

УДК 54+628(06)

ISBN 978-966-695-576-3

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДВНЗ «УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**ALGOL CHEMICALS OY, FINLAND**

**ЕМО FRITE COMPANY, CELJE, SLOVENIA**

**GOLDEN TILE CERAMIC GROUP**

**ПрАТ «ТРЕСТ ЖИТЛОБУД-1»**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

## **МАТЕРІАЛИ**

**МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ,  
ПРИСВЯЧЕНОЇ 100-РІЧЧЮ ХНУМГ імені О. М. БЕКЕТОВА**

# **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА ІНТЕГРОВАНІХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Харків – 2022**

УДК 54+628(06)

A43

**Редакційна колегія:**

*Саввова О. В.* – д-р техн. наук, проф. кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

*Гуріна Г. І.* – канд. хім. наук, зав. кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

*Зайцева І. С.* – канд. хім. наук, доц. кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

*Пилипенко О. І.* – канд. техн. наук, доц. кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

*Фесенко О. І.* – канд. техн. наук, ст. викладач кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

A43 **Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій [Електронний ресурс] :** матеріали міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 100-річчю ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Харків, 7 червня 2022 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Дніпров. держ. техн. ун-т, Algol Chemicals OY (Finland) [та ін. [та ін.] ; [редкол. : О. В. Саввова, Г. І. Гуріна, І. С. Зайцева, та ін]. – Електронні текстові дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 128 с.

ISBN 978-966-695-576-3

У збірнику надруковані матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю ХНУМГ ім. О. М. Бекетова «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій», що відбулася 7 червня 2022 року в Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова. Збірник буде корисним для наукових співробітників, аспірантів та студентів, які цікавляться актуальними питаннями хімії та екології, проблемами розвитку нафтогазової технології та інженерії, інноваційними дослідженнями у сфері матеріалознавства та нанотехнологій, вивченням електрохімічних процесів і технологій, питаннями корозійної стійкості конструкційних матеріалів в агресивних середовищах.

УДК 54+628(06)

© Колектив авторів, 2022

© Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, 2022

ISBN 978-966-695-576-3

## **СЕКЦІЯ 1**

### ***АКТУАЛЬНІ ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ***

# METHODOLOGY FOR CHOOSING ENVIRONMENTAL SAFETY PRIORITIES OBJECTIVES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CIVIL ENGINEERING FACILITIES

**N. O. Teliura, Ph.D in Technical Science, Associate Professor,  
O. O. Olijnik, students, O. S. Lomakina, Senior Lecturer**

*O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,  
17 Marshala Bazhanova Street, Kharkiv 61002, Ukraine  
e-mail: [nata.teliura@ukr.net](mailto:nata.teliura@ukr.net)*

The theoretical and methodological approach to the choice of ecological safe direction of agglomerations development. Groups of indicators and indexes for the selection procedure implementation have been defined. The proposed approach using allows to involve local authorities specialists of different profiles to manage of environmental safety of agglomerations from the position of their sustainable development [1]. The methodological approach essence is to use the Analytic Hierarchy Process (AHP). It has been proposed and implemented groups of indicators and indexes, formulated as sustainable development components – environmental, social and economic. Relevant specialists, as experts, based on information of different types (statistical, forecast, direct measurement data) on the particular agglomeration, give their own judgments about the priority of the advantages of the group characteristics of indicators and indexes.

The results of judgments processing of experts according to the formal procedure of AHP are the basis for decision-making in choosing the environmental safe direction of civil engineering facilities development. The multi-criteria hierarchical structure of the choice of environmental safe direction of civil engineering facilities development has been represented by the sequence of actions, which includes three stages: construction of the hierarchical model of features comparison; global weights determination, consistency index and selection of the best development direction.

The advantage of the proposed multi-criteria methodological approach is the ability to combine to the one decision-making algorithm the original data, which differ in content and the presentation form. The AHP methodical approach at definition of priority technologies of drainage from the settlements territories has been developed. Criteria formulated as components of sustainable development – environmental, social and economic-technological for the decision-making method at technological measures choosing for environmental safe.

