CaHPO_4 \times 2H_2O$ при $pH=7$

Назва хімічної речовини в складі преципітату					
P_2O_5 заг.	P_2O_5 зас.	CaO заг.	CaO зас.	CaO вод.	N заг.
25,1	21,32	29,89	22,19	1,09	0,41

Проаналізувавши таблицю 1, зроблено висновок, що отриманий преципітат таким способом відноситься до другого сорту в якому вміст P_2O_5 складає 25–27 %. Осушений преципітат застосовують як фосфорне тверде добриво дешевого сегменту. Добриво погано розчиняється у воді, малогігроскопічне, не злежується. Кальцій, що міститься в преципітаті засвоюється рослиною поступово і корегує pH ґрунту.

Одержано залежності вмісту Ca^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- в рідкому добриві від температури нагрівання фосфогіпсу та аміачної селітри у співвідношенні 1:0,5. Встановлено оптимальне значення температури для одержання комплексного мінерального добрива, яка становить 333 К. Виявлено, що введення фосфогіпсу у розчин NH_4NO_3 призводить до зменшення у кінцевому продукті нітрогену з 35 до 24%. Під час хімічної взаємодії із кальцій сульфатом, склад аміачної селітри збагачується двома макроелементами – сульфуром і кальцієм, які містяться у фосфогіпсі. Збільшення у зразках рідких добрив водорозчинних форм кальцію

($\text{CaO}_{\text{водн.}}$) і сульфур ($\text{SO}_{\text{зводн.}}$) свідчить про проходження реакції взаємодії амоній нітрату та кальцій сульфату.

Одержаний під час досліджень комплексне рідке добриво на основі фосфогіпсу та амонійної селітри призводить до урожайності корнеплоду редису на 7,16 % у порівнянні зі зразком без внесення добрив. Це вказує на високу агрономічну ефективність застосування добрива для вирощування редису.

Застосування технології у промисловості призведе до зменшення багатотоннажного відходу фосфогіпсу у відвалах. Це дає можливість вирішити значну частину екологічних проблем.

Список використаної літератури

1.Пляцук Л.Д., Черниш Є.Ю., Алієва М.О. Огляд проблематики комплексної переробки фосфогіпсу. Освіта, наука та виробництво: розвиток і перспективи: матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф., 20 квіт. 2017 р. Суми : СумДУ, 2017. С. 17–18.

2. Утилізація багатотонажних відходів промисловості: веб-сайт. URL:https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/3_nauka/konkurs/utilizaciya_vidh_odiv_.pdf (дата звернення: 30.08.2021).

3. Мирка Г. Е. Проблемы утилизации техногенных отходов промышленных предприятий Сумской области: 2006 рік: Материалы 3-й Междун. Конф., 18 груд. 2006 р. Суми:СумДУ, 2006, С. 101–102.

ЕЛЕКТРОННОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ФОРМАЛЬДЕГИД И МЕТАНОЛ

Каменський А.О., Починок В.В., Вязовик В.М.
fe1825@yahoo.com

*Черкаський державний технологічний університет
м. Черкаси, Україна*

Вся історія людства пов'язана з суттєвими викидами в атмосферне повітря діоксиду вуглецю. Спочатку тривалий час це були викиди при спалюванні різноманітного палива в основному для опалення. Але починаючи з 18 сторіччя, коли людство почало переходити з аграрної економіки до індустріального суспільства кількість цих викидів значно зросла. З'явилися парові машини, які споживали велику кількість палива і викидали в навколишнє середовище в димових газах діоксид вуглецю.

Вуглекислий газ в атмосфері Землі є малою компонентою сучасної земної атмосфери. Станом на початок кінця липня 2019 року концентрація його в атмосферному повітрі становила біля 410 ppm [1], тоді як вже на кінець липня 2020 року вона вже складає біля 415 ppm і продовжує збільшуватися. В Україні, яка займає 27 місце із 213 по кількості CO₂, ці викиди складають станом на кінець липня 2020 рік біля 225 мільйонів тон [2]. Перші три місця займають Китай - 10065 мільйонів тон, США - 5416 мільйонів тон, Індія - 2654 мільйонів тон. Загалом за 2018 рік в результаті діяльності людини в атмосферу було викинуто більше 36 573 мільйонів тон CO₂ [2].

Сучасний стан проблеми. Головним напрямком у боротьбі зі зміною клімату вважається спільне зниження кількості викидів парникових газів в атмосферу Землі, декарбонізація - уловлювання й зберігання вуглецю, та конверсія CO₂ в продукти палива та нафтохімії. Ці проблеми можна було б вирішити, якщо б знайшовся ефективний спосіб використання діоксиду вуглецю в якості джерела вуглецю при виробництві палива й хімічної сировини. Перетворення CO₂ в хімікати та енергоносії з доданою вартістю вважається однією з чотирьох пріоритетних напрямків розвитку економіки різних країн.

Для отримання різноманітних сполук з CO₂ можуть бути використанні різноманітні способи [3-4]. Це:

- звичайна термічна конверсія CO₂. Вона, в свою чергу поділяється на розщеплення CO₂ та конверсію CO₂ в поєднанні з сореагентом, CH₄, H₂ або H₂O. Перший спосіб не дуже ефективний і використовується мало. Другий же дозволяє отримувати різноманітні органічні сполуки;

- CO + H₂O: 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;

- сонячна термохімічна конверсія. 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 використане після поглинання сонячного світла у вигляді теплової енергії, і квантове перетворення – це безпосередньо поглинання світла;

- фотохімічна конверсія. Цей спосіб відрізняється від сонячної конверсії тим, що в ньому використовується енергія фотону для протікання реакції, тоді як в сонячній конверсії 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 CO_2 в хімічні сполуки.

- плазмова технологія для конверсії CO_2 . Це спосіб, в якому використовуються різноманітні види плазми. Серед розрядів як найбільших джерел плазми, що використовуються для конверсії CO_2 можна виділити розряд діелектричного бар'єру, мікрохвильовий, ковзаючої дуги, тліючий, коронний, іскровий та імпульсний.

В цій статті нас найбільше цікавить розряд діелектричного бар'єру або бар'єрний розряд [5].

Бар'єрний розряд це розряд, який виникає в газі під дією прикладеної до електродів високої напруги, при цьому хоча б один із електродів повинен бути покритий діелектриком. Присутність діелектрика зменшує швидкість виходу електрону з поверхні електроду (за рахунок подолання опору діелектрика), ослаблює його кінетичну енергію при впливі на молекули газу, котрі піддаються впливу розряду, і не дає можливості утворення лавини електронів, які призводять до пробую, а значить перетворенню бар'єрного розряду в дугу.

Плазму і каталізatori можна поєднувати в різних комбінаціях: каталізатор просторово відділений від області плазми, або знаходиться всередині області розряду. При плазмовому каталізі частки активуються плазмою через збудження, іонізацію або дисоціацію електронами в газовій фазі або на поверхні каталізатора. Основна відмінність між одностадійною і двухстадійною конфігурацією полягає в типі частинок, діям яких піддається каталізатор. У двухстадійній конфігурації кінцеві продукти і довгоживучі проміжні продукти будуть взаємодіяти з каталізатором, тоді як в одностадійній конфігурації каталізатор також

може взаємодіяти з усіма короткоживучими речовинами, включаючи збуджені з'єднання, радикали, фотони і електрони.

Методи дослідження. Дослідження по електроннокаталітичному перетворенню вуглекислого газу в метанол та формальдегід проводили на установці, яка складалася з блоку попередньої підготовки газоподібної суміші, системи розрядників – джерел бар'єрного розряду і холодильника.

Газоподібний CO_2 з балону, з витратою $1 \text{ дм}^3/\text{хвилину}$, направлявся в зволожувач, де при температурі 70°C насичувався парами води. Зволожений вуглекислий газ направлявся на первинний розрядник, де відбувалися процеси активації вуглекислого газу та руйнування парів води з утворенням водню, кисневмісних радикалів $\text{HO}^\bullet$ та $\text{HO}^\bullet$. Як розрядник використовували озонатор Сіменса з кварцового скла при товщині стінки 2 мм. Напруга в розряднику 10 кВ. Час перебування газової суміші в зоні розряду біля 0,3 с.

Газова суміш, що містить CO , водень, атомарний кисень та кисневмісні радикали $\text{HO}^\bullet$ та $\text{HO}^\bullet$, після первинного розрядника направлялась на вторинний розрядник, який знаходився для підтримання температури $250\text{--}450^\circ\text{C}$ в трубчастій печі. Вторинний розрядник представляв собою кварцову трубку з товщиною стінки 2 мм, в якій розташовані високовольтний і заземлюючий електроди. Між цими електродами був розташований каталізатор.

Газ, який містить крім раніше згадуваних речовин, ще й органічні сполуки, а саме формальдегід і метанол направлявся на холодильник та пробовідбірник, що представляв собою склядку Дрекслея з 50 см^3 дистильованої води.

Аналіз поглинених водою метанолу та формальдегіду проводили на спектрофотометрі марки "UV-5800PC" в режимі сканування з кроком 0,5 нм.

Результати дослідження та їх обговорення. Каталізатор виходячи з попередніх результатів досліджень по отриманню метанолу і формальдегіду з метану, мав наступний склад: Cr-18%, Ni-10 %, Ti – 1 %, Fe – 71 %.

Дослідження проводили при температурах: на первинному розряднику біля 70°C , напруга 10кВ; на вторинному розряднику температура змінювалася в межах $250\text{--}400^\circ\text{C}$, напруга - від 7 до 11 кВ. Було також досліджено зміну концентрації формальдегіду і метанолу в відібраних пробах через добу.

На утворення формальдегіду і метанолу впливає температура на каталізаторі та напруга на вторинному розряднику.

Вихід метанолу збільшується зі збільшенням температури. Так спостерігалось збільшення утворення метанолу в пробі відразу після досліду на з $0,2244 \text{ г}$ (для температури 250°C і напрузі 11 кВ) і до $0,93 \text{ г}$

(для 350°C і напрузі 10кВ). Схожа картина спостерігається і для утворення формальдегіду – при температурі 300°C і напрузі 9 кВ спостерігається збільшення утворення формальдегіду до 67,4 %, а при напрузі 11 – 86,4 % від початкового значення.

При визначенні вмісту формальдегіду та метанолу в пробі через добу. спостерігалася зміна їх вмісту. Так, в пробі при температурі 250°C і напрузі 11 кВ відбувалося зменшення метанолу до 0,14 г, тоді як при температурі на каталізаторі 350°C, спостерігається збільшення вмісту метанолу. В пробі при напрузі 10кВ збільшується до 0,9911 г, тобто на 6,4 % від початкового значення. При напрузі 9 кВ це збільшення досягає максимального значення і складає біля 19,7 %. Схожа картина спостерігається і для утворення формальдегіду – при температурі 300°C і напрузі 9 кВ спостерігається збільшення утворення формальдегіду до 67,4%, а при напрузі 11 – 86,4% від початкового значення.

Висновки. В навколишнє середовище викидається велика кількість різноманітних речовин. Вуглекислий газ є одним із них. Його викиди в атмосферне повітря досягли таких критичних значень, що велика кількість вчених починають серйозно відноситися до нього, та розробляти різноманітні технології не тільки по зменшенню викидів в атмосферне повітря, але й для переробки тієї кількості, що вже знаходиться в атмосферному повітрі. Одним із таких методів є електроннокаталітична переробка CO₂ в такі органічні сполуки, як формальдегід і метанол. В даній роботі представлений один із варіантів такого методу, з використанням двох розрядників - джерела бар'єрного розряду. Як джерело водню використовувалися пари води.

На утворення метанолу впливає температура і напруга розряду. Так спостерігалася збільшення утворення метанолу в пробі відразу після досліду на з 0,2244 г (для температури 250°C і напрузі 11 кВ) і до 0,93 г (для 350°C і напрузі 10кВ).

Також, суттєво впливає на вміст формальдегіду та метанолу в пробі, витримка проби протягом доби. В результаті цього відбувається збільшення концентрації метанолу в пробі від 6,4 % (при температурі 350°C і напрузі 9 кВ) до 86,4 % (при температурі 300 і напрузі 11 кВ) та формальдегіду від 67,4% (для 300°C і напрузі 9кВ) до 86,4% (для 300°C і напрузі 11 кВ).

Список використаної літератури

1. CO₂.Earth is live!! Daily CO₂ URL:<https://www.co2.earth/daily-co2> (дата звертання 28.07.2020).
2. Global Carbon Atlas. CO₂ Emissions. URL: <http://www.globalcarbonatlas.org/ru/CO2-emissions> (дата звертання 28.07.2020).

3. Payal B. Joshi Carbon dioxide utilization: a comprehensive review./ Int. J. Chem. Sci.: 12(4) - 2014- P. 1208-1220.
4. Annemie Bogaerts, Tomas Kozak, Koen van Laer and Ramses Snoeckx Plasma-based conversion of CO₂: current status and future challenges / Faraday Discuss.: 2015- 183 - P.217–232.
5. Avtaeva S.V. (2009) Barrier discharge. Research and application – B.:KPSU – 152 p

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЧУТЛИВІСТЬ ШАРУ СТАНУМ (IV) ОКСИДУ МОДИФІКОВАНОГО ІТРИЄМ У ГАЗОВИХ СЕНСОРАХ

Каськова А.В., Донцова Т.А.

e-mail: kaskova.a00@gmail.com

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

Стануму (IV) оксид являється напівпровідником *n*-типу з шириною забороненої зони 3,6 еВ, який знайшов широкого застосування як матеріал для газових сенсорів через свою стабільність, високу чутливість, селективність і швидкість відгуку. Введення модифікаторів в поверхневий шар частинок стануму (IV) оксиду може збільшувати кількість адсорбційних областей поверхні, що може призвести до підвищення чутливості і збільшення відгуку зразка. В якості модифікаторів в останній час набули широкого використання рідкоземельні матеріали.

Метою даної роботи було синтез та дослідження електричних властивостей та чутливості шару стануму (IV) оксиду модифікованого ітрієм та порівняння з немодифікованим.

Для синтезу станум (IV) оксиду (SnO_2) використали CVD-метод, для чого у човник з термічно стійкої кераміки поміщали стануму (IV) оксалат (SnC_2O_4) і розташовували його в центрі кварцового реактора циліндричної форми, який поміщали у трубчасту піч. Краї човника попередньо змащували тонким шаром платинової черні, що є каталізатором у реакції термічного розкладу солі. Процес проводили за температури 900°C впродовж 5 годин. Для попередження процесу окиснення, через кварцовий реактор впродовж синтезу постійно продували азот N_2 , зі швидкістю подачі газу близько 100 см³/хв.

Розкладання стануму (II) оксалату протікало за наступними реакціями [1]:



СЕМ отриманого зразку представлено на рисунку 1.

В результаті синтезу утворювався SnO_2 структури каситериту.

Для модифікування SnO_2 використовували водний розчин ітрію (III) нітрату. Реагенти змішували і суміш поміщали у скляний бюкс з кварцового скла. Суміш висушувалась за температури 200°C і прожарювалась впродовж однієї години за температури 600°C, в результаті чого на поверхні частинок SnO_2 утворювався шар ітрію (III) оксиду.

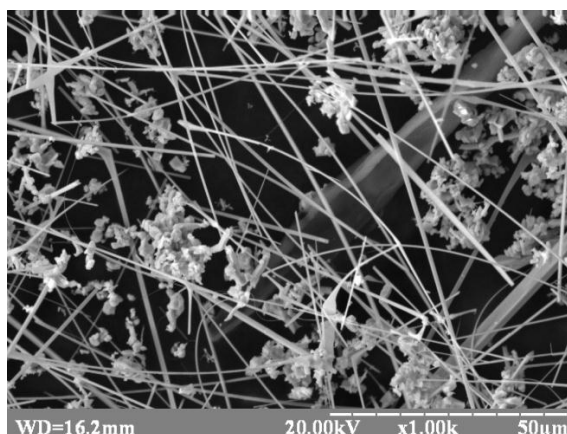


Рисунок 1 – СЕМ станум (IV) оксиду отриманого CVD-методом

Для дослідження електричних властивостей та чутливості немодифікованого SnO_2 та модифікованого оксидом ітрію SnO_2 було спеціально виготовлено тестові зразки чутливих елементів – сітало-підкладки з нанесеними нікелевими електродами та посрібленими мідними виводами у фторопласті. Газочутливі шари були нанесені методом осадження суспензії оксиду на підкладку. Дослідження вольт-амперних характеристик (ВАХ) синтезованих зразків здійснювалося за методикою з використанням температурних залежностей ВАХ від значення прикладеної напруги. Визначення електричних властивостей досліджуваних зразків газових сенсорів проводили в середовищі повітря та в атмосфері цільових газів – ацетону CH_3COCH_3 і вуглекислого газу CO_2 . На основі цих значень обчислювали чутливість сенсора.

Сенсорні властивості модифікованого та немодифікованого SnO_2 наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Чутливість немодифікованого (1DSnO_2) та модифікованого ($1\text{DSnO}_2+\text{Y}$) зразків до карбон (IV) оксиду і ацетону

Зразок \ Чутливість	Чутливість зразків по відношенню до CO_2 за прикладеної напруги, В								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1DSnO_2	74	55	51	51	53	54	53	53	54
$1\text{DSnO}_2+\text{Y}$	95	85	85	90	89	89	89	87	88
Зразок \ Чутливість	Чутливість зразків по відношенню до CH_3COCH_3 за прикладеної напруги, В								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1DSnO_2	97	96	95	94	93	92	91	90	90
$1\text{DSnO}_2+\text{Y}$	95	71	72	68	65	67	67	65	66

Аналізуючи дані можна сказати, що модифікація SnO_2 ітрієм (III) оксидом підвищує чутливість станум (IV) оксиду до CO_2 . При цьому чутливість модифікованого зразка по відношенню до ацетону буде менше ніж у немодифікованого. Для обох зразків спостерігається зниження чутливості відносно обох цільових газів при збільшенні величини прикладеної напруги, причому ступінь зниження є більшою для модифікованого зразка SnO_2 .

Вольт-амперні характеристики чистого та модифікованого ітрієм стануму (IV) оксиду записані в повітряному середовищі в діапазоні значень початкової напруги 1–9 В за температур 296–373 К, представлені на рисунку 3.

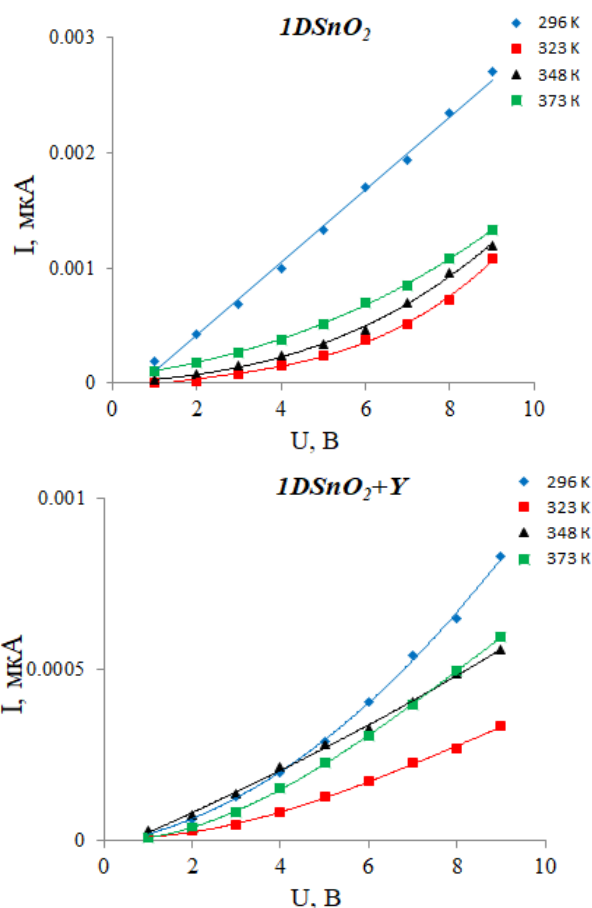


Рисунок 2 – ВАХ чистого та модифікованого зразків одновимірного стануму (IV) оксиду

З залежностей видно, що чисті та модифіковані ітрієм структури SnO_2 характеризуються аналогічними, наближеними до омичних, вольт-амперними кривими. Вольт-амперні характеристики немодифікованого SnO_2 , зняті за кімнатної температури 296 К відрізняються значною лінійністю.

На рисунку 3 представлені температурні залежності опору синтезованих зразків стануму (IV) оксиду, одержані з даними вольт-амперних вимірювань.