## Reference

1. Teliura N., Tsapko N., Khabarova H., Lomakina O., Pshenichnova O. Selection Methodology of Ecological Safety Priorities of Sustainable Development Goals of Urban Agglomerations // Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2021. ICTM 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, Cham. 2022. – P. 941–950. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5\\_73](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_73)

# THE INCREASING OF AN ECOLOGICAL SAFETY OF CIVIL ENGINEERING FACILITIES OF UKRAINE VIA JUSTIFIED CHOICE FOR IMPLEMENTATION PRIORITY TECHNOLOGIES IN SETTLEMENTS

N. O. Teliura, Ph.D in Technical Science, Associate Professor, V. I. Virchenko, students

*O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,  
17 Marshala Bazhanova Street, Kharkiv 61002, Ukraine  
e-mail: [nata.teliura@ukr.net](mailto:nata.teliura@ukr.net)*

The research in which the requirements of civil engineering facilities as a component of ecologically safe in the settlements taking into account the concept of their sustainable development [1]. Scientifically justified ecological, social and economic-technological criteria for choosing priority technologies for ecological safe of civil engineering facilities in the settlements located on eutrophic water bodies, taking into account the concept of their sustainable development. The sequence of gradual reorganization of civil engineering facilities of settlements has been solved by making an informed choice for the implementation of priority technologies. Approbation a program-analytical method for selecting priority of civil engineering facilities technologies for a specific settlement at making a management decision to reduce the anthropogenic load.

The analysis scientific-technical information regarding to ecological safety of civil engineering facilities of settlements of Ukraine in accordance with the requirements of sustainable development. These are included the following: conservation and improvement of ecosystems of surface water bodies; ensuring the living conditions of residents of settlements; providing financing as a factor influencing the solution of ecological safety problems of civil engineering facilities of settlements. In the settlements of Ukraine, four types of wastewater drainage systems are used. For all these systems, despite their distinctive differences, the main features that cause technical and ecological problems are identified. It is shown that the gradual reorganization of existing drainage systems of settlements are located at eutrophic water bodies are especially relevant. This leads to an increase in the ecological unsafety of water bodies.

Based on the analysis of literature data, the tasks are identified that need to be solved to achieve the goal. The increasing of an ecological safety of civil engineering facilities of Ukraine via justified choice for implementation priority technologies in settlements.

## Reference

1. Teliura N., Tsapko N., Khabarova H., Lomakina O., Pshenichnova O. Selection Methodology of Ecological Safety Priorities of Sustainable Development Goals of Urban Agglomerations // Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering. – 2021. ICTM 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, Cham. 2022. – P. 941–950. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5\\_73](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_73)

## FEATURES OF DEHYDRATION OF SEWAGE SLUDGE ON A SCREW DEHYDRATOR

A. Shevchenko<sup>1</sup>, Phd, T. Shevchenko<sup>2</sup>, Phd, Assistant Professor

<sup>1</sup>LPP S.A., 80-769 Gdansk, Łąkowa Street, 39/44, Poland;

<sup>2</sup>O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv  
61002, Kharkiv, Marshal Bazhanov Street, 17, Ukraine  
e-mail: [tamara.shevchenko@kname.edu.ua](mailto:tamara.shevchenko@kname.edu.ua)

Pilot tests of sludge dehydration were carried out at sewage treatment plants with a consumption of excess activated sludge of 170 m<sup>3</sup>/day on the screw dehydrator MDQ-101 manufactured by EKOTON-Tsurumi. The equipment was located near the sludge treatment plant and was connected to various technological networks. The compacted sludge was fed to the device by a pump from the process network to the pilot tank.

The flocculants used for dehydrator dehydration were selected from different types of polyacrylamide (PAA): anionic, cationic, nonionic and ionic strength and molecular weight. As a result, several best flocculants from different manufacturers were selected: SNF FO 4800, FO 4800 SH and Kemira 683 CHH.

During the tests on the screw dehydrator MDQ-101, the optimal parameters for the dehydration process were selected. The following results were obtained:

- cationic flocculants with high cationic capacity and increased molecular weight proved to be the most effective. The dose of 8.8 kg/t of dry matter were chosen as optimal;
- tests carried out on condensed sludge with optimal operating parameters of dehydration, allow to obtain up to 18 % of dry matter in the cake, obtaining high efficiency of the device in accordance with the dry matter;
- the study showed that after using the screw dehydrator for sludge dehydration, its volume decreased by 5.8 times;
- the removed filtrate was characterized by high clarity and total suspension in the range of 50÷100 mg/l;
- screw dehydrator allows to reduce consumption of the electric power, water, space, requirements to service.

Based on laboratory and pilot tests, the feasibility of using a screw dehydrator for mechanical dehydration of domestic wastewater sludge has been confirmed. The use of this equipment has reduced sludge by 5.8 times.

The sludge has a humidity of about 82÷83 %, which allows it to be easily transported. The studied technology of sludge dewatering will improve the ecological situation of the treatment plant area; reduce the anthropogenic load on land and water resources.