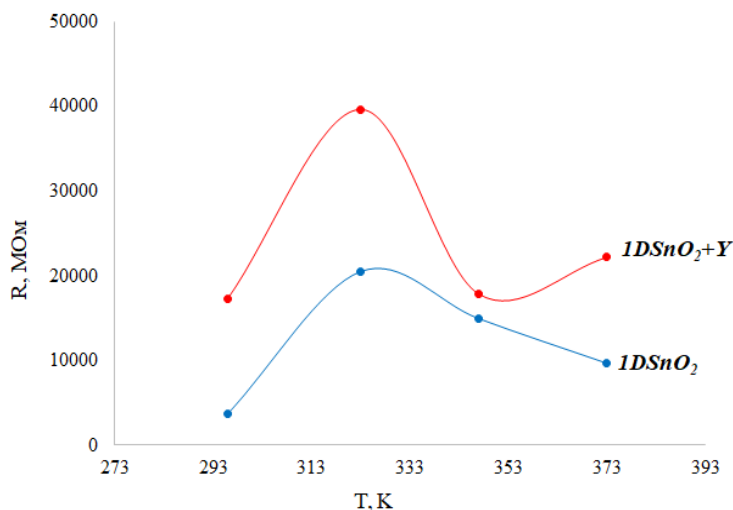


Рисунок 3 – Залежність електричного опору від температури чистого та модифікованого зразків одновимірного стануму (IV) оксиду за напруги 5 В

Для обох зразків спостерігається наявність екстремуму за температури 323 К.

Дякуємо Міністерству освіти і науки України за підтримку та фінансування спільного українсько-індійського науково-дослідного проекту в 2021 році, в рамках якого виконано представлені дослідження.

Список використаної літератури

1. Dontsova, T.A., Nagirnyak, S.V., Zhorov, V.V. etal. SnO₂ Nanostructures: Effect of Processing Parameters on Their Structural and Functional Properties. Nanoscale Res Lett 12, 332 (2017).

ВИКОРИСТАННЯ МАГНЕТИТУ У ЗАХИСНИХ ЕКРАНАХ

Круглик Ю.О., Твердохліб В.С., Барсуков В.З.

e-mail: kruglichok.ulichka@gmail.com, tverdoxlib.vs@knutd.edu.ua,
v-barsukov@i.ua

*Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, Київ*

Невидиме, безшумне і без запаху електромагнітне випромінювання, джерелом якого є всі види електронних приладів, як правило, негативно впливає на біохімічні процеси в живому організмі і на працюючу електронну апаратуру [1]. Для боротьби з цим явищем використовують екрани, що відбивають або поглинають хвилі [2-3]. Відбиванню сприяють електропровідні матеріали (метали, графіт), а поглинання засноване на розсіюванні хвиль дисперсними частинками та трансформації електромагнітної енергії в теплову. В останньому випадку часто використовують діелектрики та напівпровідники.

Одним із таких поглиначів є магнетит, який є складним оксидом заліза $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (Fe_3O_4) [4, 5]. Цей мінерал у природі зустрічається у вигляді зернистих агрегатів і окремих кристалів. Він містить 31,03% FeO та 68,97% Fe_2O_3 . Вміст заліза у ньому 72,4%. Як домішка може містити оксиди інших металів. Питома вага магнетиту 4,8-5,3 г/см³. Належить до напівпровідників з низькою електропровідністю, яка залежить від типу кристалічної структури [6].

Електропровідність здійснюється за рахунок переходу електронів між йонами заліза різної валентності ($\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$). Магнітність та залишкова намагніченість зростають із зменшенням величини зерен до певних розмірів [7]. За магнітними властивостями відноситься до феримагнетиків. При температурі вище точки Кюрі (550-600°C) стає парамагнетиком. Макрочастинка магнетиту має доменну структуру. Процес перемагнічування відбувається при орієнтації доменів у магнітному полі [6]. Для кожного феримагнетика існує критичний розмір, нижче якого його частки стають однодоменними. Критичний розмір однодоменності магнетиту близько 50 нм. Зі зменшенням розмірів частинок магнетит може втратити свої феромагнітні властивості.

На практиці широко використовують синтетичний магнетит, отриманий спіканням спресованих порошків оксидів заліза (II) та (III). При проведенні експериментів нами використовувалися оксиди заліза різної природи: магнетит, синтезовані оксиди, магнетитова руда. Методом РФА визначено склад магнетитової руди. Вміст заліза у ній – 62,3%. Як домішки присутні оксиди кремнію, алюмінію, сірки. Проведений аналіз показав, що питома магнітна сприятливість суміші компонентів захисного покриття (склад: 1 м.ч. сажі Pure Black, 3 м.ч. графіту КГП, 1 м.ч. полівінілбутиралу, 1 м.ч. магнетиту) дорівнює $103,8 \cdot 10^{-8}$ м³/кг. Екрануючі покриття готувалися на

основі різнодисперсних природних графітів Заваллівського родовища, Україна (КГП-С1, ГАК-1), графітизованої сажі Pure Black та 20% спирторозчинного полівінілбутиралу. Вихідний магнетит перед приготуванням захисних покриттів було поділено на три фракції з різною дисперсністю частинок. Як наноманетит була використана його суспензія в гасі (електропровідна рідина).

Часткова заміна графіту на магнетит призвела, як і очікувалося, до зменшення електропровідності та ефективності екранування. При цьому зі збільшенням концентрації магнетиту ці показники знижуються. Однак при цьому відбувається перерозподіл відбитої та поглиненої енергії. Так у випадку ГАК-1 ослаблення сигналу зменшилося на 7,2%, ефективність відбивання - на 10,4%, при цьому поглинання збільшилося на 28,1%. При зменшенні розмірів частинок у композиті спостерігається тенденція до зменшення його електропровідності. Отримані результати узгоджуються з відомою формулою [8]:

$$K=8.7d\sqrt{\pi f\mu\sigma},$$

де K – поглинання ЕМВ;

d – товщина шару;

f - частота ЕМВ;

μ - магнітна проникність;

σ – електропровідність.

Висновок. Введення магнетиту в електропровідний полімерний композит призводить до деякого зниження ефективності екранування, проте при цьому значно збільшується коефіцієнт поглинання. Величину поглинання можна збільшити за рахунок товщини покриття і нанесення такого покриття другим шаром на високопровідний композитний матеріал першого шару.

Література

1. Богуш В.А.. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты. Издательство: Беспринт. 2003. 406с.
2. Никифоров Л.Л., Персиянов В.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Издательство: Дашков и К. 2013. 494 с.
3. Абасов Р. К. Применения углеродных материалов в экранировании электромагнитных полей. *Политехнический молодежный журнал (МГТУ им Н.Э.Баумана)*. 2016. № 5. С. 1-7.
4. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: КДУ. 2007. 720 с.
5. Білецький В.С., Суярко В.Г., Іщенко Л.В. Магнетит. Мінерало-петрографічний словник: Х.НТУ “ХПІ”. 2018. Т.1. 444 с.
6. Курилi С.Л.. Электротехнические материалы и технология электромагнитных работ. Учебно-методическое пособие. Ч.2. Диэлектрические и магнитные материалы. Гомель: “БелГУТ”. 2009.
7. Лукашова Н.В., Савченко А.Г. Структура и магнитные свойства нанопорошков оксидов железа. *МиТОМ*. 2012. №10. С.60-64.
8. Колобродов В.Г. Хвильова оптика. Ч.1. Электромагнитна теорія світла та інтерференція. Київ. НТУУ “КПІ ім. І.Сікорського”. 2017. 208 с.

**ІНТЕГРУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ДО НАВЧАЛЬНИХ
ПРОГРАМ УНІВЕРСЕТЕТІВ**

Крячков Д.О., Груздєва О.В.

e-mail: krachkow@gmail.com, lenavg@ua.fm

*Український державний хіміко-технологічний університет,
Україна, Дніпро*

В даний час перед Україною постає велике питання кризи найбільших водних джерел (Дніпро, Сіверський Донець, Дністр, Прип'ять, Десна, Південний Буг), де водний стік малих річок поступово зменшується, а з середини століття може зовсім припинитися. Таким чином наприкінці століття може скластися ситуація стійкого дефіциту водних ресурсів яке буде викликано забрудненням води, неефективністю водоочищення, виснаженням потенціалу водних ресурсів, нераціональним розподілом. Ці чинники вимагають належного аналізу та повної реструктуризації водної інфраструктури, системного розуміння водних проблем, достатньо коштів, наявності освіти у водній галузі та повноцінне усвідомленні проблем води [1].

Тож аби запобігти подальшим втратам, необхідно вже зараз враховувати прогнозований вплив кількості населення та зміни клімату на річки під час управління водними ресурсами та адаптувати громади й сектори економіки до можливих ризиків. Такі питання повинні вирішувати компетентні фахівці у водній галузі, які зможуть планувати розподіл поверхневих та підземних водних джерел, проектувати сучасні водопровідні та каналізаційні очисні споруди, розраховувати та обґрунтовувати тарифи водоканалів, економічний ефект при впровадженні новітніх технологій або модернізації систем водопідготовки та очисних споруд та ін.

У реаліях, для вирішення сучасних аналітичних та технологічних задач при створенні прогнозів чи розрахунків шуканих величин, використовуються виключно спеціалізовані програми. Тож, варто звернути увагу на досвід дослідників та вчених інших країн [2] які все частіше задля вирішення питань оптимізації водопостачання використовують методи імітаційного моделювання. Еталонами подібного програмного забезпечення, що вже зарекомендували себе на практиці є: WEAP, SWAT, MIKE URBAN, WaterSupply, STOAT, WEST, GREEN, SimEau та ін. Імітаційне моделювання, як метод оптимізації та керування водними ресурсами та систем, що має вплив на водні джерела, дозволить створити інструмент комплексного управління водопостачанням муніципалітету, промисловості, сільського господарства, енергетики. До того ж подібні програми необхідно інтегрувати до навчальних програм на водних

спеціальностях у ВУЗах, завдяки яким, студенти під час працевлаштування зможуть швидко адаптуватися і почати вирішувати задачі, навіть якщо програмне забезпечення буде відрізнятися. Враховуючи те, що в Україні на даний час вже бракує водних ресурсів, а ситуацію погіршує ще й забруднення води, світовим науковим співтовариством пропонується програмне середовище WEAP (система оцінки і планування водних ресурсів), яке є дуже привітливою для нових користувачів і дозволяє робити зручне та практичне прогнозування та оцінювання кількості та якості водних ресурсів. WEAP пропонує користувачеві великий спектр можливостей розрахунку, прогнозування та аналізу водного господарства. Слід зазначити, що WEAP вже являється складовою навчальних програм спеціалістів з водопідготовки, а саме аспірантів та студентів у великій кількості вищих навчальних закладів таких країн: Норвегія, Німеччина, Греція, Канада, Китай, Німеччина, Іран, Італія, Кенія, Мексика, Шрі-Ланка, Швеція, США, Еквадор, Болівія, Бразилія і т.п. [3].

Майбутнім спеціалістам у водній галузі, дуже важливо розуміння переваг та можливостей використання WEAP або подібного програмного забезпечення, в порівнянні з базовими математичними розрахунками, а саме: наявність вбудованих інструментів для створення простої практичної моделі або сценарію; можливість миттєвого змінювання вхідних даних у сценарії та отримання результатів у різних форматах; передача отриманих результатів аналізу та вбудовування їх до інших імітаційних моделей. Програмою виділяються 4 головних джерела попиту води, а саме побутове споживання, виробництво електроенергії, сільське господарство, промислове використання, кожний з яких можна поділити на ще менших користувачів.

Широкий перелік вбудованих інструментів у програмі дозволяє швидко та якісно робити такі речі як: прогнозування попиту на ресурси водних басейнів, оцінювання переваг при перекиданні води з малих річок або водосховищ, створення моделей подання води до споживача від підземних джерел, керувати відбором води з поверхневих джерел. Окремою перевагою цього програмного забезпечення є можливість врахування ряду чинників при водопостачанні таких як: зміна площі сільських господарств, збільшення чи зменшення загального водокористування, зміни клімату та темпів росту населення [4].

Загально-охоплюючий підхід до моделювання систем водопостачання дуже яскраво відрізняє WEAP від інших програм. Досить просто застосовуються стандартні вбудовані сценарії що допомагають при аналізі: наявність технологій оборотного або повторного використання на виробництві, наявність підземних водних горизонтів, збільшення обсягів води при повенях, ефективність обладнання на виробництві, втрати води для різних водокористувачів, наявність водосховища інше. Ці та ще багато інших додаткових вбудованих функцій дозволяють створювати

найбільш комплексні та точні математичні моделі які найефективніше допоможуть в аналізі та прогнозуванні водопостачання. Загалом WEAP є унікальною тестовою середою, для відтворення системи водопостачання та створення стратегії управління водним господарством, яка до того ж має можливість вбудовування різних табличних даних із інших імітаційних програм [5].

Зараз активно постає питання про забезпеченість водними ресурсами на душу населення у місті Дніпро і попит на використання і відновлюваність водних ресурсів тісно пов'язаний з змінами клімату та росту населення. За показником коефіцієнта Фалькенмарк, станом на 2016 рік Україна перебуває в стані водного стресу [1], тому важливим є розуміння можливостей міста подолати кризовий стан. Будівання сценаріїв проводилось за останніми відкритими статистичними даними по Україні [6,7]. Враховуючи дані по темпу росту населення та обсягу питного водопостачання на потреби мешканців були розроблені прогнози до 2025 року. Простіші розрахунки прогнозованої зміни населення від темпів росту на базі даних попередніх років наведені у таблиці 1 та рисунку 1.1 для міста Дніпро з 2019 до 2025 року. Для розрахунків були взяті відкриті статистичні данні в Україні – зміна кількості населення у місті Дніпро з 2018 до 2019 року, від 1000506 до 98103 особи, що відповідає темпам росту -0,24% [6].

Таблиця 1 – Розраховані данні прогнозованої зміни кількості населення у м. Дніпро на 2025 р. з урахуванням зниження населення за 2018-2019 рр (темп росту населення -0,24%)

Рік	2019	2020	2021		2022	2023	2024	2025
Населення м.Дніпро, чол.	998103	995707	993318		990933	988555	986183	983816

Відповідно до цих даних було розрахований сценарій річної норми користування води у м. Дніпро до 2025 року, з розрахунку середньої норми користування при централізованому водопостачанні питної води для багатоквартирних будинків з водопроводом, каналізацією та душовими або ваннами $300 \text{ дм}^3/(\text{чол} \cdot \text{добу})$ або $109,5 \text{ м}^3/(\text{чол} \cdot \text{рік})$ (рис. 1.2а,б).

Слід зазначити, що результати аналізу можна отримувати у табличному вигляді, у вигляді графіків, у табличних даних програми Excel, у форматі CSV - файловий формат, котрий є відмежовувальним форматом для представлення табличних даних (рис. 1.3 – 1.6). Формат CSV використовується для перенесення даних між базами даних та програмами — редакторами електронних таблиць, що робить програму WEAP універсальною у використанні та дає можливість використання великих об'ємів даних з інших імітаційних програм.

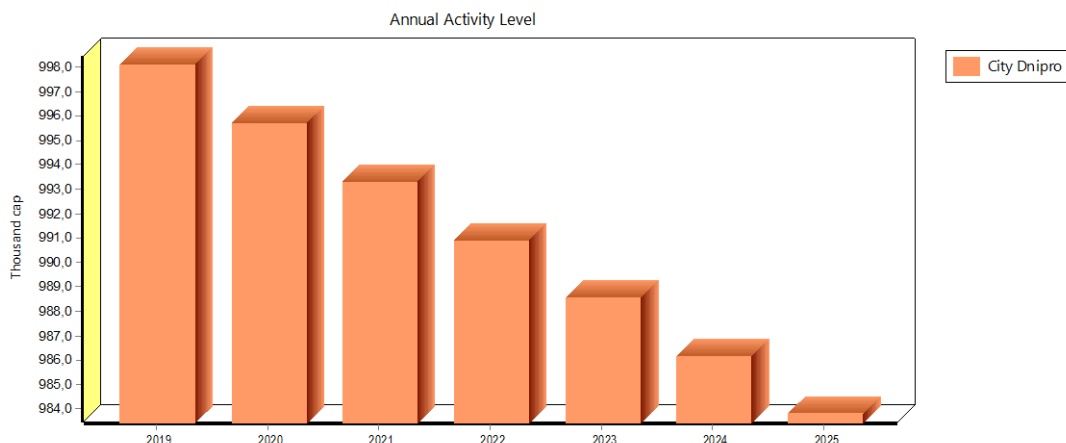


Рисунок 1.1 – Прогнозована зміна кількості населення у м. Дніпро на 2025 р. з урахуванням зниження населення за 2018-2019 рр (темپ росту населення -0,24%)

Висновок: при зміні кількості населення в місті Дніпро(-14,286 тис. мешканців) обсяг водопостачання та відповідно кількість води що буде забиратись з річки Дніпро станом на 2025 рік зменшиться на 1,564395 млн.м³(рис.1.2а,б). Слід зазначити, що зниження забору води з річки буде відбуватись виключно за рахунок зменшення обсягу водокористування питної води, не враховуючи новітні розробки та технології.

Результати у програмі WEAP можна отримувати не тільки у різних файлових форматах, але і у різних координатах x та y. Наприклад: рисунок 1.3а,б відображує різницю між даними(Δ)змін витрат води (млн.м³) для міста Дніпро за темпами росту населення (-0,24%) відносно кривій без урахування змін у кількості населення(Порівняльна крива - Reference); рисунок 1.4 відображує відсоткове відношення даних змін витрат води до порівняльної кривої (Reference); рисунок 1.5 відображує різницю між даними (Δ)зміни витрат води (млн.м³) для міста Дніпро за місяцями до 2025 року за темпами росту населення (-0,24%) відносно кривій без урахування змін у кількості населення (Порівняльна крива - Reference). Особливу увагу слід приділити функції збору статистичних даних за розрахунками сценаріїв (мінімального, максимального, середнього значень та ін.) (рис.1.6).

Подібним чином, завдяки використанню та налаштуванню різноманітних сценаріїв у різних форматах та координатах можна робити зручні прогнози щодо стану басейнів малих та великих водних господарств по всій країні, вирішити проблеми з водозабезпеченням водокористувачів, особливо в літній період для деяких водних басейнів, таким чином пришвидшити темпи подолання водної екологічної кризи в нашій державі. А включення подібного програмного забезпечення до освітніх програм студентів у вищих навчальних закладах дасть виробництвам та водокористувачам кваліфікованих спеціалістів в водній області які зможуть покращити та модернізувати нашу політику управління водними басейнами.