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ІННОВАЦІЙНИХ АЛКІДНИХ ОЛІГОМЕРІВ

Г. І. Гуріна, канд. хім. наук, доцент, Б. О. Богомол, магістрант, Н. В. Симченко,  
магістрант, Н. А. Мартинова, магістрант, Г. О. Бражник, бакалавр

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [Galyna.Gurina@kname.edu.ua](mailto:Galyna.Gurina@kname.edu.ua)*

Енергозбереження – актуальний напрям розвитку хімічної технології алкідних олігомерів як інноваційних конкурентоспроможних матеріалів з унікальними властивостями, для яких можливе практично безмежне варіювання властивостей вибором відповідних мономерів та умов синтезу.

Розроблений комплекс технологічних заходів для процесу синтезу алкідних смол з метою зниження температур реакцій переестерифікації, поліконденсації та скорочення стадій технологічного процесу. Зниження температури переестерифікації досягнуто внаслідок застосування селективних катализаторів гомогенного каталізу на основі солей 2-етилгексанової кислоти. Зниження температури поліконденсації обумовлено ефективним здійсненням процесу азеотропної відгонки води як низькомолекулярного продукту та обґрунтованим вибором розчинника.

З метою зменшення витрат та скорочення синтезу запропоновано впровадження системи рекуперації тепла, що відводиться від реакційної маси на стадіях охолодження переестерифікату перед завантаженням розплаву фталевого ангідриду та охолодження основи перед стадією розчинення у змішувачі. За даною системою тепло від реактора витрачається на нагрів рослинної олії як вихідної сировини для наступного синтезу.

Проведені теплові розрахунки свідчать про можливість обігріву рослинної олії як реакційного компонента до 160 °С. Розігрів вихідних сполук до такої температури значно зменшує затрати та час стадії нагріву реактора та декілька зменшує час, необхідний для їх завантаження.

Запропонована оптимізація технологічного процесу виробництва алкідних олігомерів за рахунок аналізу та корегування рецептур алкідних смол у напрямку зниження жирності основи лаків. Відомо що зниження жирності алкідного олігомеру призводить до зменшення часу висихання плівки, а також до деякого зменшення часу необхідного на стадії поліконденсації.

Розроблений теоретичний метод розрахунку кислотного числа гелеутворення для алкідних смол, проаналізований вплив різних чинників, а саме надлишок гідроксильних груп, ступінь завершеності реакції, кількість утвореної реакційної води, вміст вільних карбоксильних груп.

Здійснена оцінка ефективності оптимізації складу та технології синтезу, що свідчить про зниження часу синтезу алкідної основи як лімітуючої стадії у реакторі на 16 %.

## РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ УРАЛКІДНОГО ЛАКУ

Г. І. Гуріна, канд. хім. наук, доцент, Б. С. Богомол, магістрант,  
Н. В. Симченко, магістрант, Н. А. Мартинова, магістрант, К. В. Погуляй, бакалавр

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [Galyna.Gurina@kname.edu.ua](mailto:Galyna.Gurina@kname.edu.ua)*

Актуальною проблемою розвитку хімії та хімічних технологій є створення інноваційних уралкідних олігомерів з низьким вмістом екологічно шкідливих компонентів та високими фізико-механічними характеристиками і функціональними властивостями на основі відновлювальної сировини та відходів виробництва полімерів.

На кафедрі хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова розроблено ресурсозберігаючу технологію уралкідних олігомерів для пігментованих матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками, що можуть бути використані з метою захисту пересувного залізничного складу, сільськогосподарської техніки, засобів міського електро- та автотранспорту.

Оптимізовано склад олігомерних матеріалів [1], які містять рослинні олії як компоненти відновлювальної сировини для забезпечення розчинності олігомерів у найменш токсичному органічному розчиннику – уайт-спириті з ГДК = 300 мг/м<sup>3</sup>.

Ресурсозбереження у технології уралкідних олігомерів обумовлено застосуванням на стадіях переестерифікації та поліконденсації відходів поліетилентерефталату у кількості до 25 %.

Розроблені норми технологічного процесу на стадіях переестерифікації, поліконденсації та уретаноутворення та зменшено тривалість процесів за рахунок застосування селективних каталізаторів та гомогенного каталізу. Порівняні терміни перебігання процесів при додаванні відходів поліетилентерефталату при переестерифікації та поліконденсації та проаналізовані недоліки та переваги обох процесів.

Особливістю ресурсозберігаючої технології є застосування обґрунтовано обраного ефективного розчинника для азеотропного способу видалення низькомолекулярного продукту реакції поліконденсації та зменшення термінів реакції поліконденсації, зниження температури реакції та одержання готового продукту з покращеними одиничними показниками якості.

Визначені фізико-механічні та хімічні властивості покриттів пігментованих матеріалів білого кольору на основі одержаних за розробленою ресурсозберігаючою технологією олігомерів.

### Література

1. Гуріна Г.І., Тіунов В.М., Гурін С.Г. Склад алкідного лаку. Патент України на корисну модель № 62680. – Опубл. 12.09.2011. – Бюл. № 17.



# ІННОВАЦІЙНІ ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ ГРУП «SB» ТА «WB» З НИЗЬКИМ ВМІСТОМ ЛЕТКИХ РЕЧОВИН

Г. І. Гуріна, канд. хім. наук, доцент, Б. О. Богомол магістрант,  
Н. В. Симченко, магістрант, Н. А. Мартинова, магістрант,  
П. Є. Яковлева, бакалавр

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [Galyna.Gurina@kname.edu.ua](mailto:Galyna.Gurina@kname.edu.ua)

Для успішного зменшення емісії шкідливих для здоров'я людей та довкілля токсичних органічних розчинників при нанесенні та твердненні лакофарбових матеріалів (ЛФМ) запропоновані шляхи створення екологічно чистих органорозчинних ЛФМ групи «SB» та воднодисперсійних ЛФМ групи «WB».

Досліджений вплив на значення вмісту легколетких органічних сполук (ЛОС) для різних типів матеріалів значень сухих залишків в розчинах органічних олігомерів та щільності компонентів пігментованих матеріалів.

Математичний аналіз ситуацій з додаванням та зменшенням кількості розчинників дозволив встановити граничні значення кількості розчинників у лаках для «SB» матеріалів з різною щільністю та кількістю ЛОС = 300 г/л. Вивчений вплив об'ємної концентрації пігментів, сухого залишку лаків та щільності пігментів та наповнювачів на вміст ЛОС у матеріалах. Оптимізовані співвідношення компонентів ЛФМ та розроблені рецептури екологічно-чистих матеріалів.

Розглянута концепція впливу щільності компонентів на значення VOC.

Значення максимального вмісту ЛОС у лакофарбових матеріалах для групи d4, що застосовуються для оздоблення деревини, металів чи пластику для внутрішніх /зовнішніх робіт для типу «WB» повинно складати – 150/130 г/л та «SB» – 400/300 г/л до 01.01.21/ 01.01.24 р., відповідно.

Вміст нелетких речовин (VOC) для лакофарбових матеріалів «SB» визначають за формулою:

$$\text{VOC} = 10 \cdot d_e \cdot (100 - \text{NV}), \quad (1)$$

де  $d_e$  – щільність матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

NV – вміст нелетких речовин у матеріалі, %.

Щільність матеріалу розраховують за формулою:

$$d_e = \frac{\sum m_i}{\sum d_i}, \quad (2)$$

де  $m_i$  – вага компонента, кг;  $d_i$  – щільність компонента, кг/м<sup>3</sup>

Для водно-дисперсійних лакофарбових матеріалів «WB», основним летким компонентом яких є вода, вміст ЛОС залежатиме від рецептурної кількості складників, які містять органічні леткі сполуки (переважно коалесценти).

Якщо попередньо визначити цей вміст у вагових відсотках  $w$  (VOC), ваг. %, розрахункове рівняння набуває вигляду:

$$\text{VOC} = 10 \cdot d_i \cdot n(\text{VOC}) \quad (3)$$

Аналіз рівнянь (1),(3) дозволяє зробити наступні висновки:

Підвищення вмісту нелетких речовин NV для матеріалів “SB” створює можливість зменшення вмісту VOC. Для матеріалів “WB” перспективним напрямом є створення спеціальних дисперсій без коалесцентів у складі водно-дисперсійних ЛФМ, що призводить до зменшення параметра  $n(\text{VOC})$  та VOC.

Аналіз теоретичних розрахунків свідчить про те, що заміна у складі наповнювачів, а саме кальцій карбонату на барий сульфат з більшим значенням щільності призводить до збільшення щільності емалі з  $1,175 \text{ г/см}^3$  до  $1,195 \text{ г/см}^3$  та збільшення VOC з  $415,83 \text{ г/л}$  до  $422,9 \text{ г/л}$ . Введення до складу емалі аеросилу у кількості 3 % та 5 % замість кальцій карбонату забезпечує зменшення щільності емалі з  $1,175 \text{ г/см}^3$  до  $1,164 \text{ г/см}^3$  та  $1,069 \text{ г/см}^3$  відповідно та зменшення вмісту VOC з  $415,83 \text{ г/л}$  до  $411,9 \text{ г/л}$  і  $378,32 \text{ г/л}$ .