Chart

Table

Map

Water Demand (not including loss, reuse and DSM)

Million

Cubic Meter

All months (12)

Selected Scenarios (2/4)

Branch: Demand Sites\City Dnipro

No comparison

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Sum
Hight Population Grouwth 2025	109,292279	109,029976	108,768303	108,507263	108,246843	107,987052	107,727884	759,559599
Reference	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	765,045952

Рисунок 1.2а – Табличні данні результату сценарію «Прогнозування темпів росту населення» використаний до 2025 р. (зміни витрат води (млн.м³) для міста Дніпро з урахуванням темпів росту населення (-0,24%) у порівнянні із кривою без урахування змін у кількості населення)

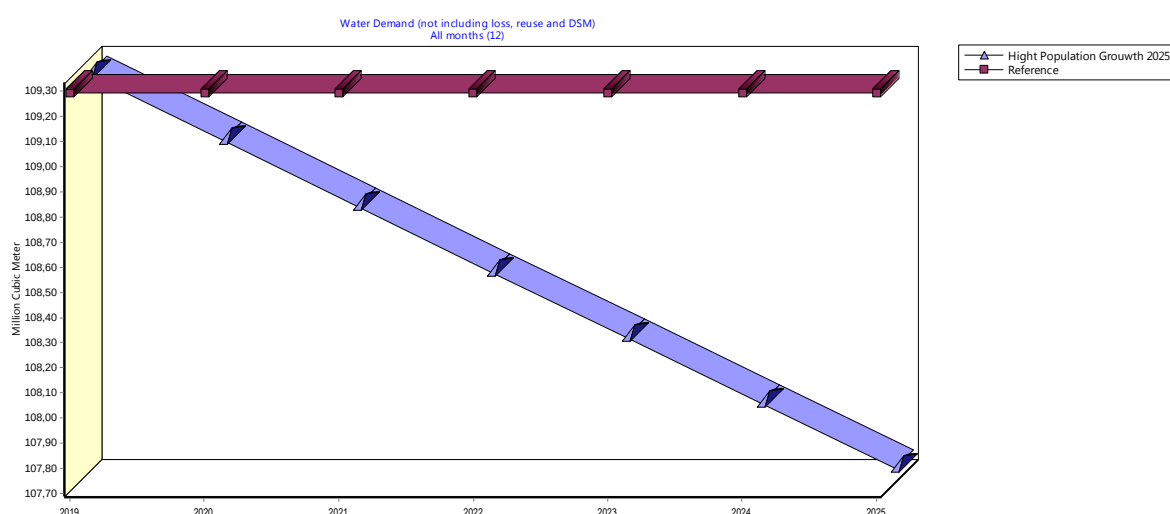


Рисунок 1.2б – Графічне зображення результату сценарію «Прогнозування темпів росту населення» використаний до 2025 р. (зміни витрат води (млн.м³) для міста Дніпро з урахуванням темпів росту населення (-0,24%) у порівнянні із кривою без урахування змін у кількості населення)

Chart	Table	Map						
Water Demand (not including loss, reuse and DSM) (Million Cubic Meter)								
All months (12)	Selected Scenarios (2/4)			Branch: Demand Sites\City Dnipro		Relative to Reference		Difference (A-B)
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Sum
Hight Population Grouwth 2025	0,000000	-0,262303	-0,523976	-0,785016	-1,045436	-1,305227	-1,564395	-5,486353
Reference	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Рисунок 1.3а – Табличні данні результату сценарію «Прогнозування темпів росту населення»- різницями між даними (Δ) зміни витрат води (млн.м³) для міста Дніпро за темпами росту населення (-0,24%) та без урахування змін у кількості населення (синя горизонтальна крива)

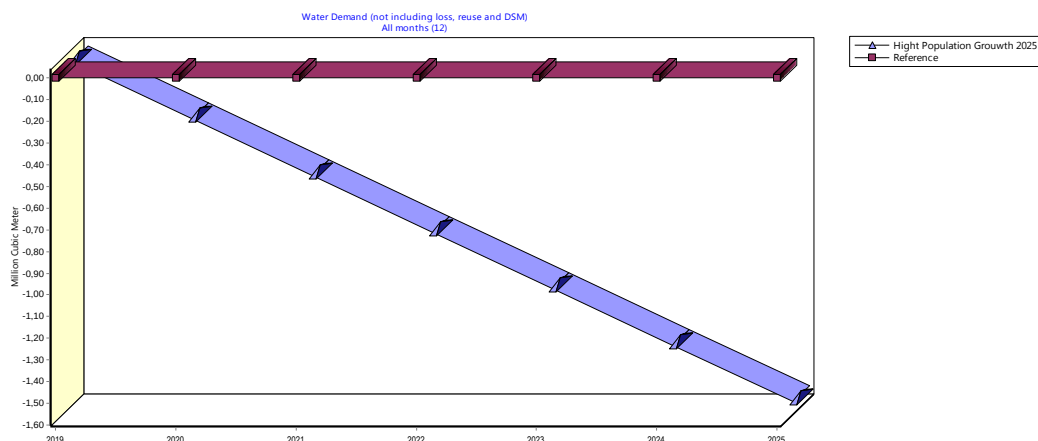


Рисунок 1.3б – Різниця між даними (Δ) зміни витрат води (млн.м³) для міста Дніпро за темпами росту населення (-0,24%) та без урахування змін у кількості населення (синя горизонтальна крива)

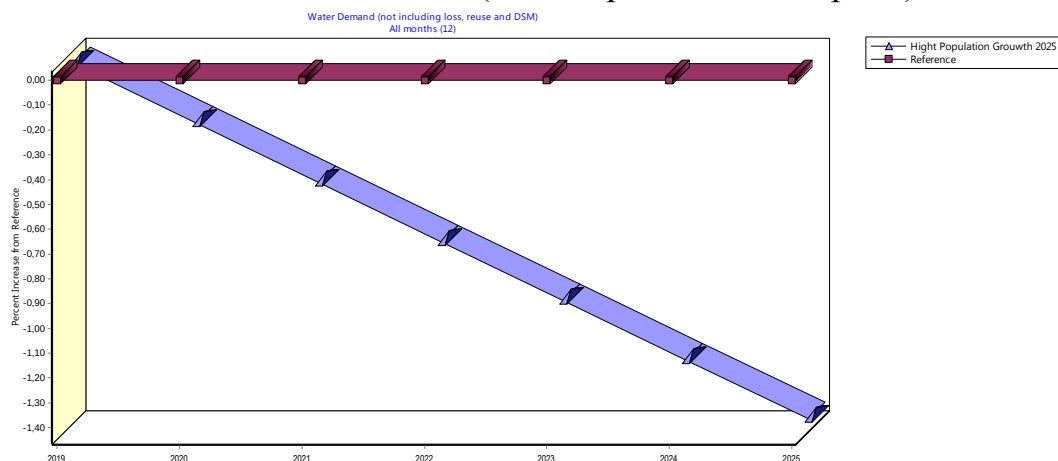


Рисунок 1.4 – Відсоткове відношення даних зміни витрат води (млн.м³) для міста Дніпро з урахуванням темпів росту населення (-0,24%) та без урахування змін у кількості населення (синягоризонтальна крива)

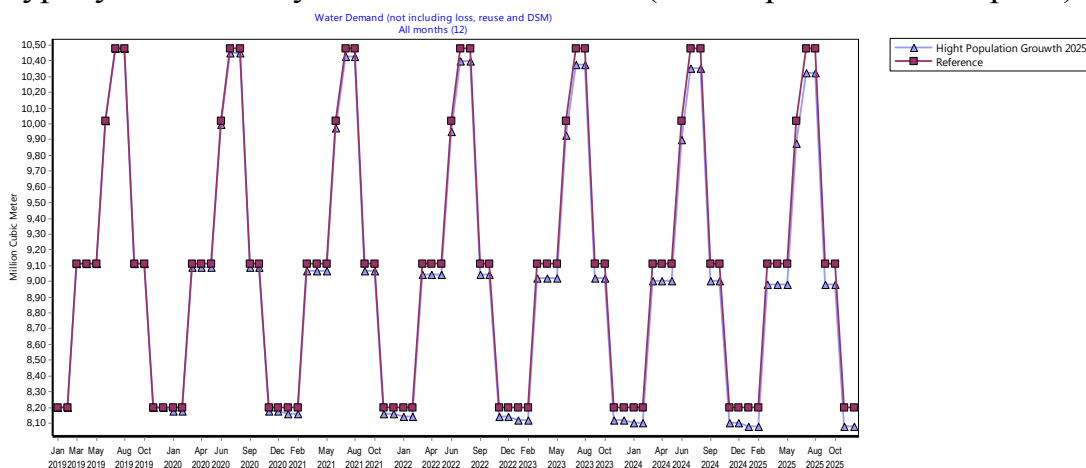


Рисунок 1.5 – Різницяміж даними зміни витрат води (млн.м³) для міста Дніпро за місяцями до 2025 р. з урахуванням темпів росту населення(-0,24%) та без урахування змін у кількості населення (синя горизонтальна крива)

Chart	Table	Map												
			Water Demand (not including loss, reuse and DSM)						Million	Cubic Meter				
			All months (12)	Selected Scenarios (2/4)		Branch: Demand Sites\City Dnipro			No comparison	☒ Annual Total	☐ Monthly Average			
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Sum	Min	Max	Mean	Median	SD	RMS
Hight Population Grouwth 2025	109,292279	109,029976	108,768303	108,507263	108,246843	107,987052	107,727884	759,559599	107,727884	109,292279	108,508514	108,507263	0,563246	108,509767
Reference	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	765,045952	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	0,000000	109,292279
Min	109,292279	109,029976	108,768303	108,507263	108,246843	107,987052	107,727884							
Max	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279	109,292279							
Mean	109,292279	109,161127	109,030291	108,899771	108,769561	108,639666	108,510081							
Median	109,292279	109,161127	109,030291	108,899771	108,769561	108,639666	108,510081							
SD	0,000000	0,185476	0,370507	0,555090	0,739235	0,922935	1,106194							
RMS	109,292279	109,161206	109,030606	108,900478	108,770817	108,641626	108,512901							

**Рисунок 1.6 – Збір статистичних даних за розрахунками сценаріїв
(мінімального, максимального, середнього значень та ін.)**

Список використаної літератури

1. Судук О.Ю., Федина К.М. Аналіз та визначення індикатора водного стресу в Україні в умовах глобалізації. Екологічний менеджмент. Збалансоване природокористування 2018. №2. С. 62 – 66.
2. Раткович Л. Д. Аспекты управления водными ресурсами в условиях комплексного водопользования. Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Технич. науки. 2016. №24. Т 3.
3. Сайт WEAP www.weap21.org.
4. Yates, D., J. Sieber, et al. "WEAP21 – A Demand-, Priority-, and Preference-Driven Water Planning Model /Part 1: Model Characteristics." International Water Resources Association - Water International. 2005. Vol.30, №4. P. 487–500.
5. Jack Sieber. WEAP Water Evaluation and Planning System. International Congress on Environmental Modelling and Software. 2006. P.170. <https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2006/all/170>
6. Статистична інформація України.
http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper_new.html
7. Державне агентство водних ресурсів. Регіональний офіс водних ресурсів у Дніпропетровській області.
http://dovr.gov.ua/Info/Zvitnist/Info_OhVodRes.html

ОДЕРЖАННЯ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА ГАЛЬВАНІЧНИМ ЗАМІЩЕННЯМ

Лапа А. В., Дзядик М.А., Зозуля Г. І.

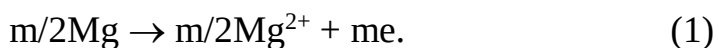
e-mail:anastasiia.lapa.mnkhtm.2021@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

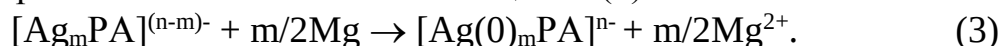
Україна, Львів

Одним із актуальних напрямів нанохімії є синтез розчинів наночастинок срібла (AgNPs), які завдяки біологічній активності виявляють антибактеріальні та антигрибкові властивості. Це зумовлює широкий спектр їх використання у косметології, побутовій хімії, водоочищенні, медицині та ветеринарії. Виготовляють наносрібло у вигляді водних або органічноколоїдних дисперсій, стабілізованих поверхнево-активними речовинами. Сучасні методи одержання AgNPs передбачають їх контрольоване формування за геометрією наночастинок, технологічність та “зелений” синтез. Таким критерієм відповідає гальванічне заміщення. Це простий та універсальний метод синтезу наночастинок моно- і біметалів [1, 2], модифікації металевих [3] і напівпровідникових [4] поверхонь наноструктурами металів. Гальванічне заміщення відбувається за електрохімічним механізмом і можливе за умови, якщо рівноважний потенціал металу-відновника є негативнішим від рівноважного потенціалу відновлюваного металу. Підбираючи металеві шаблони, розчини солей відновлюваних металів та умови процесу можна контрольовано синтезувати наноструктури благородних металів за формою та розмірами. Зокрема за використання розчинів, що містять поверхнево активні речовини, гальванічним заміщенням отримують стабілізовані металеві наночастинки в об’ємі розчину. Враховуючи зазначені критерії, актуальним є встановлення закономірностей синтезу наночастинок срібла гальванічним заміщенням йонів аргентуму магнієм у розчинах поверхнево активних речовин, зокрема натрію поліакрилату. Зважаючи на нетоксичність поліакрилату та йонів магнію, а також їх невисоку ціну, такі дослідження актуальні в аспекті створення екологічно безпечних технологій металевих наночастинок.

Серед металів, які практично можна використовувати як відновники під час гальванічного заміщення, магній ($E_{Mg^{2+}/Mg}^0 = -2,34V$) є найбільш електрохімічно активним. Використання магнію як активного жертвового металу забезпечує високу швидкість відновлення й відповідно зародкоутворення срібла. У розчинах натрію поліакрилату йони Ag^+ з електродонорними полімерними аніонами PA^- утворюють комплексні йони $[Ag_mPA]^{(n-m)-}$. За рахунок електронів, які генеруються внаслідок реакції (1) відбуваються відновлення комплексних йонів Аргентуму з утворенням нанокластерів $[Ag(0)_mPA]^{n-}$ (2).



Формування наночастинок срібла магнієм можна описати узагальненим рівнянням гальванічного заміщення (3).



Впродовж усього процесу гальванічного заміщення у розчинах NaPA срібло практично не осідає на магнієвій поверхні під час інтенсивного перемішування. Останнє, а також механічні та гідродинамічні ефекти забезпечують оновлення магнієвої поверхні, що сприяє стабільній швидкості перебігу реакцій (1 і 2) й відповідно зародкоутворенню та формуванню AgNPs. Натрію поліакрилат забезпечує стабілізацію наночастинок срібла з утворенням розчинів жовтого забарвлення з максимум поглинання ~415 нм.

Досліджено вплив концентрації AgNO_3 (0,1...1мМ) на синтез розчинів стабілізованих наночастинок срібла гальванічним заміщенням. Встановлено, що із збільшенням концентрації йонів Аргентуму у розчині натрію поліакрилату спостерігається ріст максимумів піків поглинання та зростання інтенсивності забарвлення, що характеризує збільшення розмірів наночастинок срібла. ТЕМ дослідження підтверджують, що розміри наночастинок у широкому діапазоні концентрацій прекурсорів і тривалості процесу є меншими, ніж 50 нм (рис.1).

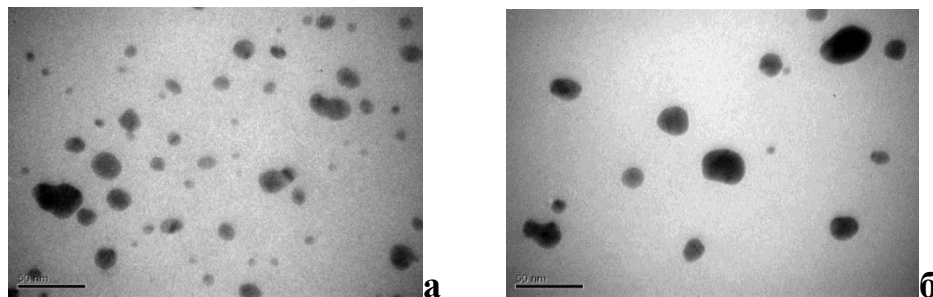


Рисунок 1. ТЕМ-зображення (а, б) AgNPs, синтезованих у розчинах 0,5 і 1,0 мМ AgNO_3 гальванічним заміщенням

Список використаної літератури

1. Gao, Z., Ye, H., Wang, Q., Kim, J.M., Tang, D., Xi, Z., Wei, Z., Shao, S., Xia, X. (2020). Template Regeneration in Galvanic Replacement: A Route to Highly Diverse Hollow Nanostructures. *ACS Nano*, 14, 791–801.
2. Qian, H., Anwer, S., Bharath, G., Iqbal, S., Chen, L. (2018). Nanoporous Ag-Au Bimetallic Triangular Nanoprisms Synthesized by Galvanic Replacement for Plasmonic Applications. *Journal of Nanomaterials*, 2018, 7.
3. Kuntiyi, O.I., Zozulya, H.I., Dobrovets'ka, O.Ya., Kornii, S.A., Reshetnyak, O.V. (2018). Deposition of copper, silver, and nickel on aluminum by galvanic replacement. *Materials science*, 53, 488–494.
4. Kuntiyi, O.I., Zozulya, G.I., Shepida, M.V., Nichkalo, S.I. (2019). Deposition of nanostructured metals on the surface of silicon by galvanic replacement: a mini-review. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 3, 74–82.

**АНОДНА ОБРОБКА СПЛАВУ Ni-Cu
В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКАХ
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОКАТАЛІТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ В
РЕАКЦІЇ ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ**

Махота Д.О., Бутиріна Т.Є.

e-mail: dimamakhota99@gmail.com

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

Низькотемпературні евтектичні розчинники (англ. deep eutectic solvents, DES's) як іонні рідини нового покоління є перспективними для анодної обробки різних металів і сплавів. У даній роботі вперше розглянуто закономірності анодної обробки сплаву Ni-Cu (45 мас.% Ni) у низькотемпературному евтектичному розчиннику Ethaline. Даний розчинник є евтектичною сумішшю холін хлориду та етиленгліколю.

Анодна обробка металічної поверхні проводилась у скляній термостатованій комірці в потенціостатичному режим при температурі 298 К при потенціалах: 0,1 В; 0,5 В; 1,35 В; 1,7 В. Як робочий електрод використана Cu-Ni пластина площею 1 см². Допоміжним був графітовий електрод. Електродні потенціали виміряні відносно псевдо-електроду порівняння – срібного електроду. Електрохімічні дослідження проводилися за допомогою Potentiostat Reference 3000 (Gamry).

Показано, що анодна обробка протікає в умовах сольової пасивації поверхні анода (утворення важкорозчинних в Ethaline солей нікелю та хлориду міді в приелектродному шарі) і приводить до утворення специфічної морфології поверхні сплавів Ni-Cu (рис.1).

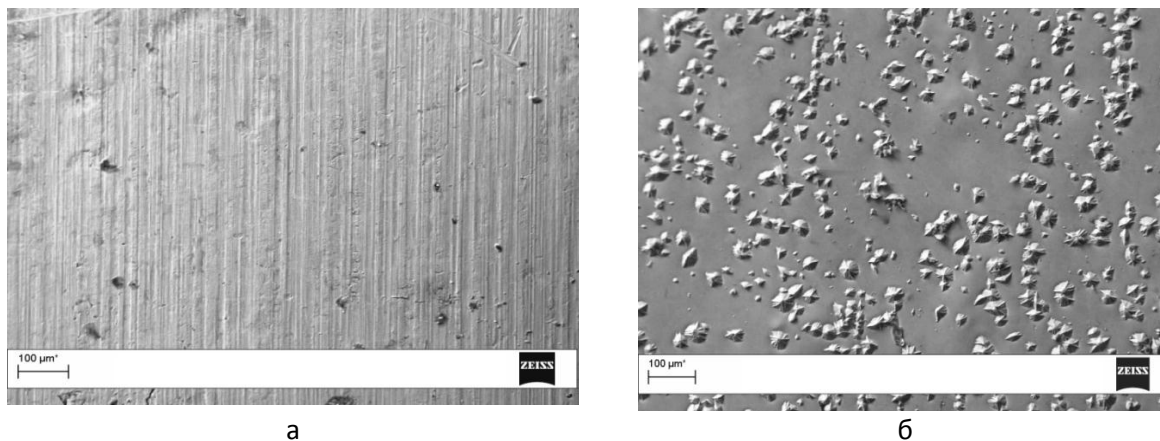


Рисунок 1. SEM-зображення поверхні сплаву Ni-Cu без електрохімічної обробки (а) та після анодної обробки в Ethaline при потенціалі E=1,35 В (б)

Характер морфології поверхні сильно залежить від заданого потенціалу анодної обробки. У ряді випадків спостерігали утворення

зірчастих кристалітів з гостро загостреною формою та шипами на поверхні та/або згладжування (тобто електрохімічне полірування).

Анодна обробка сплаву Ni–Cu в Ethaline сприяє значному збільшенню електрокаталітичної активності сплаву щодо реакції виділення водню в лужному середовищі (рис. 2).

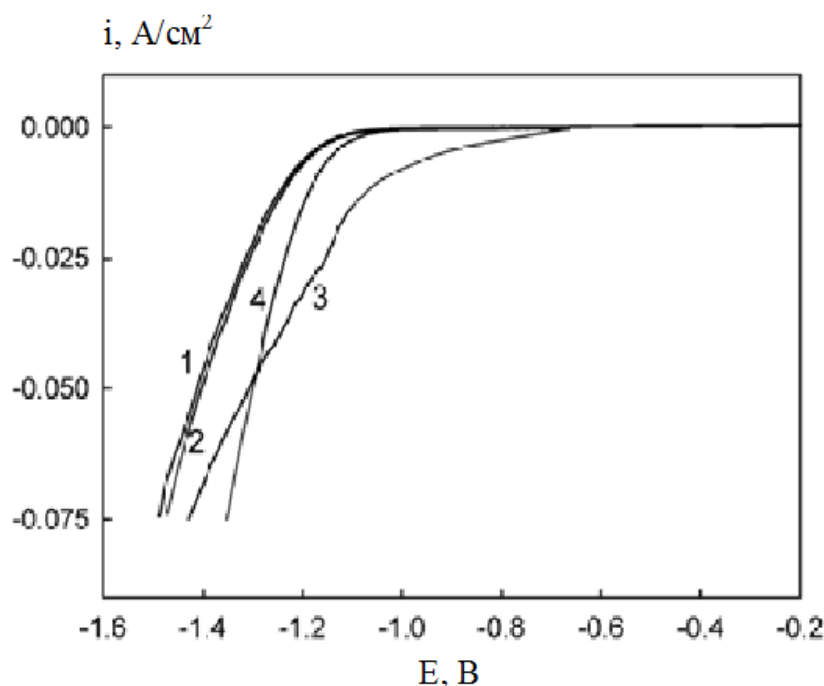


Рисунок 2. Вольтамперограми реакції виділення водню в 1 М NaOH на сплавах Ni–Cu без електрохімічної обробки (1) та після анодної обробки в Ethaline при електродних потенціалах: (1) $E = 0,1$ В, (2) $E = 0,5$ В, (3) $E = 1,35$ В і (4) $E = 1,7$ В.

Встановлено, що анодна обробка сплаву нікель-мідь в Ethaline, суттєво змінюючи морфологію поверхні, практично не впливає на хімічний склад поверхневого шару сплаву (тобто не спостерігається селективне розчинення одного з компонентів). Отже, зміна електрокаталітичної поведінки після анодної обробки пов'язана не стільки зі зміною хімічного складу, скільки із структурно-морфологічним чинником.

Враховуючи сприятливі екологічні аспекти використання низькотемпературних евтектичних розчинників та помітне покращення електрокаталітичних властивостей, анодна обробка сплаву Ni–Cu в Ethaline може бути використана для розробки високоефективних, екологічно чистих і доступних електрокаталізаторів для електролізу води в рамках концепції водневої енергетики.

ОКСИДНІ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРИ РЕДОКС-ПРОЦЕСІВ ЗА УЧАСТЮ КИСНЮ

Онiщенко Н.О., Косогін О.В.

e-mail: oldapoldap@gmail.com

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

Каталітичні реакції знаходять надзвичайно широке застосування і різних галузях хімічної промисловості – більш ніж 70 % хімічних процесів вимагають наявності каталізатора, що дозволяє зменшити енергетичні затрати та підвищити продуктивність. Основними вимогами, які ставлять до каталітичних матеріалів, є каталітична активність, селективність, стійкість до отруєння, температура запалювання. Разом з тим, велике значення мають і експлуатаційні характеристики каталітичних матеріалів. Недостатня механічна міцність багатьох промислових каталізаторів призводить не тільки до втрат каталізатора, але й до зростання гідравлічного каталітичного опору реактора та наступних апаратів і до частих вимушених зупинок. Багато активних каталізаторів не можуть бути застосовані в промисловості через недостатню міцність. Розробка способів значного підвищення міцності без порушення пористої структури дозволила б вирішити проблему формування каталізаторів у вигляді зерен особливої форми, що знижує гідравлічний опір і полегшує доступ реакційної суміші до внутрішньої поверхні. Метали зазвичай наносять на носії із водних розчинів або суспензій шляхом просочення, адсорбції або іонного обміну, осадження або співосадження із наступним сушінням і окисною чи відновною обробкою. Використання в якості носія (каркасу) металу із високою хімічною стійкістю, наприклад, титану, дозволить створити електрокаталітичні матеріали, що можуть знайти своє застосування для виготовлення газодифузійних електродів та підвищити коефіцієнт перетворення різних редокс-форм в синтезі хімічних речовин.

Каталізатори на основі оксиду міді (II) знаходять дуже широке застосування в хімічній технології, зокрема, в конверсії CO до CO₂ в процесах очищення технологічних газових середовищ та з метою синтезу різних органічних сполук. Оксид міді, отриманий методом електрохімічного осадження, приблизно в 100 разів активніше і менше в діаметрі, ніж отриманий термічним методом, а сам метод отримання є набагато економічно вигіднішим за плазмохімічний метод.

В якості основи каталізатору використовували порошок титану марки ПТЕМ фракції 0,05 – 0,1 мм з питомою поверхнею 1,5 дм²/г. Для видалення природної оксидної плівки та забезпечення зчеплення з нанесеним покриттям титан піддавали гідридній обробці в розчині складу «H₂SO₄ (1,84 г/см³) 65 %об.+ HCl (1,19 г/см³) 35 %об.» впродовж 90 хв. На

підготовлену поверхню проводили осадження шару гальванічної міді (товщиною 40 мкм) зі стандартного сульфатного електроліту міднення. Окисдування мідного шару проводили електрохімічним методом в розчині КОН 150...200 г/дм³ за густини струму 1 А/дм² та температури 90°C впродовж 30 хв.

Для дослідження використовували електроди, виконані пресуванням вихідних порошків з кінцевим зусиллям стискання 10 т. Дослідження електрокаталітичних властивостей отриманого матеріалу проводили методом аналізу анодних поляризаційних кривих. В якості електроліту використовували 1н NaOH; електрод порівняння застосовували ртутно-оксидний електрод, допоміжний електрод – платиновий.

Отримані результати (Рисунок) вказують на високу інертність та низькі електрокаталітичні властивості вихідної титанової основи (крива 1). Наявність шару міді на поверхні титанового каркасу дозволяє значно підвищити швидкість виділення перебігу процесів виділення кисню (крива 2), хоча і супроводжується деякими втратами мідного шару в результаті його електрохімічного окиснення в діапазоні потенціалів від -0,2 В до +0,4 В із переходом в розчин сполук міді. Використання як електрокаталітичного матеріалу порошку міді, що пройшов попередню стадію електрохімічного окиснення, дозволяє ще більше підвищити струм окисних процесів (крива 3) та зменшити потенціал початку виділення кисню до +0,55 В порівняно із +0,75 В для матеріалу без попереднього окиснення міді.

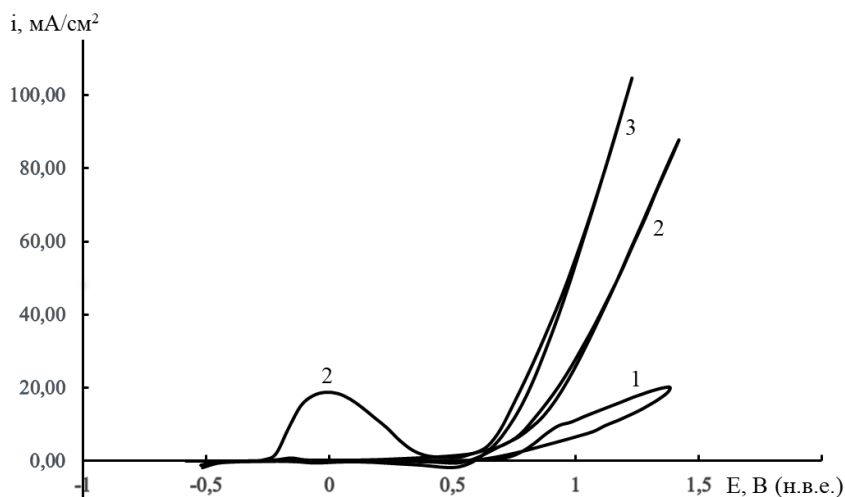


Рисунок – Анодні поляризаційні криві на пресованих електродах з порошків титану (1), Ti-Cu (2) та Ti-CuO (3) в 1 н розчині NaOH.

Швидкість розгортки потенціалу 1 мВ/с

Таким чином, отримані результати свідчать про високу ефективність отриманих матеріалів в процесах окиснення за участю кисню.

ГНУЧКІ ПОЛІВІНІЛІДЕНФТОРИДНІ СЕПАРАТОРИ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ

Патлун Д.В., Хоменко В.Г., Барсуков В.З.

e-mail: dimapatlun@gmail.com, v.khomenko@i.ua, v-barsukov@i.ua

*Київський національний університет технологій та дизайну,
Україна, Київ*

Супер конденсатори широко використовуються для зберігання електричного заряду з високою питомою потужністю та мають тривалий режим роботи у порівнянні з іншими енергозберігаючими пристроями. Останнім часом з'явився великий інтерес до заміни в суперконденсаторах водних і органічних електролітів на іонні рідини, завдяки чому можна досягти збільшення робочої напруги і, отже, високої питомої енергії. Використання іонних рідин дозволить подолати багато недоліків звичайних електролітів, таких як вузькі значення робочих потенціалів, летючість і, особливо, горючість. Однак, іонні рідини мають дуже високу в'язкість у порівнянні з органічними розчинниками та водними середовищами. Це викликає збільшення іонного опору через погане поглинання електроліту сепаратором. Іонна провідність є одним із основних параметрів, що впливає на електрохімічні характеристики суперконденсаторів.

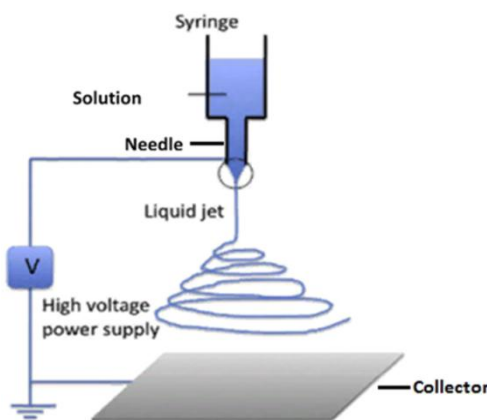


Рисунок 1. Принципова схема методики отримання сепаратору ПВДФ за допомогою електроспінінгування

В цій роботі було обрано гнучкі сепаратори із полівініліденфториду (ПВДФ), щоб оцінити їх вплив на питому енергію комірки. Матеріали були виготовлені методом електроспінінгу з використанням саморобного пристрою (рис.1.) , що складається з високовольтного джерела живлення SL 50 P10/CE/230 (Spellman, Нью-Йорк, США), шприцевого дозатору KDS-200 (KD Scientific Inc., Массачусетс, США), скляного шприцу, що містить розчин полімеру, голку з тупими кінцями з нержавіючої сталі (внутрішній діаметр 0,51 мм, Hamilton, Бонадуз, Швейцарія), з'єднану з електродом

живлення та заземленим алюмінієвим колектором. Розчин полімеру подавався зі швидкістю $1,2 \text{ мл} \cdot \text{год}^{-1}$, голка розташовувалась на відстані 23 см від колектора, до якого прикладали напругу 17 кВ. Сепаратор з ПВДФ готували з 18% (мас./об.) розчину ПВДФ у середовищі ацетаміду та диметилформаміду (60:40). Електроспінінгування проводили при кімнатній температурі та відносній вологості в діапазоні 40-50%. Товщина мембрани становила близько 70 мкм.

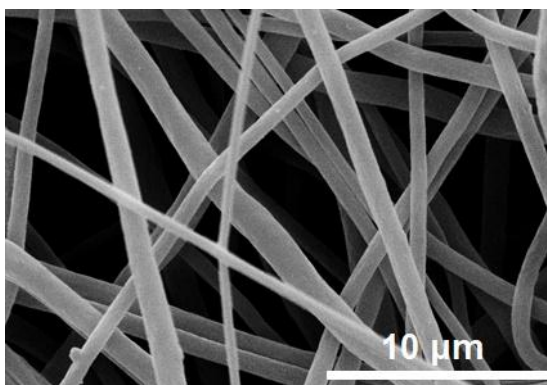


Рисунок 2. Структура нановолокон матеріалу на основі ПВДФ отримана за допомогою СЕМ ((LeicaCambridgeStereoscan 360)

Морфологічні характеристики отримані за допомогою скануючої електронної мікроскопії показують, що нанорозмірні волокнисті структури матеріалу ПВДФ мають діапазон діаметрів $720 \pm 180 \text{ нм}$. Розподіл діаметрів волокон визначали шляхом вимірювання приблизно 300 зразків. Високопориста структура сепараторів із ПВДФ (рис. 2) покращує поглинання електроліту та змочування поверхні, що знижує опір та підвищує ефективність сепаратору в порівнянні з комерційним зразком компанії Celgard.

Перед збиранням суперконденсаторів отримані сепаратори (та контрольний зразок комерційного сепаратору Celgard 2400) були повністю змочені іонною рідиною N-алкіл-N-бутилпіролідин біс(тріфлуорометилсульфоніл)імід (Pyr14TFSI). З діаграми Найтвіста було визначено значення іонного опору 4,5 Ом для сепаратору з ПВДФ, та 48,6 Ом для Celgard 2400 відповідно. Високе значення опору для останнього пов'язане з поганим змочуванням матеріалу такого сепаратора іонною рідиною. Таким чином, сепаратор з ПВДФ продемонстрував кращу змочуваність електролітом і в 10 разів менший іонний опір. В результаті це дає можливість використовувати у якості електроліту для суперконденсаторів іонні рідини, що суттєво покращує їх експлуатаційні характеристики.

ОСОБЛИВОСТІ ІММОБІЛІЗАЦІЇ БІЛКОВИХ РЕЧОВИН ТА ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПОВЕРХНІ НАНОРОЗМІРНОГО МАГНЕТИТУ

Перехристюк М.М., Маринич Н.С., Кусяк Н.В.

e-mail: ptm3162-l34@nvmk.org.ua

*Житомирський державний університет ім. І.Франка,
Житомир, Україна*

Оптимізація методів синтезу нанокompозитних матеріалів з метою створення новітніх біосумісних вискоефективних нанорозмірних носіїв для спрямованого транспорту лікарських препаратів є одним із пріоритетних напрямків сучасного медико-біологічного матеріалознавства. Зокрема на основі наночастинок можна одержати особливі структури для стабілізації білкових речовин завдяки своїм розмірам і великій площі поверхні, а модифікування поверхні таких частинок дозволяє отримати матеріали з необхідними показниками та властивостями.

Серед сучасних матеріалів важливе місце належить нанокompозитам на основі магнетиту [1]. Перспективним на сьогодні залишається пошук нових методів модифікування наночастинок магнетиту для покращення іммобілізації білкових речовин. Так, автори [2] вперше підготували нову гумінову кислоту на основі наночастинок магнетиту. Дослідження зв'язування з білками, які оцінювали в періодичному режимі, показали, що отриманий матеріал можна ефективно використовувати як субстрат для зв'язування людського сироваткового альбуміну з водними розчинами. Також, виявилось, що ємність наночастинок магнетиту значно покращилась за рахунок іммобілізації гуміною кислотою. Авторами [3] було досліджено вплив полікарбоксилатної оболонки наночастинок магнетиту на утворення білка корони в плазмі крові. Встановлено, що білок корони плазми людини не може стабілізувати немодифіковані та покриті цитратом наночастинок магнетиту, а вже покриті полікарбоною кислотою наночастинок магнетиту, добре стабілізуються за допомогою білка. В роботах [4] були також синтезовані гібриди магнетиту-хітину та магнетиту-лігніну, які можна використовувати для ефективної іммобілізації трипсину шляхом адсорбції. Встановлено, що системи магнетит-лігнін + трипсин та магнетит-хітин + трипсин мають гарну стабільність при зберіганні та багаторазовому використанні. Досліджено кінетичні параметри вільного та іммобілізованого ферменту.

Простий метод синтезу функціональних магнітних наночастинок Fe_3O_4 , кон'югованих з білком глутарової кислоти, що мають покращену колоїдну стабільність у різних середовищах (вода, фосфатний буферний розчин, середовище для культури клітин) та ефективність нагрівання розроблено в роботі [5]. Також іммобілізовані структури проявляли суперпарамагнетизм при кімнатній температурі з хорошою чутливістю до

зовнішнього магнітного поля. Крім того, вони є біосумісними з нормальними клітинами і продемонстрували значну клітинну інтерналізацію в ракових клітинах, що свідчить про їх потенційне застосування в терапії при гіпертермії.

Сольвотермальний метод дозволив синтезувати монодисперсні наносфери магнетиту з типовими мезопористими структурами та суперпарамагнітними характеристиками [6]. Для детального дослідження морфології, мікроструктури, складу та властивостей підготовлених наносфер Fe_3O_4 були застосовані різні фізико-хімічні методи. Так, встановлено, що мезопористі наносфери магнетиту можуть бути використані як потенційний носій протипухлинних препаратів для гідрохлориду доксорубіцину. Зокрема було досліджено здатність до іммобілізації препарату та поведінку десорбованого лікарського засобу *in vitro* у фосфатно-буферних розчинах при різних значеннях pH (4,0, 5,5 та 7,4). Результати показали, що розроблена система доставки ліків на основі мезопористих наносфер Fe_3O_4 продемонструвала високу здатність до іммобілізації ліків і поведінку контрольованого вивільнення ліків. Для активації доксорубіцину гідрохлориду використовували яблучну кислоту як пасивуючий агент для створення біосумісних, високодиспергованих у воді магнітних наноносіїв [7]. При проведенні різних методів дослідження вони показали хорошу водну колоїдну стабільність, pH-залежні характеристики поверхневого заряду та суперпарамагнітну поведінку при кімнатній температурі. Була запропонована магнітна композиція для контрольованого вивільнення ліків з поверхнею, що диспергується у воді, чутливого до pH та ефективного джерела тепла при гіпертермії.

В даний час потреба в пошуках нових методів модифікації для отримання біосумісних магнітних наночастинок для іммобілізації білкових речовин та лікарських препаратів залишається актуальною.

Список використаної літератури

1. Kussyak, A., Kussyak, N., Storozhuk, L. et al. (2020) Study of the adsorption activity of Fe_3O_4 synthesized by the solvothermal method in relation to doxorubicin // *Appl. Nanosci.* – 2020. – 10. – P.4923-4930.
2. Bayrakcia, M., Gezicib, O., Basc, S. Z., Ozmenc, M., Maltasc E. (2014) Novel humic acid-bonded magnetite nanoparticles for protein immobilization *Mater. Sci. Eng.*: 42:546-552.
3. M. Szekeres, I. Y. Tótha, R. Turcub, E. Tombácsa (2017) The effect of polycarboxylate shell of magnetite nanoparticles on protein corona formation in blood plasma // *J. Magn. Magn.* – 427. – P.95-99.
4. J. Zdartaa, K. Anteckaa, A. Jędrzaka, K. Synoradzki, M. Łuczakad, T. Jesionowskia (2018) Biopolymers conjugated with magnetite as support

materials for trypsin immobilization and protein digestion // Colloid surface B. – 169, – P.118-125.

5. Gawali S.L., Shelar S.B., Gupta J., Barick K.C., Hassan P.A. (2021) Immobilization of protein on Fe₃O₄ nanoparticles for magnetic hyperthermia application // Int. J. Biol. – 166. – P.851-860.

6. Wang F., Geng J., Qi X., Zhang P., Zhang H., He X., Li Z., Yu R., Li J., Li B., Wangb G. (2021) Facile solvothermal synthesis of monodisperse superparamagnetic mesoporous Fe₃O₄ nanospheres for pH-responsive controlled drug delivery // Colloids and Surfaces A. – 622. – 126643.

7. Dutta B., Checker S., Baricka K.C., Salunke H.G., Gota V., Hassan P.A. (2021) Malic acid grafted Fe₃O₄ nanoparticles for controlled drug delivery and efficient heating source for hyperthermia therapy // J. Alloys Compd. – 883. – 160950.

**ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТА
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ
МОДИФІКУВАННЯ ПРИРОДНОГО КЛИНОПТИЛОЛІТУ
МАНГАНУ(IV) ОКСИДОМ**

Пиріг Ма.А., Зінь О.І., Знак З.О.

*Національний університет «Львівська політехніка»
Україна, Львів*

Застосування так званих концентрованих енергетичних впливів на реакційні системи дає змогу суттєво інтенсифікувати перебіг хіміко-технологічних процесів, а отже, суттєво покращити їх техніко-економічні показники. До таких впливів належать, зокрема, акустичні коливання, зокрема, ультразвукового (УЗ) діапазону, та електромагнітні випромінювання (ЕМВ)[1]. Наприклад, застосування УЗ-випромінювання забезпечило суттєве скорочення тривалості модифікування природного клиноптилоліту іонами срібла [2]. ЕМВ надвисокочастотного (НВЧ) діапазону сприяють ефективному поглинанню енергії в об'ємі матеріалу, який оброблюють [3]. Тому значну цікавість викликала можливість застосування зазначених видів випромінювань для модифікування природного клиноптилоліту високо дисперсними частинками MnO_2 .

Мангану(IV) оксид володіє окисними властивостями, завдяки чому його часто використовують у технологіях водопідготовки для очищення природних вод від іонів заліза(II), мангану(II), сірководню та інших сполук з відновними властивостями. Для збільшення ефективності водоочисних установок частинки MnO_2 наносять на поверхню носія. Застосування як носія природного клиноптилоліту, що володіє високою сорбційною здатністю та розвинутою поверхнею, дає змогу ще й очищувати воду від високодисперсних та колоїдних частинок, іонів важких металів тощо.