У рецептурах ЛФМ “WB” використання наповнювачів з меншою щільністю призводить до зменшення щільності та вмісту VOC у матеріалах.

Розглянута концепція зменшення вмісту розчинника у складі органічних олігомерів для одержання пігментованих матеріалів. Для вирішення проблеми одержання ЛФМ, що відповідають зазначеним вимогам, можливі два шляхи:

1. Синтез або використання лаків з низьким вмістом VOC.
2. Збільшення вмісту нелетких речовин в лаках, які є в асортименті сучасних провідних промислових виробництв.

Для зменшення вмісту VOC в емалі без зміни компонентів та їх щільності, можна збільшити вміст нелетких речовин в лаках. Теоретичні розрахунки дозволили одержати рецептури емалей з різним вмістом VOC при зміні NV лаків від 53 % до 100 %.

Досліджена концепція додавання вмісту розчинника. У зв'язку з тим, що за визначенням ЛОС вимірюють у матеріалі, в його готовому до використання стані, перед нанесенням матеріалу необхідно проводити його підготовку шляхом додавання розчинника.

Тому розглядання випадку збільшення кількості розчинника доцільне при розведенні пігментованих матеріалів для одержання необхідної в'язкості лакофарбового матеріалу в залежності від методу нанесення.

Таким чином, в роботі запропоновані шляхи одержання пігментованих матеріалів з низьким вмістом ЛОС та наведені рецептури матеріалів, які відповідають вимогам технічного регламенту.

## НОВІ ПРОТИКОРОЗІЙНІ ПІГМЕНТИ НА ОСНОВІ МОНТМОРИЛОНІТУ

Г. І. Гуріна, канд. хім. наук, доцент, Д. А. Бражник, канд. техн. наук,  
Б. О. Богомол, магістрант, Н. В. Симченко, магістрант,  
Н. А. Мартинова, магістрант

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [Galyna.Gurina@kname.edu.ua](mailto:Galyna.Gurina@kname.edu.ua)*

Пігменти відіграють значну роль у формуванні механічних, протикорозійних, фізико-хімічних властивостей полімерних, композиційних, лакофарбових матеріалів. Зростання екологічних вимог до сучасних матеріалів призвело до зміни асортименту пігментів, виключення з обігу свинець, хром вмісних пігментів, що склали значну частину серед протикорозійних пігментів.

Метою роботи є рішення питань раціонального природокористування в хімії та технології функціональних пігментів та одержання екологічно дружніх, функціональних пігментів інтеркаляційним методом для лакофарбових матеріалів. Актуальність роботи полягає у встановленні можливостей одержання протикорозійних пігментів, що не містять свинцю та тяжких металів у відповідності до вимог євростандартів на основі бентонітів українських родовищ.

Завданнями науково-дослідницької роботи були дослідження особливостей синтезу функціональних пігментів інтеркаляційним методом та розробка ресурсо- та енергозберігаючої технології їх одержання; встановлення фізико-механічних, реологічних, оптичних властивостей гібридних наноконпозиційних лакофарбових матеріалів з використанням функціональних пігментів на основі модифікованих бентонітів.

Проведений теоретичний аналіз можливості утворення нових протикорозійних пігментів та розраховані термодинамічні параметри реакцій утворення  $\text{FePO}_4$ ,  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  при взаємодії обмінних катіонів монтморилоніту з фосфат-аніонами.

Аналіз результатів роботи дозволяє зробити висновок про відповідність властивостей досліджених лакофарбових матеріалів з новими функціональними пігментами вимогам до декоративних та захисних матеріалів.

Сформульовані рекомендації по застосуванню нових типів протикорозійних пігментів на основі фосфатмодифікованих бентонітів у різних видах лакофарбових матеріалів: для декоративних та матеріалів з ізолюючим механізмом захисної дії слід використовувати відмитий від водорозчинних домішок бентоніт; нейтралізовані вибілені  $\text{H}_3\text{PO}_4$  бентоніти рекомендовано застосовувати у матеріалах для покращення захисних властивостей; органомодифікований бентоніт призначений для модифікації та зміни і регулювання реологічних властивостей.

Застосування нових пігментів дозволяє зберегти адгезійну стійкість та стійкість покриттів до статичної дії води та миючого засобу при  $20 \pm 2$  °С.