Здебільшого частинки MnO_2 осаджують на поверхні інертного носія окисненням іонів мангану(II), наприклад, з його хлоридів чи сульфатів, калію перманганатом, застосування якого обмежене через приналежність до групи прекурсорів.

Мета роботи полягала у встановленні можливості застосування ультразвукових та електромагнітних випромінювань для контрольованого насичення клиноптилоліту іонами мангану(II) та ефективного їх перетворення на високо дисперсні частинки MnO_2 .

Поставлене завдання вирішували комплексно: по-перше, застосуванням як реагенту мангану(II) нітрату; по-друге, насичення частинок клиноптилоліту реагентом під дією УЗ-випромінювання, по-третє, розкладом мангану(II) нітрату до MnO_2 під дією ЕМВ НВЧ-діапазону.

Сірководень у вигляді гідрогенсульфід-іонів здатний дифундуватинавіть у мікропорах клиноптилоліту, тому необхідно забезпечити утворення каталітично активних частинок MnO_2 ще й в об'ємі його пор. Тому для пришвидшення дифузії іонів Mn^{2+} у внутрішню сферу частинок цеоліту та збільшення ступеня її насичення цими іонами клиноптилоліт модифікували під дією УЗ-випромінювання (частота 20 кГц, потужність 8...12,5 Вт). Впродовж цього процесу відбувається глибока десорбція повітря із пор клиноптилоліту (рис. 1), що сприяло збільшенню ступеня сорбції іонів мангану(II) з розчину модифікування.

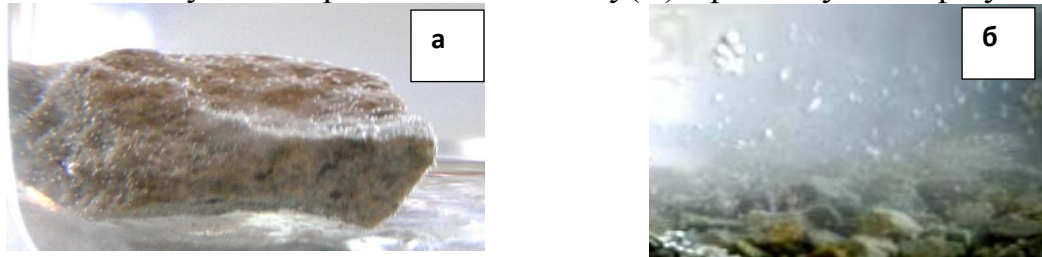


Рисунок 1. Перебіг десорбції повітря з частинок клиноптилоліту:

- а) мікробульбашки на поверхні частинки;
- б) інтенсивна десорбція повітря

Застосування випромінювання УЗ-діапазону забезпечили збільшення вмісту іонів Mn(II) у клиноптилоліті фракції 2,0...2,5 мм на 20...27 % порівняно з модифікуванням за механічного перемішування у турбулентному режимі, а також суттєвого зменшення тривалості процесу до 3...5 хв (2...3 год за перемішування). Вміст іонів мангану(II) у клиноптилоліті опосередковано визначали за зменшенням їх концентрації у розчині модифікування.

Модифікований іонами мангану(II) клиноптилоліт обробляли НВЧ-випромінюванням з частотою 2,45 ГГц в діапазоні потужності 150...500 Вт. Встановлено, що утворення MnO_2 відбувається за потужності НВЧ-випромінювання не менше 250 Вт (за умов досліджень). Це може свідчити про наявність певного порогового значення енергії, необхідного для розкладу мангану(II) нітрату.

Вміст мангану у зразках клиноптилоліту та морфологію осажденного MnO_2 визначали енергодисперсійним мікрорентгеноспектральним аналізом (EDX) із використанням приладу INCA Energy 350, що інтегрований в систему сканувального електронного мікроскопа Zeiss EVO-40XVP. Встановлено, що вміст Mn у зразку, модифікованому під дією УЗ-випромінювання, дорівнював 56 % мас. (рис. 2). Водночас у цьому зразку вміст обмінних катіонів K , Mn та Ca змінюється незначно, тоді як Na , який, очевидно, бере участь в іонному обміні, не виявлено. Отже, іони мангану здебільшого сорбуються клиноптилолітом у вигляді мангану нітрату, а роль іонообмінних процесів є незначною. За меншого вмісту мангану (1,86...4,34 % мас.) у клиноптилоліті вміст обмінних катіонів практично дорівнює початковому.

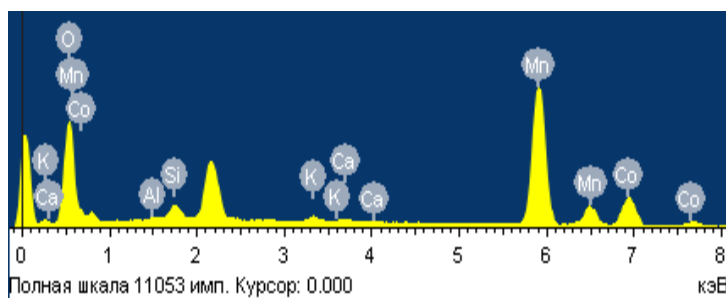


Рисунок 2. EDX поверхні модифікованого клинцитоліту:
Вміст, % мас.:
Na – 0; K – 0,74;
Ca – 0,24; Mg – 0,89

Початкове співвідношення Mn^{2+} :клинцитоліт під час модифікування суттєво впливає на морфологію поверхні осажденного MnO_2 . До вмісту в модифікованому клинцитоліті мангану 20...30 % (залежно від умов) формується поруватий осад з частинок MnO_2 (рис. 3а). При цьому сорбційна ємність клинцитоліту зменшується всього на 5...10 %. Збільшення вказаного співвідношення понад 50 призводить до утворення практично суцільного шару, що блокує пори цеоліту й спричиняє різке зменшення його сорбційної здатності (рис. 3б).

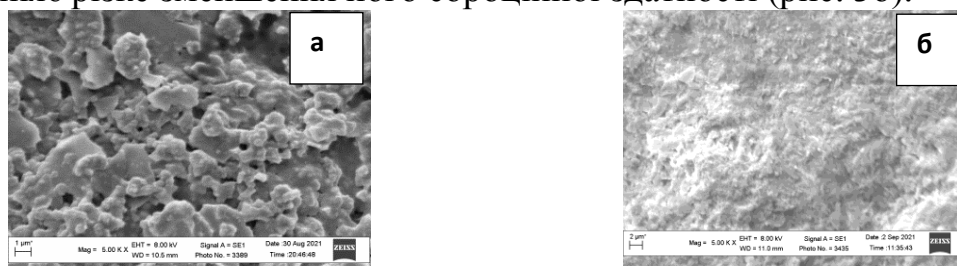


Рисунок 3. СЕМ поверхні клинцитоліту з MnO_2 за вмісту Mn у клинцитоліті, % мас.: а) 24; б) 56

Отримані результати переконливо свідчать про перспективність модифікування клинцитолітом мангану(IV) оксидом з використанням УЗ- та електромагнітних випромінювань.

Список використаної літератури

1. З.О. Знак, А.Б. Гелеш. Інноваційні процеси у хімічних технологіях. Частина I.: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 208 с.

2. Z. Znak, O. Zin, A. Mashtaler, S. Korniy, Yu. Sukhatskiy, Parag R. Gogate, R. Mnykh, Pooja Thanekar. Improved modification of clinoptilolite with silver using ultrasonic radiation. // Ultrasonics Sonochemistry. Volume 73, May 2021, 105496.

3. Грабаровська А.С., Знак З.О., Оленич Р.Р. Дослідження активування природного клинцитоліту надвисокочастотними електромагнітними випромінюваннями / Chemistry, Technology and Application of Substances / Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2018. Т 1. №2. – С. 21–26.

**ТЕРМОДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ
ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД
ТРИКОМПОНЕНТНОЇ СИСТЕМИ ТИТАН-ЗАЛІЗО-АЛЮМІНІЙ**

Пройдак Ю.С., Мянговська Я.В., Камкіна Л.В., Безшкurenко О.Г.

e-mail:projdak@metal.nmetau.edu.ua; mianovska.yana@gmail.com;

lydmila_kamkina@ukr.net; albezshkurenko@gmail.com

*ДВНЗ «Український державний університет науки і технологій»,
Україна, Дніпро*

Конструкційний матеріал з високим рівнем фізико-механічних властивостей, стійкістю проти корозії, високотемпературної втоми є необхідним матеріалом для виробництва машин та механізмів, які працюють в умовах підвищених навантажень, температур, тисків. Таким матеріалом є клас легованих сталей. Легуючі хімічні елементи у складі феросплавів при введенні в сталі забезпечують утворення в структурі сталей інтерметалідних сполук, які підвищують рівень міцності, пружності матеріалу, пластичності.

Титан має високу реакційну здатність, тому для його виробництва використовують вакуумні процеси для запобігання взаємодії розплаву або нагрітої заготовки з повітряною атмосферою. Альтернативним методом одержання феротитану є позапічна технологія алюмотермічного відновлення ільменітового концентрату [1]. Для розробки науково-обґрунтованого вибору температурних умов та експериментального випробування позапічної технології алюмотермічного відновлення ільменітового концентрату застосовано методику термодинамічних розрахунків.

Основною сировиною для виробництва феротитану є ільменітовий концентрат, який отримують збагаченням титаномagnetитів. Україна має багаті сировинні ресурси, придатні для отримання чистого титану, а також металотермічного виробництва феротитану з вмістом титану 35-50%. Для вивчення впливу різних змінних на хімічну систему, що знаходиться в рівновазі, використовували програму Outokumpu HSC Chemistry[2] та розраховували змінення енергії Гіббса для реакцій у системі Ti-Fe-Al при температурі 2173,15K. Фази системи, які стабільні за різних температурних умов існування, наведено рис. 1.

Як впливає з діаграми, при високих вмістах заліза в системі (судячи з парціального тиску її пари) найбільш стабільним є з'єднання Fe_2Ti , оскільки область його існування поширюється на весь розглянутий діапазон температур і парціального тиску заліза. При зменшенні вмісту заліза (парціального тиску його парів) в низькотемпературній області утворюються інтерметалідні сполуки Al_3Ti в інтервалі температур 293-693 K і $AlTi$ в інтервалі 693-753 K. У високотемпературній області при низькому парціальному тиску заліза і прийнятому парціальному тиску -

чистий титан. Причому з підвищенням температури область його стабільності розширюється.

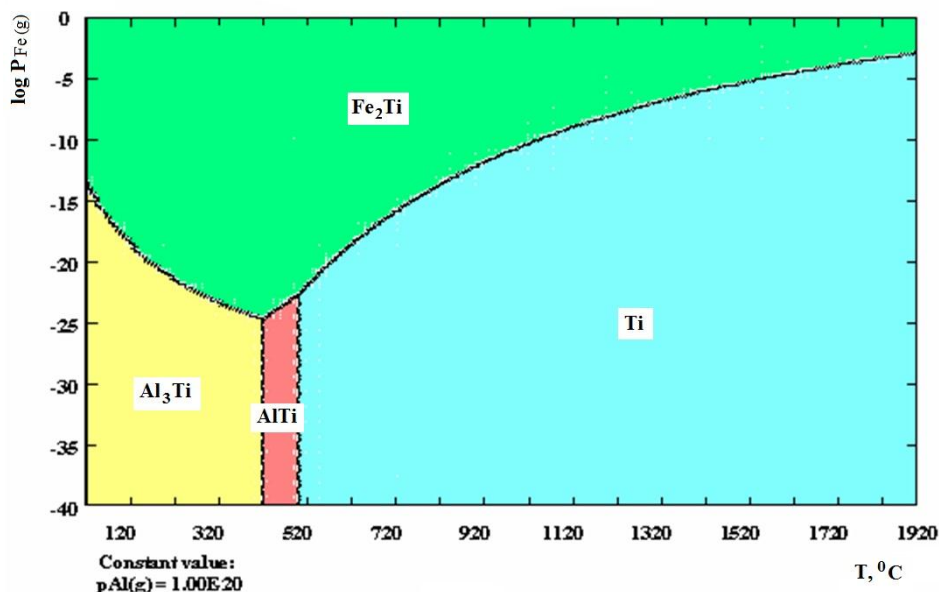


Рисунок 1. Діаграма фазової стабільності трикомпонентної системи Ti-Fe-Al

З проведених розрахунків можна дійти невтішного висновку у тому, що за високому вмісті титану в усьому температурному діапазоні велика кількість міститься у незв'язаному вигляді (активність дорівнює одиниці). У той же час відомо, що титан є надзвичайно активним елементом, здатним реагувати як з киснем, так і азотом повітря. Отже, перебуваючи у складі сплаву у вільному стані, він схильний до окислення при контакті з атмосферою. Саме з цієї причини для виплавки високовідсоткового якісного (з низьким вмістом газу) феротитану використовують спеціальні печі із захисною газовою атмосферою або вакуумні.

Навпаки, феротитан марки ФТі-35, зважаючи на те, що титан у ньому пов'язаний у стійку в широкому діапазоні температур і концентрацій сполуку Fe₂Ti, може бути отриманий пропонованим нами способом – позапічним алюмотермічним відновленням з концентрату ільменіту.

Список використаної літератури

1. Жукова А.А., Подболотов К.Б., Изюмов А.А., Петренко В.В. Получение ферротитана методом алюмотермического синтеза из отходов металлургической промышленности. // *Литье и металлургия*. 2017; (3):64-69. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2017-3-64-69>

2. In-Ho Jung, Marie-Aline Van Ende. Computational Thermodynamic Calculations: FactSage from CALPHAD Thermodynamic Database to Virtual Process Simulation. // *Metallurgical and Materials Transactions*. 2020. В 51(5).

DOI:10.1007/s11663-020-01908-7

КЕРАМІЧНІ МЕМБРАНИ (МАТРИЦІ) НА ОСНОВІ КАОЛІНУ

Сергієнко А.О., Корсуновська М.Д., Косогіна І.В., Донцова Т.А.

e-mail: allasergienko706@gmail.com

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Україна, Київ

В даний час у практиці водоочищення широке застосування знаходять мембранні технології, які дозволяють одночасно очищувати воду від органічних і неорганічних компонентів, бактерій, вірусів та інших забруднень. Як мембрани в промисловості застосовують пористі органічні та неорганічні матеріали, серед яких керамічні мембрани мають високу міцність, термічну і хімічну стійкість, що обумовлює їх перспективність для застосування в практиці водоочищення.

Керамічні мембрани (матриці), які використовуються в баромембранних процесах, характеризуються питомою продуктивністю (проникністю) та пористістю. Остання є важливою характеристикою, оскільки гідродинамічна проникність мембрани тим вища, чим більша її пористість. Окрім цього, отримання мембран з визначеним та контрольованим розміром пор, дозволяє прогнозувати селективність та проникність мембрани. Тому, дослідження структурно-сорбційних та пористих характеристик є першочерговим завданням при синтезі керамічних мембран.

Матриці керамічних мембран (2 зразка) готували методом сухого пресування з подальшим спіканням. Зразки керамічних матриць містили 60 % каоліну, 10 % сапоніту, 10 % Na_2SiO_3 та 20 % пороутворювача. Для зразку КМ-8т1 як пороутворювач було використано CaCO_3 , а для зразку КМ-8т3 – $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Для цього вихідну сировину подрібнювали, змішували та засипали у прес-форму діаметром 2,2 см. Після чого ручним гідравлічним пресуванням (8 тонн тиску) одержували круглі керамічні таблетки. Сформовані таблетки прожарювали за температури 950°C . Термообробку проводили в середовищі повітря у високотемпературній муфельній печі зі швидкістю нагріву $1-5^\circ\text{C}/\text{хв}$. Одержані таким чином керамічні матриці досліджували дифракційним методом аналізу, методом адсорбції газу з ізотерми адсорбції газу на сорбтометрі та визначали водопоглинання, уявну густину та пористість.

На рисунку 1 наведено рентгенограму зразку матриці КМ-8т1. Зразок КМ-8т1 був ідентифікований як суміш каолініту $\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$ і силікату кальцію та алюмінію з розмірами кристалітів 22 нм.

В таблиці 1 представлено структурно-адсорбційні характеристики обох зразків. Отримані ізотерми для цих зразків були увігнутими щодо осі p/p_0 на всій відстані, які вказують на те, що вони відносяться до III типу, тобто є макропористими або непористими з невеликою мезопористістю.

Як можна бачити з даних, що наведені в таблиці 1, зразки мембран характеризуються невисокою питомою площею поверхні.

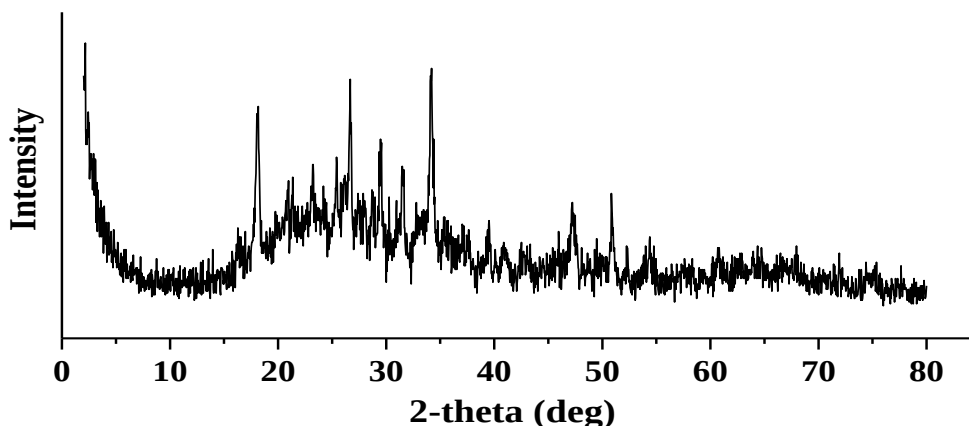


Рисунок 1 – Рентгенограма керамічної матриці KM-8т1

Основні характеристики керамічних матриць – водопоглинання, уявна густина, загальна та відкрита пористість наведені в таблиці 2.

Таблиця 1 – Структурно-адсорбційні характеристики зразків матриць керамічних мембран

Параметри	KM-8т1	KM-8т3
$S_{\text{пит}}, \text{м}^2/\text{г}$ (БЕТ)	3,7	5,6
V мезопор, $\text{см}^3/\text{г}$	0,858	1,276

Представлені в таблиці 2 дані свідчать про те, що при однаковому вмісті пороутворювача (карбонату кальцію в KM-8т1 та карбонату амонію в KM-8т3) в вихідній суміші для синтезу керамічних матриць вищу загальну пористість має зразок KM-8т1 (51,7 %) у порівнянні з зразком KM-8т3 (39,5 %). При цьому відкрита пористість обох зразків відрізняється не суттєво і становить 22,8 % для KM-8т1 та 18,8 % для KM-8т3 відповідно.

Таблиця 2 – Основні характеристики керамічних матриць

Зразки	Водопогли- нання, $W_{\text{пог}}, \%$	Густина уявна, , $\text{г}/\text{см}^3$	Відкрита пористість $P_{\text{відк}}, \%$	Загальна пористість $P_{\text{заг}}, \%$
KM-8т1	11,6	1,97	22,83	51,70
KM-8т3	9,3	2,03	18,85	39,51

Отже, результати досліджень свідчать про перспективність створення керамічних матриць на основі каоліну для мембранних технологій.

Подяка. Дякуємо Національному фонду досліджень України «Підтримка досліджень провідних та молодих науковців», в рамках якого виконано представлені дослідження (реєстраційний номер проекту 2020.02/0024).

СИНТЕЗ І ВЛАСТИВОСТІ ПОХІДНИХ ПОЛІГУАНІДИНІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Бусигіна М.В., Гевод В.С., Курінна Н.С., Смотраєв Р.В., Янова К.В.
e-mail:gevodvs@gmail.com, smotr00@gmail.com,
yanovakarolina@gmail.com

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

Як відомо [1], полігуанідини знаходять широке застосування у різних галузях промисловості, зокрема, в якості антисептичних препаратів, комплексоутворювачів, флокулянтів, гальванічних добавок, промоторів адгезії гум, текстильно-допоміжних матеріалів та ін. Завдяки присутності в основному ланцюзі гуанідинових груп, полімери даного типу виявляють властивості катіонних поліелектролітів та є досить реакційноздатними реагентами.

Найбільш відомим представником препаратів полігуанідинового ряду є полігексаметиленгуанідингідрохлорид (ПГМГ-ГХ), який завдяки своїм біоцидним, токсикологічним та фізико-хімічним властивостям широко використовується в системах очищення води.