# ПРОБЛЕМА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

**М. В. Дегтяр**, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail:[mashunka220982@gmail.com](mailto:mashunka220982@gmail.com)*

Якість питної води істотно впливає на всі фізіологічні та біохімічні процеси, які відбуваються в організмі людини, на стан її здоров'я. Головним критерієм безпеки питної води в епідемічному відношенні є повна відсутність у воді шкідливих мікроорганізмів, які є збудниками захворювань.

Як правило, очисні споруди централізованих систем водопостачання забезпечують якість води згідно з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 [1], але існує ряд причин, коли вода не відповідає вимогам, що пред'являються. Зокрема за рахунок недосконалості існуючих технологій та зношеності основного фонду, а саме системи розподілення води, яка може стати причиною вторинного забруднення води.

Пріоритетним напрямком для покращення якості питної води є: оновлення та удосконалення систем водопостачання, реконструкція водоочисних систем з використанням нових технологій, упорядкування зон санітарної охорони джерел питного водопостачання на водозаборах.

При вдосконаленні технології очищення питної води, слід взяти до уваги досвід інших європейських країн, зокрема тих, де джерелом водопостачання є поверхневі джерела, як і в місті Харкові.

Зокрема, треба зауважити, що основними недоліками питної води, які відзначають споживачі – це неприємний запах, присмак та наявність токсичних хлорорганічних сполук. Згідно традиційної технології водопідготовки з поверхневих джерел, первинне хлорування використовується для окислення розчинених забруднень і часткового знезараження води, проте близько 70 % токсичних хлорорганічних сполук утворюється саме на цій стадії.

Отже, слід взяти до уваги, технологію водопідготовки, що використовується у м. Прага (Чехія), згідно якої стадія первинного хлорування не проводиться, а фінішною стадією підготовки води є фільтрація води крізь шар гранульованого вугілля, що дозволяє значно покращити органолептичні показники та мінімізувати вміст природних та хімічних органічних сполук. Дезінфекція води здійснюється ультрафіолетовим випромінюванням та перед подачею в розподільчу систему відбувається хлорування води.

Отже модернізація та вдосконалення вже існуючих технологій дозволить значно покращити якість питної води централізованого водопостачання, та мінімізувати негативний вплив на здоров'я людини.

## Література

1. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) від 1.07.10р. [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.

## ВИЛУЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ ГУМІНОВІСНИХ РЕАГЕНТІВ

С. С. Душкін, д-р техн. наук, професор, Т. О. Шевченко, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [tamara.shevchenko@kname.edu.ua](mailto:tamara.shevchenko@kname.edu.ua)*

Екологічною проблемою, що вимагає невідкладного вирішення є створення нових ефективних методів обробки (знешкодження та зневоднення) і подальшої утилізації осадів міських стічних вод. Цей напрямок надзвичайно актуальний не лише для України, а й для багатьох країн світу. Зазначені осадки відносяться до суспензій колоїдного типу, що важко фільтруються. Великі їх об'єми, бактеріальна зараженість, наявність органічних речовин, здатних швидко загнивати з виділенням неприємних запахів, а також неоднорідність складу і властивостей ускладнюють їх обробку [1].

В даний час утилізація основної маси осадків, що утворюються, не проводиться через наявність у їх складі токсичних хімічних речовин, головним чином, важких металів. Це зумовлено тим, що стічні води промислових підприємств надходять до міської каналізаційної мережі після недостатнього очищення. В результаті, осадки міських очисних споруд спрямовують на зневоднення на мулових майданчиках та складування, відводячи для цього значні земельні ділянки.

В основу дослідження було поставлено завдання вивчення ефективності вилучення важких металів з осаду побутових стічних вод у разі застосування реагентів, що містять гумінові речовини, при одночасній обробці осаду ультразвуком, що дозволяє знизити концентрацію важких металів в осадах побутових стічних вод до концентрації, яка не перевищує санітарні норми вмісту важких металів у добривах для сільськогосподарських угідь.

Для обробки осадків використовували 1÷2% розчин гумінових речовин бурого вугілля і торфу з дозою 10÷50 мг/кг сухої речовини. Оптимальною дозою реагентів виявилася доза 50 мг/кг сухої речовини осаду стічних вод. Найбільша ефективність видалення важких металів ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) з осаду побутових стічних вод спостерігається при наступних показниках частот ультразвуку: залізо ( $\text{Fe}^{3+}$ ) – 2,5 кГц, мідь ( $\text{Cu}^{2+}$ ) – 4 кГц, алюміній ( $\text{Al}^{3+}$ ) – 5,5 кГц при лінійній швидкості перемішування  $\text{Fe}^{3+}$  та  $\text{Al}^{3+}$  – 0,3 м/с,  $\text{Cu}^{2+}$  – 0,5 м/с.

### Література

1. Keeley, J., Jarvis, P., Judd, S. J. Coagulant Recovery from Water Treatment Residuals: A Review of Applicable Technologies. Journal Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44, Issue 24. – 2014. – pp. 2675–2719.

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ СПОРУД БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ

А. Г. Сердюк, здобувач освіти, Т. О. Шевченко, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [alina.serdyuk@kname.edu.ua](mailto:alina.serdyuk@kname.edu.ua)*

Питання інтенсифікації процесів очищення стічних вод постає особливо актуальним в зв'язку із незадовільною роботою очисних споруд в містах і населених пунктах країни. Якість очищення стоків в існуючих спорудах не відповідає нормативам, а скидання недоочищених стічних вод у відкриті водоймища веде до погіршення екологічного стану навколишнього середовища [1, 2].

Біологічним очищенням називають водоочисні споруди, де відбувається біохімічне очищення стічних вод шляхом фільтрування через зернисте завантаження, поверхня зерен якої обростає біологічною плівкою, заселеною аеробними бактеріями і нижчими організмами, або шляхом імітації процесів самоочищення у відкритих водоймах у штучних спорудах (аеротенках).

Аеротенки є спорудами біологічного очищення стічних вод, окислення органічних забруднень, в яких відбувається за рахунок життєдіяльності аеробних мікроорганізмів, які створюють скупчення – активний мул. Частина органічної речовини в аеротенку окислюється, а інша забезпечує приріст бактерійної маси активного мула.

Інтенсифікація роботи аеротенків можлива наступними методами: підвищення концентрації мулу в спорудах (наприклад, за рахунок внесення прикріпленої до носіїв мікрофлори); вирівнювання навантаження на мул та виключення шоків перевантажень; створення оптимальних умов за рН та температурою, а також впровадження способів окиснення за допомогою чистого кисню або повітря, збагаченого киснем тощо.

Проте вказані методи здебільшого потребують технологічних та технічних змін процесу очистки, і споруд зокрема. Вибір того чи іншого методу інтенсифікації роботи споруд біологічного очищення має спиратися на технологічні розрахунки та економічні складові впровадження новітніх технологій.

### Література

1. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунар'єв / за ред. В. К. Хільчевського. – Київ : ВПЦ «Київський університет», 2015. – 155 с.
2. Жук В. М. Особливості водогосподарських систем Харківської області / В. М. Жук // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки. – 2014. – Вип. XXXVI. – С. 152–164.



## ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ В СИСТЕМАХ ВОДНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**К. Б. Сорокіна**, канд. техн. наук, доцент,  
**В. В. Гончаренко**, здобувач освіти

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [kbsorokina@ukr.net](mailto:kbsorokina@ukr.net)*

Одним з матеріалів, які використовують для виготовлення полімерної трубної продукції для систем водної інженерії, є склопластик, що має унікальні характеристики. Склопластик відносять до композитних матеріалів, які характеризують високою міцністю. За твердженням виробників склопластикових труб ці вироби, просочені епоксидними або поліефірними смолами, можна використовувати під час прокладання трубопроводів різного призначення як наземним, так і підземним способом.

Вони чудово функціонують за умови високого тиску рідин і газів, що транспортують, в різних кліматичних умовах, навіть найсуворіших. На внутрішню поверхню труби зі склопластику за необхідності наносять спеціальні захисні покриття, що дозволяють транспортувати магістралями рідкі та газоподібні речовини. З погляду стійкості по відношенню до корозійних процесів склопластикові вироби мають вищі експлуатаційні характеристики, ніж металеві вироби.

Труби розрізняють за тими добавками, які зв'язують всі компоненти (скловолокно, кварцовий пісок) в один цільний матеріал. До них відносять епоксидну та поліефірну смоли. Усі виробники склопластикових труб вибирають одну з добавок з урахуванням технології виготовлення та майбутнього застосування продукції.

Поліефірні смоли використовують найчастіше епоксидів. Після всіх стадій обробки труба з такою добавкою стає невразливою як для кислот, солей, лугів, так і корозії, тому може знайти застосування у багатьох галузях водної та цивільної інженерії (особливо склопластикові труби великого діаметра).

Але склопластик цього виду боїться температури вище 90 °С і тиску понад 32 атм, тому для таких критичних умов роботи застосовують труби на епоксидній смолі, яка надає склополімерним трубам здатність протистояти тиску до 240 атм і температурі до 130 °С. У них настільки низька теплопровідність, що зовнішню стінку не теплоізолюють, бо це не потрібно. На епоксидній смолі найчастіше створюють склопластикові труби, які будуть застосовувати у промисловості.