З метою розширення асортименту полігуанідинів представляє інтерес синтез поліфункціональних похідних ПГМГ, які містять одночасно основні та кислотні групи у ланцюзі, та вивчення їх фізико-хімічних властивостей. Введення в елементарну ланку карбоксильних груп призводить до утворення структур «бетаїнової» будови, надає полігуанідинам амфолітні властивості та визначає перспективу їх подальшого використання.

Карбоксиловмісні похідні ПГМГ-ГХ були синтезовані шляхом «прямого» карбоксиметилювання ПГМГ-ГХ (М.м.~10000) моноклороцтовою кислотою (МХОК) в оптимальних умовах при співвідношенні реагуючих компонентів: на 1 ланку ПГМГ (0,1÷0,5) моль модифікуючого агента.

Структуру одержаних полімерів було підтверджено за допомогою ІЧ-спектроскопії. Для всіх синтезованих продуктів спостерігається збільшення характеристичної смуги поглинання в області 1080-1230 см^{-1} , яка характерна для валентних коливань зв'язку C-N, що свідчить про проходження реакції заміщення по >NH-групі. Крім того, присутні характеристичні смуги в області 1750-1765 см^{-1} , які відповідають валентним коливанням групи >C=O.

На основі результатів потенціометричного титрування були виконані відповідні розрахунки кількісного вмісту карбоксильних груп в одержаних полімерних похідних, які практично співпадають з теоретичними розрахунками.

Для визначення величин приведеної в'язкості ($\eta_{\text{прив}}$) синтезованих полімерів були проведені віскозиметричні дослідження. Одержані

результати показали, що зі збільшенням ступеню карбоксиметилювання полімерних продуктів відповідно спостерігається зростання показника приведеної в'язкості ($\eta_{\text{прив}}=0,064\div 0,068$), який корелює з молекулярною масою синтезованих полімерів.

Одна з характерних особливостей водних розчинів йоногенних полімерів виявляється в аномальній залежності показника приведеної в'язкості від концентрації, яка виявляється в збільшенні величин $\eta_{\text{прив}}$ в області малих концентрацій. Тому було проведено вивчення концентраційних залежностей приведеної в'язкості розведених водних розчинів синтезованих карбоксиметильованих похідних ПГМГ-ГХ в інтервалі концентрацій $0,001\div 0,1$ г/л.

Результати дослідження показали, що концентраційні залежності приведеної в'язкості ($\eta_{\text{прив}}-C$) проходять через максимум та мають аномальний, криволінійний характер, який властивий всім поліелектролітам. Різке зростання $\eta_{\text{прив}}$ спостерігається в інтервалі концентрацій $0,001\div 0,005$ г/л та призводить практично до 10-ти кратного збільшення відповідного показника.

Слід відзначити, що зі збільшенням ступеню карбоксиметилювання ($0,1\div 0,5$) для синтезованих похідних ПГМГ-ГХ, спостерігається значне зниження величин максимумів приведеної в'язкості (зокрема, з $\eta_{\text{прив}}=198,24$ до $\eta_{\text{прив}}=65,82$ відповідно), що можна пояснити підвищенням конформаційної жорсткості ланцюга в ряду одержаних полімерів.

З метою вивчення можливості подальшого використання карбоксиметильованих похідних ПГМГ-ГХ в якості флокулянтів, було проведено дослідження їх ефективності при очистці води від барвників методом коагуляції.

Ефективність флокулянтів досліджували на модельній воді що містила визначений барвник у кількості 10 мг/л. Досліджувані барвники: конго червоний (КЧ); брильянтовий зелений (БЗ); хромовий темно-синій (ХТС); фуксин (Ф). Дози флокулянтів 1,25-12,25 мг/л. Досліджено видалення кольоровості. Для порівняння був використаний промисловий коагулянт: РАХ-18 - основність 41% (Kemira, Швеція).

Встановлено, що флокулянти на основі ПГМГ-ГХ та його похідних ефективно видаляють кольоровість у розчинах барвників аніонного типу – КЧ та ХТС (ступінь очищення близько 95%) навіть при низьких дозах коагулянтів (2,25 мг/л для КЧ (рис.1а)) і мають ефективність більшу ніж промисловий коагулянт на основі алюмінію (у випадку із ХТС). При цьому найбільш ефективним є флокулянт без модифікації монохлороцтовою кислотою. Збільшення кількості молей МХОК у молекулярній ланці ПГМГ-ГХ приводить до суттєвого зменшення ступеню видалення кольоровості у випадку видалення ХТС з води у всьому досліджуваному діапазоні доз; у випадку з КЧ – тільки для діапазону 1,25-3,75 мг/л. Також

було встановлено, що збільшення кількості молей МХОК приводить до утворення флокул меншого розміру, чим при використанні чистого ПГМГ-ГХ, що також, приводить до зменшення ступеню очищення від домішок, який можна збільшити додатковим центрифугуванням, або фільтруванням.

При використанні ПГМГ-ГХ та його похідних (як і РАХ-18) для очищення води від БЗ (барвника катіонного типу) видалення барвника не спостерігалось (одержані значення ступеню очищення знаходяться у межах похибки експерименту). У випадку з фуксином ступінь очищення води досліджуваними флокулянтами не перевищує 7 % (рис.1б) і у досліджуваному діапазоні доз проходить через максимум при дозі 3,75 мг/л для ПГМГ-ГХ із ступенем карбоксиметилування більше 0,1. При використанні РАХ-18 спостерігається збільшення забарвленості розчину (що обумовлює негативне значення розрахункового ступеню очищення, тому результати на рисунку не наведено).

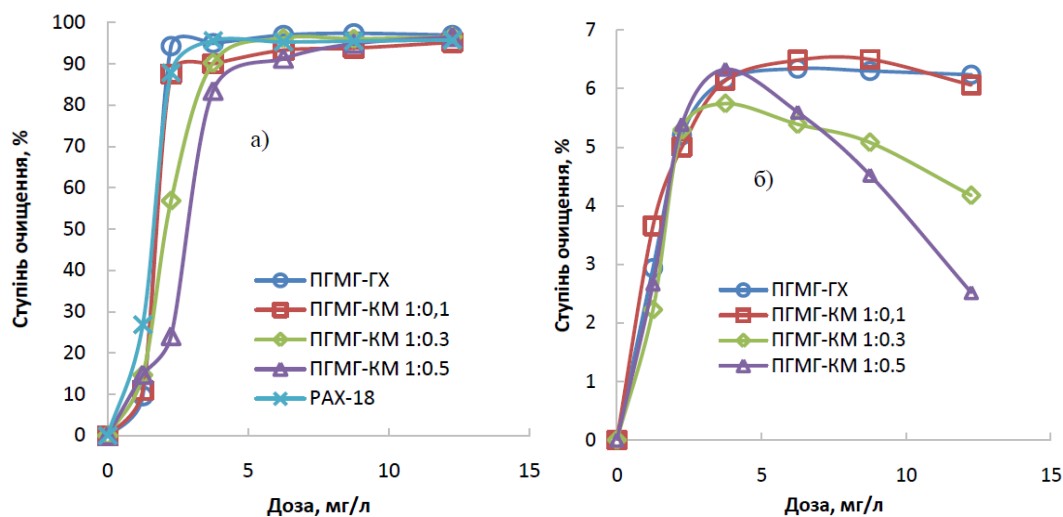


Рисунок 1 - Залежність ступеня очищення води від кольоровості від дози флокулянта: а – конго червоний; б – фуксин

Таким чином, шляхом «прямого» карбоксиметилування ПГМГ-ГХ монохлороцтовою кислотою були синтезовані карбоксиловмісні похідні ПГМГ-ГХ, досліджено їх структуру та в'язкість синтезованих полімерів та їх водних розчинів. ПГМГ-ГХ та синтезовані похідні є катіонними поліелектролітами, що обумовлює їх флокуляційні властивості при очищенні води від барвників аніонного типу. Модифікація ПГМГ-ГХ монохлороцтовою кислотою зменшує ефективність очищення від барвників аніонного типу, при цьому ефективність очищення від барвників катіонного типу залишається низькою.

Список використаної літератури

1. И.И. Воинцева, П.А.Гембицкий. Полигуанидины – дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционные материалы. – М.: «Издательство «ЛКМ-пресс». 2009. – 304с.

СТРАТЕГІЯ КОМБІНОВАНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ ВІД N-ЗАМІЩЕНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Сухацький Ю.В., Знак З.О., Дзюбінська В.А.

e-mail: yurii.v.sukhatskyi@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, Львів

Діяльність виробництв барвників, підприємств харчової, поліграфічної та фармацевтичної галузей промисловості супроводжується накопиченням у водних середовищах біорезистентних N-заміщених органічних сполук (моно-, ди- і тριαзобарвників; арилметанових барвників – аміноксантиєвих, оксазінів, тіазинів, азинів; фармацевтичних препаратів – жарознижувальних, антибактеріальних засобів, біостимуляторів). Структура молекул таких сполук є складною, розгалуженою і характеризується наявністю функційних груп та гетероатомів. Тому використання традиційних індивідуальних методів очищення водних середовищ від таких сполук є неефективним.

Для високоефективного високоінтенсивного очищення водних середовищ від резистентних щодо біодеградації N-заміщених органічних сполук авторами запропоновано стратегію комбінованого очищення. Суть такого очищення полягає у синтезі трьох складових – кавітації (акустичної або гідродинамічної), передових процесів окиснення на основі перйодатів/перкарбонатів/персульфатів/сульфітів та каталізаторів розкладу окиснювальних агентів. Кожна складова виконуватиме певні функції. Активованій кавітацією окисник буде основним джерелом реакційноздатних радикальних форм (не тільки гідроксильних радикалів, але й інших сполук з високим окиснювальним потенціалом – йодильних і перйодильних радикалів, атомарного і синглетного кисню; карбонатних і пероксидних радикалів, супероксидного аніона-радикала; сульфатних радикалів), каталізатор буде пришвидшувати розклад окисника, а кавітація підвищуватиме ймовірність взаємодії цих форм з молекулами N-заміщених органічних полютантів внаслідок інтенсифікації дифузійних явищ, тепло- і масоперенесення. Відомо, що сульфатні радикали, які утворюються внаслідок активації персульфатів та сульфітів, мають однаковий або й більший окисно-відновний потенціал (2,5...3,1 В), порівняно з гідроксильними радикалами, і володіють більшою тривалістю життя та селективністю, що важливо для мінералізації стійких сполук [1].

Використання як каталізаторів розкладу окисників і, відповідно, збільшення кількості та швидкості утворення високореакційноздатних радикальних форм d-елементів, зокрема у формі наночастинок, їх моно- та мультиоксидів, сульфідів та композитних матеріалів на основі цих сполук дасть змогу досягати високих ступенів мінералізації N-заміщених органічних забруднювачів води за менший, порівняно з індивідуальними

процесами очищення, період часу. Застосування одночасної дії 3-х факторів (кавітації, окисника та каталізатора його розкладу) забезпечить реалізацію практики “посиленого сонолізу” [2].

Модифікування поверхні природних алюмосилікатів (наприклад, цеолітів) наночастинками благородних металів, зокрема й під дією ультразвукової та низьконапірної гідродинамічної кавітації, сприятиме збільшенню їх сорбційної ємності, набуванню ними фотокаталітичних й антибактеріальних властивостей. Це забезпечить синхронний характер очищення водних середовищ та їх знезараження.

Схему, яка відображає суть стратегії комбінованого очищення водних середовищ від N-заміщених органічних сполук, наведено на рис.

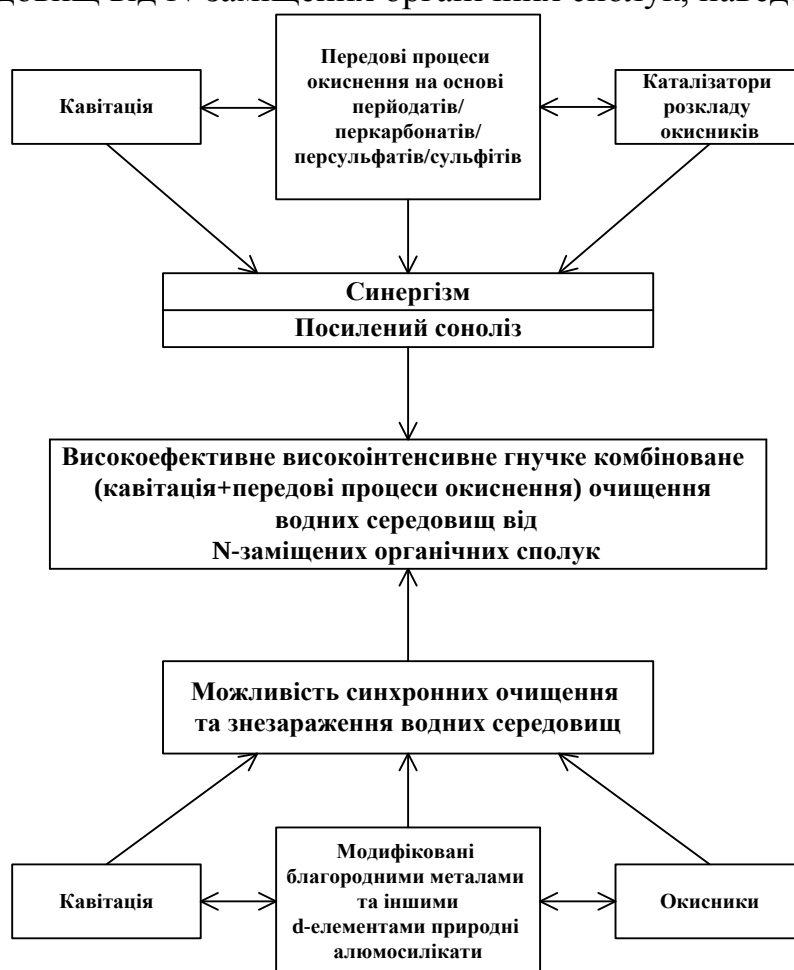


Рисунок Стратегія комбінованого очищення водних середовищ від N-заміщених органічних сполук

Список використаної літератури

1. Yang L., [et al.]. Review on ultrasound assisted persulfate degradation of organic contaminants in wastewater: Influences, mechanisms and prospective // Chem. Eng. J., 378, ID 122146, 2019, 9 p.
2. Wang C., [et al.]. Degradation and detoxicity of tetracycline by an enhanced sonolysis // Journal of Water and Environment Technology, 13, 4, 2015, 325-334.

ВОЛЬТ-АМПЕРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАРІВ ОКСИДУ ЦИНКУ, ОДЕРЖАНІ МЕТОДОМ ПОЛІМЕРНОГО ПРЕКУРСУРУ

Терешков М.В., Донцова Т.А., Янушевська О.І.

e-mail: termh@ukr.net, dontsova@ua.fm, l_rrr@ukr.net

Національний Технічний Університет України

«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»,

Україна, Київ

Напівпровідникові оксиди металів, такі як SnO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , ZrO_2 та ZnO знаходять широке застосування у виготовленні різного роду електродів, варисторів та газових сенсорів. Найбільше розповсюдження для виготовлення газових сенсорів, чутливих до CO , метану та парів спирту знайшли оксиди стануму та цинку у вигляді тонких чутливих шарів. Їх популярність у цих сферах застосувань легко пояснюється їх можливістю утворювати різноманітні наноструктури з унікальними фізико-хімічними властивостями [1].

Отримання чутливого шару ZnO можливо кількома методами – золь-гель методом, гідротермальним методом, методами металорганічного відкладення або термічного напилення, методом полімерного прекурсуру [1,2]. В даній роботі обраний останній метод, також відомий як процес Печіні (Pechini process), сутність якого полягає в утворенні хелатних комплексів необхідного металу шляхом розчинення його солі у суміші хелатуючого агенту (наприклад, лимонної кислоти чи ЕДТА) та багатоатомного спирту (етиленгліколь чи гліцерин) [3]. Отриманий розчин можна легко наносити на різноманітні субстрати для отримання плівок з контрольованою товщиною шару, яка залежить від в'язкості розчину. В процесі подальшої термічної обробки відбуваються процеси естерифікації, полімеризації та подальшого розкладання органічної складової з утворенням пористого шару оксидів з контрольованою морфологією поверхні.

Контролюючи умови та стехіометрію процесу приготування розчину прекурсуру чи нанесення шару оксиду можна досить легко впливати на кінцеві характеристики таких сенсорів, змінюючи чутливість, селективність, температурний діапазон роботи тощо [1,2,4]. У даній роботі був використаний дещо модифікований метод полімерного прекурсуру з використанням гліцерину або етиленгліколю та нітратної кислоти (65 %) для інтенсифікації та пришвидшення процесів хелатування та полімеризації. Така модифікація процесу також дає можливість виключити додавання лимонної кислоти – хелатні комплекси утворюються між йонами металу та багатоатомного спирту, а також запобігти можливого утворення осаду [4].

Для перевірки впливу виду полімерного прекурсуру та умов приготування на властивості шару оксиду цинку були приготовані кілька розчинів з

використанням етиленгліколю та гліцерину. Використана сіль металу – нітрат цинку у вигляді дигідрату, $Zn(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$. Сіль попередньо розчинялася у невеликій кількості дистильованої води.

Невеликі кількості розчинів, після попереднього перемішування при 70 °С були нанесені методом центрифугування на субстрат – склокерамічні пластинки з нікелевими контактами. Отримані зразки сенсорів сушилися у сушильній шафі до 40 хвилин при 70-80 °С, після чого прожарювалися у печі при температурах 400 °С та 600 °С впродовж ще 30 хвилин. Для наочності склад та умови приготування зразків представлено у табл. 1.

Таблиця 1 – Склад та умови приготування зразків

Зразок	Склад розчину	Молярне співвідношення	Температура прожарювання
Зразок 1.1	$Zn(NO_3)_2$:Гліцерин: HNO_3	0.05:0.45:0.05	400 °С
Зразок 1.2	$Zn(NO_3)_2$:Гліцерин: HNO_3	0.05:0.45:0.05	600 °С
Зразок 2.1	$Zn(NO_3)_2$:Етиленгліколь: HNO_3	0.05:0.45:0.05	400 °С
Зразок 2.2	$Zn(NO_3)_2$:Етиленгліколь: HNO_3	0.05:0.45:0.05	600 °С

Для перевірки впливу типу полімерного прекурсора та температури прожарювання для всіх зразків були отримані показники вольт-амперної характеристики при 200 °С – мінімальній температурі, при якій можливо виміряти зміни опору без додаткового підсилення сигналу. Результати вимірювань представлені на рис. 1а, 1б.

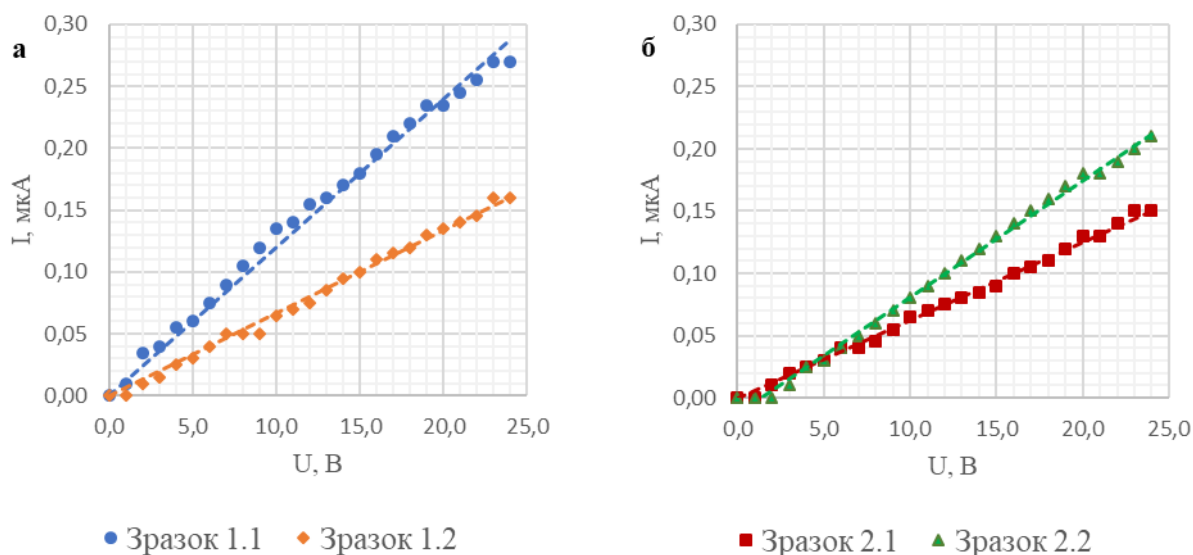


Рисунок 1 – Вольт-амперні характеристики отриманих зразків газових сенсорів при 200 °С

З отриманих результатів видно, що найбільш сильно на зміну напруги реагує зразок 1.1 – з використанням гліцерину та прожарений за меншої температури. Також можна помітити, що збільшення температури прожарювання при використанні гліцерину в якості полімерного прекурсора призводить зменшення відгуку на зростання напруги. Для зразків, виготовлених з використанням етиленгліколю спостерігається зворотня залежність – більший відгук при більшій температурі прожарювання. Найбільш вірогідна причина таких відмінностей – різні температури розкладання гліцерину та етиленгліколю.

Можна зробити висновки, що при використанні різних речовин у якості полімерних прекурсорів у методі Печіні доцільно обробляти вироби при різній температурі. Згідно з літературними джерелами, різні полімерні прекурсори також призводять до утворення різних структур на поверхні субстрату, що також може призводити до змін у ВАХ та чутливості таких сенсорів [1,2,4].

Подяка. Дякуємо Міністерству освіти і науки України за підтримку та фінансування спільного українсько-індійського науково-дослідного проєкту в 2021 році, в рамках якого виконано представлені дослідження.

Список використаної літератури

1. G. Biasotto, M.G.A. Ranieri, C.R Foschini, A.Z. Simões, E. Longo, M.A. Zaghete, Gas sensor applications of zinc oxide thin film grown by the polymeric precursor method. *Ceramics International*, Volume 40, Issue 9, Part B, 2014. doi.org:10.1016/j.ceramint.2014.06.099.
2. A. Saluja, J. Pan, L. Kerr, E. Cho, S. Hubbard, Gas sensing properties of porous ZnO nano-platelet films, in: *Material Research Society Symposium Proceedings* 1035 (2008) (L11-07).
3. M.P. Pechini, Method of preparing lead and alkaline earth titanates and niobates and coating method using the same to form a capacitor, U. S Pat. (No 3) (330 697, July 11).
4. Choppali, Uma. Low Temperature Polymeric Precursor Derived Zinc Oxide Thin Films, dissertation, December 2006; Denton, Texas. (<https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc5504/>: accessed November 7, 2021), University of North Texas Libraries, UNT Digital Library, <https://digital.library.unt.edu>.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

Трус І.М., Толстенкова К.М., Твердохліб М.М.

e-mail: inna.trus.m@gmail.com

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

Україна, Київ

Сучасний світ зіткнувся з проблемою обмеженості та виснаження водних ресурсів, що призвело до зменшення запасів питної води. Малі та великі річки зазнають значних змін внаслідок антропогенного і природного впливу: осушення земель, хімізація, побутові і промислові стоки, сміттеві звалища, діяльність сільського господарства, меліорація, розорювання заплав та розбудова міст. Подібний вплив призводить до зниження стійкості природних ландшафтів, погіршення якості поверхневих та підземних вод. Внаслідок чого знижується здатність до самовідновлення та самоочищення річкових систем.

Згідно оцінки експертів, Україна є однією з найменш забезпечених у Європі країн за запасами місцевих водних ресурсів. За даними Департаменту гідрометслужби і Міністерства екології та природних ресурсів [1], водні ресурси України становлять 63119 річок загальною довжиною 206,4 тис. км, середньорічний стік яких сягає 87,1 млрд. куб. м води; близько 20 тисяч озер; 27 лиманів; 1116 водосховищ з об'ємом води понад 1 млн. куб. м; запаси підземних вод – 20,9 млрд. куб. м та частина вод Чорного і Азовського морів [2].

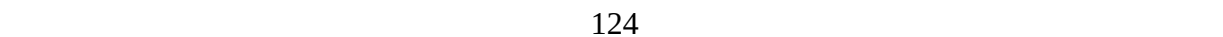
Забезпеченість водними ресурсами різних областей України є неоднаковою – найбільшою вона є в західних і північних областях. Доступні для широкого використання водні ресурси в Україні формуються, в основному, в басейнах Дніпра, Дністра, Сіверського Донця, Південного Бугу, а також малих річок Приазов'я та Причорномор'я.

Визначення антропогенного впливу на стан водних об'єктів ґрунтується на системному підході, що полягає в комплексній оцінці використання водних ресурсів та їх забруднення. Для нормування якості води використовують показники гранично-допустимих концентрацій основних забруднювачів, що безпосередньо пов'язано із врахуванням лімітованого показника шкідливості речовин.

Авторами [3] було проаналізовано стан поверхневих вод басейнів таких річок як Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Дніпра та Сіверського Дінця. Внаслідок чого було виявлено, що найбільш розповсюдженими забруднюючими речовинами у воді цих об'єктів є сполуки важких металів (а саме міді, цинку, заліза загального), сполуки азоту, феноли та нафтопродукти. Присутність даних забруднювачів обумовлена в основному за рахунок скиду стічних вод, що завдає значної шкоди водним

При проведенні ретроспективного аналізу стану вод басейну Дніпра за даними моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України Державного агентства водних ресурсів України за період 2009-2018 рр. авторами [7] було виявлено підвищення концентрацій нітритів, нітратів, фосфатів та амонію. Можна зробити припущення, що підвищення даних показників пов'язане з інтенсивним застосуванням мінеральних добрив, а також надходженням в водні об'єкти господарсько-побутових стічних вод, стічних вод підприємств харчової, коксохімічної, лісохімічної і хімічної промисловості. Також було відмічено підвищений рівень БСК₅, що вказує на недостатню кількість розчиненого кисню, який витрачається на аеробне біохімічне окиснення нестійких органічних сполук до CO₂, H₂O, NH₃⁻.

У жовтні 2020 року в рамках проєкту EUWI (European Union water initiative for eastern partnership) був проведений скринінг 27 проб басейну річки Дніпро [9]. Загалом, усі речовини, виявлені в концентраціях, що перевищують їх ГДК, складають потенційну загрозу для екосистеми річкового басейну Дніпра та потребують подальшого моніторингу.



Згідно з інформацією сайту моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України [10] можемо візуально спостерігати за перевищенням норми показників.

Якісна вода є головним фактором розвитку суспільства. У наш час, коли прискорення темпів індустріалізації та урбанізації призвело до погіршення якості водних ресурсів, до їх забруднення та виснаження, ми усвідомлюємо обмеженість та вразливість водних ресурсів. Тому важливим є створення принципів раціонального управління в галузі використання та охорони водних ресурсів.

Список використаної літератури

1. Офіційний сайт Міністерства екології та природних ресурсів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/>
2. Данилко В.К. Екологічна статистика: водні ресурси / Монографія. – К: 2003. – 368с.
3. Г.М. Вовкодав Оцінка стану поверхневих водних об'єктів України // Збалансоване природокористування. – 2015. – №2. – с. 66-68.
4. Trus I. Technology of the comprehensive desalination of wastewater from mines / I. Trus, N. Gomelya, V. Halysh, I. Radovenchyk, O. Stepova, O. Levytska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – №3/6 (105). – P.21–27.
5. Трус І.М. Очистка води від іонів важких металів відстоюванням, нанофільтруванням та флотацією / І .М. Трус, М.Д. Гомеля, Є.В. Мельниченко, В.О. Мігранова // Технічні науки та технології. – 2019. - № 1(15). – С. 204-213.
6. Івашко, В. Г. Статистичний аналіз стану та використання водних ресурсів України / В. Г. Івашко, Ю. О. Ольвінська // Статистика – інструмент соціально-економічних досліджень: збірник наукових студентських праць. Випуск 3. Частина I – Одеса, ОНЕУ. – 2017. – С. 82 – 89.
7. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третьяков О. В., Ковальов П. А. Визначення екологічного стану головного джерела водопостачання України. Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». 2019. Випуск 6 (2/2019) С. 69–77.
8. Інформаційно-освітній портал: Всеукраїнське водне товариство Waternet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://waternet.ua>
9. Водна Ініціатива Плюс Європейського Союзу для країн Східного партнерства (EUWI+) Скринінговий моніторинг річкового басейну Дніпра, 2021.
10. Державне агентство водних ресурсів України: Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>

ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИН ДЕЗАКТИВАЦІЇ ПОВЕРХНІ КАТАЛІЗАТОРА ОКИСНЕННЯ SO₂ ДО SO₃ У ВИРОБНИЦТВІ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ

Фандеєва А.А., Семиряжко Є.М., Дейнека Д.М., Казаков В.В.

e-mail:deynekadn@gmail.com

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Сульфатна кислота використовується у багатьох галузях народного господарства. На вітчизняному ринку щорічний попит на сульфатну кислоту складає 100 – 110 тис. т. Потужності українських виробників завантажені лише на 45 %, що призводить, у свою чергу, до дефіциту сірчаної кислоти в Україні. Відсутню кількість сульфатної кислоти доводиться імпортувати із-за кордону: Білорусії, Росії та інших країн. Крім того вартість сульфатної кислоти, яка виробляється у нашій країні, залишається високою. Одним із напрямків зниження собівартості сульфатної кислоти є підвищення часу експлуатації та активності каталізатора, що використовується у контактному апараті для окиснення SO₂ до SO₃.

Активність каталізатора та термін його експлуатації в багато чому залежить від різноманітних факторів: умов експлуатації (температури, тиску, складу газу), наявності різноманітних домішок у реакційному середовищі, лінійної швидкості реакційного потоку тощо.

В останні роки у виробництві сульфатної кислоти широко використовуються каталізатори на основі ванадію, які зарекомендували себе як одні із ефективних каталізаторів у даній технології.

Однією з головних проблем у роботі першого шару ванадієвого каталізатора окиснення SO₂ до SO₃ у виробництві сульфатної кислоти є швидке зростання гідравлічного опору каталізатору з причини надходження з газу твердих домішок (золи) у вигляді пилу. Особливо це важливо після пускових операцій та після перезавантаження каталізатору. Ця «зола», як правило, складається зі сполук кальцію у вигляді CaO та заліза у вигляді сульфатних солей типу FeSO₄ та Fe₂(SO₄)₃.

Основним способом вилучення такої «золи» із технології є застосування фільтрів – відстійників та фільтрів рідкої сірки, що встановлюються на шляху подачі рідкої сірки на вході до печі спалювання сірки. Але дані способи лише вирішують наслідки наявності не бажаних домішок у виробництві і не вирішують самої проблеми їх виникнення.

Головною метою даної роботи було вирішення питання звідки виникають ці сполуки кальцію та заліза, щоб у подальшому можливо було вжити заходів щодо їх усунення.

В роботі було встановлено, що основним джерелом виникнення сполук кальцію у технології може бути: сама сірка або продукти руйнування футеровки печі спалювання сірки та розчину цементу, що використовується для скріплення цієї футеровки.

Також було встановлено, що окрім золи та органічних домішок, роботу вузла підготовки сировини ускладнює корозія обладнання. Одним із фактором, що може спричиняти корозію, є використання в якості вихідної сировини сірки, при отриманні якої використовують кислотну обробку, що має місце на деяких виробництвах інших країн. Вміст сірчаної кислоти у сірки отриманої в такий спосіб становить до 0,1 %, а вміст хлорид – іонів до 0,01 – 0,04 %.

В роботі було проведено аналіз якості гранульованої сірки Казахстанського походження, одержаної з нафтогазової сировини, на присутність у сірці поєднань кальцію та заліза. Дослідження проводилися методом рентгенофлуоресцентного аналізу на приладі «СПРУТ». Оцінка концентрації проводилася по відомому зразку на основі Al_2O_3 .

По результатам досліджень можна зробити висновок, що істотної кількості кальцію та заліза в пробах гранульованої сірки не встановлено, їх вміст склав менш ніж 0,015 % мас.

Також у роботі були проведені дослідження елементів футеровки печі спалювання сірки (глина, мергель-шамотна та хром-магнезійна цегла). Дослідження проводилися методом рентгеноструктурного аналізу фазового складу зразків на рентгенівському дифрактометрі ДРОН – 1,5. Рентгеноструктурні дослідження фазового складу зразків показали, що в зразках спостерігаються наступні фази: глина: кварц (SiO_2), каолінит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), кальцит (CaCO_3), польові шпати, слюди; мергель-шамотна цегла: муліт ($3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$), кварц (SiO_2), тридиміт (SiO_2), кристобаліт (SiO_2); хром-магнезійна цегла: периклаз (MgO), магнезійна-хромово шпінель ($\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$).

При встановленні у роботі можливого джерела сполук заліза було розглянуто пірит FeS_2 , який може утворюватися на початковій стадії розплаву сірки, а також у застійних зонах обпалювальної печі за рахунок контакту сірки з металевим деталями обладнання. Ще одним джерелом сполук заліза, яке по газопроводу опиняється на шарі каталізатору, можуть бути продукти корозії металевих частин обладнання обпалювальної печі та котла-утилізатора. Причинами самої корозії може бути порушення температурного режиму, бо відомо що при температурах 350 – 400 °C можливе утворення SO_3 (до 35 %), а при температурах 1200 °C та вище утворюються оксиди азоту.

В роботі надані рекомендації щодо зниження впливу небажаних сполук кальцію та заліза на ванадієві каталізатори.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Фещенко Є.Я. Фещенко Н.В.

e-mail: Lizzka3377@gmail.com ; Zavlab1717@gmail.com

ДВНЗ Черкаський державний технологічний університет

Україна, Черкаси

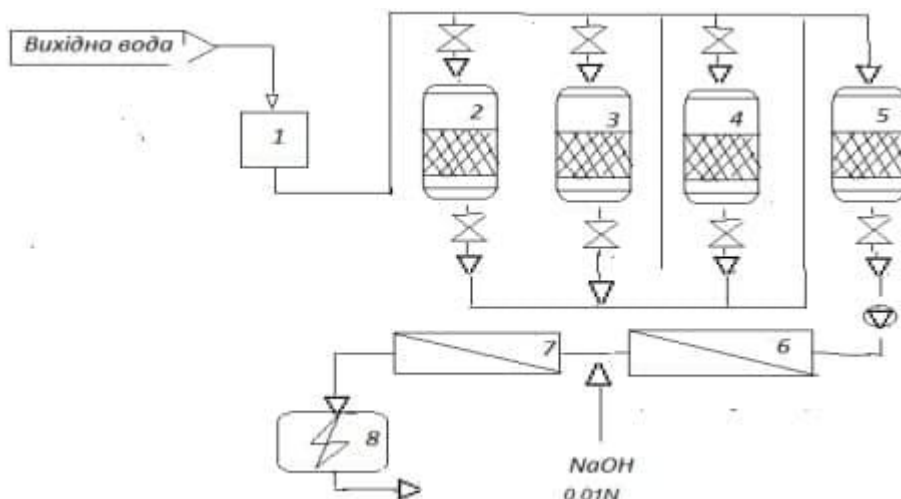
Одним з основних завдань перед проектуванням системи приготування, зберігання та розподілу води на фармацевтичному виробництві є забезпечення отримання води, що буде відповідати вимогам до мікробіологічного навантаження.

Для підтримання мікробіологічних показників якості води для мікробіологічних процесів запропоновано використовувати ультрафіолетове опромінення (УФО), як методи знезараження. Ультрафіолетове опромінення має ряд переваг перед іншими реагентними методами знезараження. Знезараження води з допомогою цього методу проходить швидко, не надає воді ні запаху, ні присмаку, на нього не впливає температура, рН, каламутність та інші.

УФ-опромінення на відміну від окисних технологій не змінює хімічний склад води навіть при дозах, які набагато перевищують практично необхідні.

Бактерицидну дію надають ділянки УФ-частини оптичного спектру в діапазоні хвиль від 200 до 295 нм. Максимум бактерицидної дії доводиться на 260 нм. Такі промені проникають через 25-сантиметровий шар прозорості і безбарвної води. Знезаражується вода УФ-променями досить швидко. Після 1-2 хв опромінення гинуть вегетативні форми патогенних мікроорганізмів. Але слід врахувати, що УФ-випромінювання в області 100-200 нм викликає утворення озону з молекул кисню. Це випромінювання присутнє і в неперериваному спектрі ксенонових ламп, і в лінійчатому спектрі ртутних ламп. Утворення озону вдається уникнути, застосовуючи спеціальне скло, що не пропускають ультрафіолет з довжиною хвилі нижче 200 нм. З іншого боку, саме УФ-опромінювання в області 100-200 нм при використанні потужних імпульсних ламп Ксенону створює можливість для конструювання установок глибокого фотохімічного очищення води.

Дослідження проводились на експериментальній установці яка представлена на рисунку 1.



1-механічний фільтр грубої очистки; 2-3 –Na-катіонітовий фільтр;
4-вугільний фільтр; 5-фільтр механічної очистки 5мкм;
6-зворотньоосмотична установка (2 мембрани); 7-зворотньоосмотична установка (1 мембрани); 8-ультрафіолетовий опромінювач; 9-насос

Рисунок - 1 Схема лабораторної експериментальної установки

Таблиця 1- Методики визначення показників якості води, за якими проводилися дослідження відповідно до ДСанПІН 2.2.4-171-10; ДСТУ 7525:2014

Назва	Одиниця вимірювання	Нормативне значення	
Водневий показник	од. рН	6,5–8,5	П.28
Загальна твердість	мг-екв/л	1,5–7,0 (10,0)	П.4
Загальна лужність	мг-екв/л	0,5–6,5	П.41
Залізо	мг/л	0,2	П.3,33,64
Сухий залишок	мг/л	1000(1500)	П.12
Електропровідність	мкС·см ⁻¹	500	

Перевагою методу УФ-знезараження є те, що УФ-обладнання легко вписується в типові технологічні схеми і не вимагає значних будівельних робіт на існуючих спорудах. Експлуатаційні витрати на УФ-знезараження мінімальні. Витрата електричної енергії на опромінення води з підземних джерел не перевищує 10 ... 15 Вт ч / м³; на УФ-знезараження води з поверхневих джерел, що пройшла попередню обробку на водоочисних спорудах - до 30 ВТ ч / м³. Ступінь знезараження $\lg (N / N_0) = 6$, тому що доза опромінення 35-55 мДж / см² призводить до зниження колі-індекс приблизно на 6 порядків.

УФ-опромінення вбиває мікроорганізми, але клітинні стінки бактерій, грибків, білкові фрагменти вірусів залишаються у воді. Тому доцільно використовувати УФО, як метод додаткового очищення

В даний час УФ-опромінення - це один з найбільш перспективних методів знезараження води, що володіє високою ефективністю по відношенню до патогенних мікроорганізмів, що не приводить до утворення шкідливих побічних продуктів. УФ-системи забезпечують безпечний, ефективний і недорогий метод дезінфекції. Основним завданням УФ-опромінення є забезпечення знезараження води нормативною якістю за мікробіологічними показниками, необхідні дози вибираються на підставі необхідного зниження концентрації патогенних і індикаторних мікроорганізмів.

Таблиця 2 – Характеристика особливо чистої води

№ з/п	Характеристики якості	Згідно з НД	Вимоги та допустимі межі	Методи випробувань
1.	Опис	ДФУ, доп.1	Прозора, безбарвна рідина без смаку і запаху	Візуальний
2.	pH	СП-08.03-070	Від 5,0 до 7,0	Потенціометричний
3.	Вміст нітратів	ДФУ, доп.1	Не більше 0,00002% (0,2 ppm)	Хімічний
4.	Важкі метали	ДФУ, доп.1	Не більше 0,00001 % (0,1 ppm)	Хімічний
5.	Вміст загального органічного вуглецю	ДФУ, доп.1	Не більше 0,5 мг/дм ³ або витримувати випробовування «Речовини, що окиснюються»	Фізико-хімічний
6.	Питома електропровідність	ДФУ, доп.1	Не більше 4,3 мкС·см ⁻¹	Кондуктометричний

Список використаної літератури

1. Кульський Л.А. Чиста вода і перспективи її зберігання. – К. – 1987
2. Державні санітарні норми та правила „Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (ДСанПІН 2.2.4–171–10). МОЗ України. Наказ від 12.05.2010 р. № 400.
3. Державна Фармокопея Уерайїни.
4. ДСТУ ISO 9963-1:2007 Якіість води. Визначення лужності. Ч. 1
5. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2013 Лікарські засоби. Належна виробнича практика.
6. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013 Лікарські засоби. Якіість води для використання у фармації

ТЕНДЕНЦІЇ УТВОРЕННЯ ЗОЛО-ШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

**Хлопицький О.О., **Савенков А.С., *Макарченко Н.П., *Чавун
Н.В.*

e-mail: ahlopitskiy@gmail.com

**ДВНЗ "Український державний хіміко-технологічний університет"
м. Дніпро, Україна*

***НТУ "Харківський політехнічний інститут",
м. Харків, Україна*

Об'єми утворення золо-шлакових відходів в Україні та світі залежать від динаміки використання вугілля на електростанціях, котельнях, коксохімічних та металургійних підприємствах і у даному випадку потребують вирішення, адже призводять до суттєвого антропогенного впливу на довкілля [1].

Представлені дані Міжнародним енергетичним агентством показують, що за допомогою вугілля у світі виробляється більш ніж 37% електроенергії. При цьому за прогнозами всесвітнього споживання електроенергії до 2025р., частка буде збільшуватися до 70%. Наслідком цього є зростання потреби промисловості у електроенергії а також зростання ринку вугілля енергетичних марок.

Перш за все вугілля має велике значення в енергетиці для тих регіонів у котрих доступ до інших видів палива поки що обмежений. Наприклад, така ситуація характерна для Китаю, де приблизно 74-76% електроенергії виробляється вугільними електростанціями. Щорічно Китай споживає приблизно 1360 млн. т. вугілля, що складає 27,5% світового споживання.

Збільшення попиту спостерігається і в інших азіатських країнах, таких як Індія, Японія, Південна Корея, Тайвань. Вчасності, за долею споживання вугілля у електроенергетиці Індія випереджає Китай на 79%. Більшість аналітиків прогнозують, що ріст попиту на енергетичне вугілля у азіатських країнах збільшується в 2,2% на рік, і таким чином до 2025-го року щорічний обсяг споживання вугілля у цьому регіоні збільшиться на 1,4 млрд. тонн по відношенню до 2017 р.

Японія є третьою за величиною споживання вугілля в Азії після Китаю та Індії та найбільшим імпортером вугілля у регіоні. За даними 2017 року, теплові електростанції, котрі працюють на вугіллі, виробляли у Японії 22% енергії. До кінця 2021 року у країні планується побудувати 16ГВт додаткові генеруючі потужності, які будуть споживати вугілля. Завдяки цьому Японія залишиться провідним імпортером вугілля у світі. За прогнозами, до 2025 року частка Японії у загальносвітовому імпорті вугілля буде складати 22-23%.

В Україні енергетика є стратегічною галуззю у зв'язку із становленням енергонезалежності країни.

Аналіз кількісних показників по споживанню різних видів палива в період з 2014 року, вказує стійку тенденцію зростання споживання вугілля на теплових електростанціях України. У документах, що визначають структуру паливного балансу України - основний акцент зроблено на збільшення споживання твердого палива.

На енергетичні підприємства, котрі працюють на вугільному паливі, припадає приблизно 40% електричної енергії, що виробляється та до 57% теплової. Утворення золо-шлаків, це неминучий процес при виробництві електроенергії, але їх використання доведено як з екологічної, так і з економічної точок зору, оскільки цінність золо-шлакових відходів, як сировинної бази для різних галузей промисловості, підтверджена досвідом високотехнологічних країн, і рядом провідних підприємств.

Враховуючи передбачуване зростання вугільної генерації в Україні до 2030 року на 30 - 50% у порівнянні з існуючим рівнем, можна очікувати додатково утворення 20-25млн.т. золо-шлаків щорічно. Внаслідок цього обсяг золо-шлків може скласти до 2022 року 1,8 млрд.т., а до 2030 року - 2,0млрд. т. площі полігонів для зберігання золо-шлаків можуть збільшитися з 25 тисяч гектар (в даний час) до 32 тис. гектар. Як наслідок, можна констатувати наявність стійкої тенденції прискореного накопичення значних обсягів золо-шлаків, збільшення існуючих екологічних ризиків, як в регіонах, так і в країні в цілому [2].

Нещодавня зустріч з питань кліматичної політики (COP26) у Глазго, показала, що не всі країни готові відмовитися від використання вугілля, насамперед це Китай, Австралія Індія та США. На відміну від інших, Україна зобов'язалася відмовитися від використання вугілля до 2040р., [3].

Список використаної літератури

1. Хлопицький О.О. Перспективи розвитку переробки твердих шлакових відходів теплових електростанцій у готові продукти [Текст] / О. Хлопицький, Н. Макарченко // Збірник наукових праць, «Новітні енергетичні та ресурсозберігаючі хімічні технології без екологічних проблем», (Україна, Одеса, ДУ "Одеська політехніка", 2013), том №1, С. 227.

2. Khlopytskyi O. State, problems and prospects of ash-slag waste recycling of Ukrainian thermal power stations / Scientific Journal «ScienceRise», 2014. – Vol.4/2 (4), pp, 23-28. DOI: 10.15587/2313-8416.2014.28511

3. Кліматичний саміт 2021. Україна та ще майже 40 країн пообіцяли розпрощатися з вугіллям <https://thepage.ua/ua/news/samit-u-glazgo-ukrayina-zobov'yazalas-vidmovitis-vid-vugilnoyi-energiyi>

ДОДАТКОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ДЕНІТРИФІКУЮЧОГО БІОФІЛЬТРА

Чернова А.С., Гевод В.С., Фролова Л.А.

e-mail: chernova130714@gmail.com;

aquilegya@ua.fm; 19kozak83@gmail.com

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Україна, Дніпро

Мета роботи - розкрити функціональний потенціал денітрифікуючого біофільтра індивідуального користування. Основне призначення приладу - видалення нітратів з води проблемних джерел в місцях, де немає централізованого водопостачання. Дослідження показало, що поряд з денітрифікацією, біофільтр здійснює пом'якшення води і забезпечує можливість видалення з неї домішок важких і полівалентних металів.

Нині в Україні близько 35 відсотків населення приміських зон і сільської місцевості не має доступу до якісної питної води [1]. Основні джерела водокористування (колодязі і свердловини) забруднені нітратами, вода з них характеризується високою жорсткістю, підвищеною концентрацією сульфатів і інших домішок. Вживання такої води для питва і приготування їжі провокує різні захворювання як у дорослого, так і дитячого населення, особливо у немовлят [2].

Предметом дослідження були зрушення карбонатної і сірчановодневої рівноваги у водному середовищі денітрифікуючого біофільтра [3]. Зрушення рівноваги між компонентами водного середовища у біофільтрі виникають при зміні режимів живлення його мікрофлори. Запропонована гіпотеза стосовно додаткового поліпшення якості очищеної від нітратів води експериментально підтверджується тим, що біологічна денітрифікація і сульфат редукція, які відбуваються у біофільтрі, супроводжуються пониженням жорсткості фільтрованої води і вмістом в ній домішок важких і полівалентних металів. Це відбувається з наступних причин.

Денітрифікуючі бактерії при аноксидних і анаеробних умовах відщепляють кисень з неорганічних нітратів. Для цього вони використовують енергію сполук засвоюваного вуглецю і вивільняють у воду N_2 , CO_2 и OH^- . Розчинення CO_2 в слаболужному середовищі фільтрату призводить до накопичення в його об'ємі аніонів гідрокарбонату (Якщо джерелом засвоюваного вуглецю і донором електронів для денітрифікуючих бактерій є етанол (C_2H_5OH), то трансформація NO_3^- в N_2 супроводжується виділенням 0,74 молей гідрокарбонат-іонів на моль розщеплюваних нітрат-іонів. Гідроліз цих іонів викликає підлогування біофільтрату й супроводжується утворенням в нім нерозчинної дисперсної

фази карбонату кальцію, якщо фільтрована вода початково має підвищену гідрокарбонатну жорсткість. Внаслідок цього показник жорсткості знижується.

Сульфатредукуючі бактерії функціонують у біофільтрі в строго анаеробних умовах. Вони проявляють себе, там, де нітрати вже видалені, але у воді залишається етанол або інший донор електронів і засвоюваного вуглецю, при цьому розчинений кисень відсутній. Відщепляючи кисень з сульфат-іонів для свого дихання, сульфатредукуючі бактерії виділяють іони HS^- . Один моль сульфат-іонів перетворюється в таку ж кількість гідросульфід-іонів. Продуктом гідролізу цих іонів є сірководень. Його взаємодія з іонами важких і полівалентних металів завершується утворенням дисперсної фази нерозчинних сульфідів і оксидів важких і полівалентних металів. Сульфатредукуючі бактерії утворюють свої колонії в просторі біофільтра слідом за колоніями денітрифікуючих бактерій.

Сірководень, який накопичується в денітрифікованій воді внаслідок життєдіяльності сульфатредукуючих бактерій, поза зони сульфат редукції, поглинається колоніями сірчаних бактерій. Екологічною нішею для останніх є середовище, в якій маються сірководень і розчинений кисень. Тому колонії сірчаних бактерій проявляють себе у вихідному коліні біофільтра в його верхній частині, тобто там, де є доступ атмосферного повітря до біофільтрату. Внаслідок життєдіяльності сірчаних бактерій, в біофільтраті утворюється колоїдна сірка.

На малюнку показано устрій створеного біофільтра, напрямок переміщення води, що фільтрується в ньому і розподіл функціональних зон, які проявляють себе в цьому приладі в процесі його експлуатації. Для здійснення біофільтраційної денітрифікації і сульфатредукції використовували фільтрувальне завантаження HDPE filtration media (виробництво-КНР), яке складалося з поліетиленових профільованих порожнистих роликів з колоніями денітрифікуючих, сульфатредукуючих і сірчаних бактерій на їхній поверхні. Калібр роликів становив 16 x 12 мм, площа поверхні в об'ємі - $1000 \text{ м}^2 / \text{м}^3$, питомий об'єм вільного простору - $0,75 \text{ м}^3$ на 1 м^3 насипного матеріалу. У кожному з колін біофільтра довжина шляху фільтрації була рівною 1200 мм. Об'єм заповнення водою завантаження біофільтра становив 15 дм^3 , а загальна кількість води в працюючому пристрої - $17,5 \text{ дм}^3$.

Концентрацію нітратів в пробах води вимірювали іономіром И-160 МИ з іон-селективним електродом Еліс-121NO³. Робочий діапазон вимірювань концентрацій нітрат-іонів - 10^{-1} - $5 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, чутливість – $5 \cdot 10^{-6} \text{ М}$.

Присутність сірководню і зміну його концентрації в пробах води відстежували за реакцією якісного визначення з застосуванням розчину

азотнокислого свинцю і також результатами вимірювання окиснювально-відновного потенціалу.

Потенціометричні вимірювання проводили за допомогою редокс-електрода ЕРП-101 і хлорсеребряного електрода ЕВЛ1-М, під'єднаних до іономіра И-160МИ.

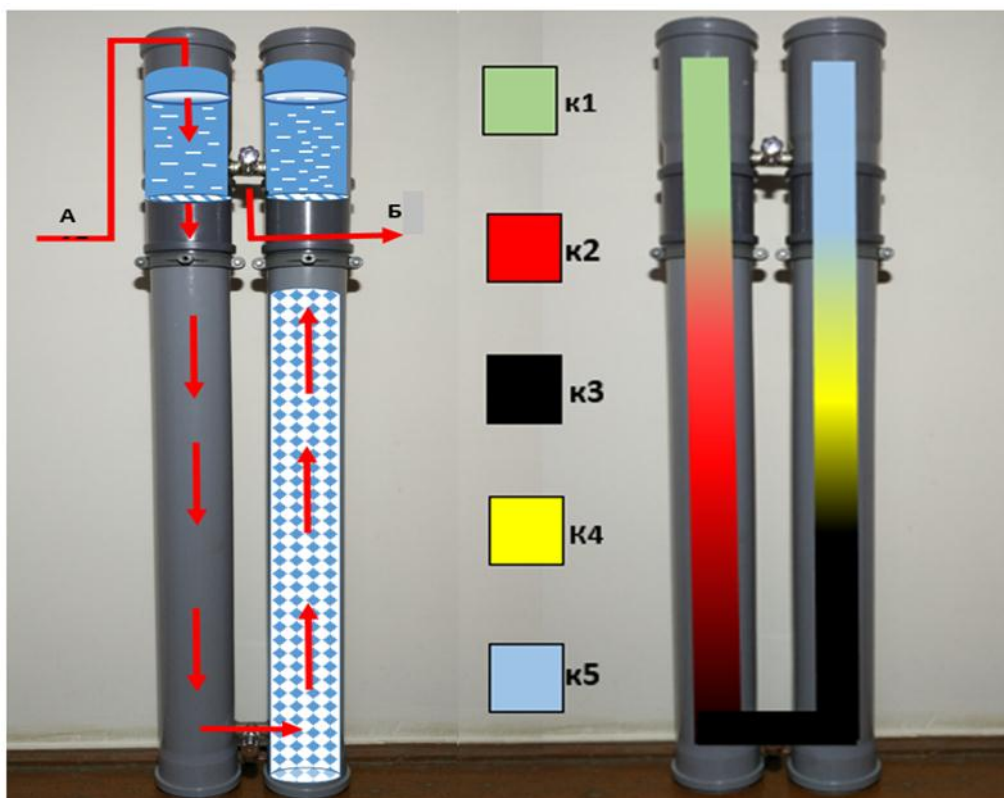


Рисунок. Облаштування денітрифікуючого біофільтра та функціональні зони в ній

К₁ – зона вихідної води; К₂– зона денітрифікації; К₃– зона сульфатредукції; К₄ – зона окиснення гідросульфідів; К₅ – зона біофільтрата

Денітрифікація води в створеному U-подібному біофільтрі супроводжується ефектами, які вказують на узгоджене функціонування в біофільтруючому завантаженні денітрифікуючих, сульфатредуючих і сірчаних бактерій. Конверсія нітратів у газоподібний азот під дією гетеротрофних денітрифікуючих бактерій викликає підвищення рН у водному середовищі біофільтру до величин, що забезпечують випадання осаду карбонату кальцію з присутніх у фільтрованій воді солей кальцієвої жорсткості. При цьому з солей магнієвої жорсткості утворення гідроксиду магнію не відбувається, оскільки не досягається необхідний рівень рН в біофільтраті. Якщо вода, що денітрифікується, поряд з нітратами містить у

своєму складі сульфати в концентраціях, достатніх для їх конверсії в сірководень під дією сульфатредуючих бактерій, то одночасно з денітрифікацією і зниженням жорсткості денітрифікованої води з неї видаляються іони важких і полівалентних металів у вигляді тонкодисперсної фази нерозчинних сульфідів і оксидів. При цьому надлишок сірководню під дією сірчаних бактерій конвертується в колоїдну сірку.

Залишки сірководню й тонкодисперсна фаза утворених карбонату кальцію, сульфідів і гідроксидів важких та полівалентних металів, а також колоїдної сірки можуть бути видалені з отриманого біофільтрату методом бульбашково-плівкової екстракції [4]. Ефективність цього процесу забезпечують авто-індуковані біосурфактанти, які продукуються бактеріальними біооб'єктами в процесі їх життєдіяльності в тілі біофільтра.

Список використаної літератури

[1]. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2018 році. [Електронний ресурс]: електрон. дані. Режим доступу:

<https://www.minregion.gov.ua/wpcontent/uploads/2019/11/Proekt-Nats.-dop.-za-2018.pdf> вільний

[2]. П. І. Гвоздяк, та О. В. Сапура.; Денітрифікація питної води з використанням пробіотичних бактерій, *Мікробіологія і біотехнологія*, 2017, № 2, с. 81-89.

[3]. А. С. Чернова, В. С. Гевод, А. У. Ісаєва.; Порівняння прямої і витіснювальної біофільтрації в пристроях децентралізованого очищення води, *Вісник ЧДТУ. Технічні науки*; 2021, Вип.1, с.162-172. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.1.2021.229015>

[4]. Gevod V.S., Reshetnyak I.L., 2015. Water Purification Devices: State-of-the-Art Review. In Handbook of Surface and Colloid Chemistry. Fourth Edition. / K.S.Birdi., CRC Press Taylor and Francis Group: Boca Raton, London, New York, Chapter 8, p. 481-542. <https://doi.org/10.1201/9781420007206>

ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ВОД ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Якименко І.К., Солодовнік Т.В.
yakimenko97@ukr.net, solodovniktetana@gmail.com
*Черкаський державний технологічний університет,
м. Черкаси, Україна*

За статистикою Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щороку близько 7 мільйонів людей гинуть через забруднені підземні води. 1,4 мільярда людей (більше п'ятої частини світового населення) потерпають від нестачі води і не мають достатнього запасу питної води. Люди, які живуть у віддалених сільських районах або в умовах заміського житла в країнах, що розвиваються, особливо страждають від нестачі води.

Централізовані системи питної води обслуговують мільйони домогосподарств по всьому світу. Однак ці системи часто не охоплюють найбільш вразливі або найвіддаленіші верстви населення, і якість та кількість води часто є ненадійними через погану експлуатацію та обслуговування. Децентралізовані системи постачання дають можливість забезпечити відповідну питну воду там, де централізовані системи постачання неможливі з технічних, економічних чи інституційних причин. Через велику кількість необхідної інфраструктури (наприклад, очисні споруди, труби тощо) існує багато ситуацій, коли неможливо підключитись до системи постачання, наприклад, у сільській місцевості, де населення розподілене на великі площі. Децентралізоване ж водопостачання відноситься до маломасштабного очищення та розподілу води.

Підземні або дощові води є більш сприятливими для використання, ніж поверхневі, через менший ризик забруднення патогенами. Підземні води можна збирати за допомогою свердловин. Дощова вода також може бути цінним джерелом води як у сільській, так і в міській місцевості. Після того, як джерело води було визначено, його потрібно очистити, для цього використовують методи очищення, які можна розділити на три основні категорії: термічна обробка та дезінфекція (кип'ятіння, сонячне випромінювання/УФ випромінювання), хімічна обробка (коагуляція/флокуляція, осадження, адсорбція, іонообмін, хімічна дезінфекція), процеси фізичного видалення (осадження або фільтрація).

За нормами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» контроль якості води з колодязів, каптажів і джерел проводять за меншою кількістю показників (не визначаються такі елементи як: цинк, алюміній, кадмій, кремній, миш'як, молібден, ртуть, свинець, нікель, селен та хром) та з більшим діапазоном меж, таким чином навіть відповідність нормам не може гарантувати безпечність води для вживання впродовж тривалого часу.

В рамках виконання наукової роботи на кафедрі хімічних технологій та водоочищення ЧДТУ досліджувались децентралізовані води Черкаського регіону (див.таблицю).

Таблиця – Результати дослідження вмісту неорганічних елементів з децентралізованих джерел водопостачання

		Ca мг/дм ³	Fe мг/дм ³	K мг/дм ³	Mg мг/дм ³	Mn мг/дм ³	P мг/дм ³	PO ₄ [*] мг/дм ³
Нормативні значення води (водопровідної)		25-75	≤0,2	2,0-20,0	≤80	≤0,05	≤0,6 PO ₄ ³⁻	
№1	Смілянський район	132	0,02	32,45	115,00		0,38	1,17
№2	Чорнобаївський район	117	0,64	3,77	48,80	0,21	0,47	1,45
№3	Золотоніський район	35,1	0,20	1,32	7,03	0,030	0,34	1,05
№5	Чорнобаївський район	137	1,62	23,80	33,25	0,25	0,28	0,85
№4	Чорнобаївський район	68,5	0,03	50,25	26,00	0,15	1,42	4,34
№6	Кооператив Фотон	64,45	0,03	6,43	11,35		0,24	0,74
№7	Катеринопільський район	125,5	0,03	33,20	33,15		0,22	0,68
№8	Звенигородка	115	0,07	6,26	28,00		0,50	1,52
№9	Черкаський район	71,85	1,19	6,39	24,05	0,16	0,27	0,84
№10	Вода джерельна "Аляска"	25,2	0,03	5,15	3,00		0,51	1,57

**Примітка – Значення кількості поліфосфатів розраховано з кількісного вмісту фосфору (коефіцієнт перерахунку 3,066)*

Відповідно наведених даних, спостерігається перевищення норм за такими показниками як: марганець, залізо та поліфосфати, а також виявлено необхідність нормування показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води (Ca, Mg, Na, K).

В зв'язку з тим, що належна організація децентралізованого постачання води до віддалених районів буде сприяти значному поліпшенню якості води для безпечного її вживання населенням, на сьогоднішній день, актуальним є розробка та створення мобільних пересувних пристроїв та установок для доочищення вод при децентралізованому водопостачанні.

Наукове видання

I том збірника тез доповідей X Ювілейної Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених **«Хімія та сучасні технології»**, що відбувалась 23-24 листопада 2021 р.

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

Оригінал-макет виготовлений РВВ ДВНЗ УДХТУ

Технічне редагування Зогаль О.О.
Комп'ютерна верстка Синицька В.П.

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

Підписано до друку 26.11.2021. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний № 1.
Друк різнограф. Гарнітура Times New Roman.
Облік.-видавн. арк. 6,36.
Тираж 300 прим. Зам. № 116.