Склокомпозитний матеріал на поліефірних смолах коштує менше, ніж епоксидний, тому що вихідна сировина обходиться дешевше. До того ж, така підвищена міцність не потрібна у звичайних трубопровідних системах, через які до будинків поставляють холодну воду або відводять каналізаційні стоки.

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЮВАННЯ МАЛОКАЛАМУТНИХ ЗАБАРВЛЕНИХ ВОД

**К. Б. Сорокіна, канд. техн. наук, доцент,  
Д. П. Науменко, здобувач освіти**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [kbsorokina@ukr.net](mailto:kbsorokina@ukr.net)*

Більшість домішок природних забарвлених вод представлена агрегатно-стійкими тонкодисперсними і колоїдними частинками, для видалення яких необхідно попередньо порушити їх агрегативну стійкість та створити умови для коагуляції води.

Перспективним способом інтенсифікації процесу коагуляції є використання додатково введених в оброблювану воду добавок-обважнювачів пластівців коагулянту, які сприяють прискоренню процесу коагуляції та осадженню пластівців, що утворюються, в тому числі, і за низьких температур води.

В якості добавок-обважнювачів пластівців коагулянту можна використовувати кварцовий пісок, мікрокальцит, залізний порошок, магнетит природний, інші природні мінерали, а також раніше утворений в спорудах осад.

В результаті використання обважнювачів під час коагуляції зростає щільність і міцність пластівців, що утворюються, як наслідок збільшується їх гідравлічна крупність.

Технологічна схема обробки природних вод із застосуванням як добавки-обважнювача кварцового піску включає реагентну обробку природної води окисником, коагулянтом та флокулянтом із введенням добавки-обважнювача, відстоювання, фільтрування та знезараження.

Основними вузлами технологічної схеми є: реагентне господарство, що включає змішувач, куди подають реагенти та обважнювач, камери флокуляції (з введенням флокулянта), далі відстійники і фільтри.

Камери змішування і флокуляції доцільно обладнувати механічними мішалками, за допомогою яких можна підтримувати необхідні швидкості перемішування, які залежать від виду добавок-обважнювачів, що вводять. У технологічній схемі передбачають циркуляцію обважнювача з метою його повторного використання; для його відокремлення від осаду влаштовують вузол регенерації у вигляді гідроциклону.

Перед подачею очищеної води до резервуарів чистої води її обробляють гіпохлоритом натрію.

Даний спосіб інтенсифікації процесу коагулювання малокаламутних забарвлених вод призводить до значного скорочення тривалості відстоювання обробленої води, скорочення необхідних обсягів відстійних споруд, поліпшення якості очищеної води та можливості зниження робочих доз коагулянту та флокулянту.



# ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ ПРИ СКЛАДАННІ ПРАВИЛ ПРИЙМАННЯ СТІЧНИХ ВОД У МІСЬКУ КАНАЛІЗАЦІЙНУ МЕРЕЖУ

**І. М. Чуб**, канд. техн. наук, **Г. І. Благодарна**, канд. техн. наук

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: thankful@ukr.net*

Згідно з офіційною статистикою, щороку у водойми України скидають близько 300 млн кубометрів неочищених стоків. Неофіційна статистика показує значно гірші результати. Фактично у кожній з водойм можна легко зафіксувати перевищення допустимих норм забруднення [1].

Основними забруднювачами є господарсько-побутові та промислові стічні води. Зростання антропогенного впливу на навколишнє середовище та надмірне використання природних ресурсів потребують постійного пошуку шляхів удосконалення у сфері системи управління екологічною безпекою.

Для виходу із кризової екологічної ситуації слід широко застосовувати новітнє інформаційне забезпечення для управління процесами природокористуванням при здійсненні необхідних розрахунків, екологічного моніторингу та прогнозування стану навколишнього природного середовища. Це дозволить створити необхідні умови для прийняття оптимальних управлінських рішень та впровадити сучасні інформаційні технології в еколого-експертних процедурах та автоматизувати процеси оцінки впливу господарської діяльності на навколишнє середовище.

Сьогодні одним із важливих завдань реалізації ефективної екологічної політики України є модернізація процесу здійснення еколого-експертних процедур шляхом впровадження сучасних інформаційних технологій та автоматизованого програмного забезпечення. Необхідність максимальної автоматизації процесу оцінки впливу господарської діяльності на стан навколишнього середовища викликана потребою в обробці значного масиву різноманітної або однотипної інформації, передбаченої діючими нормативно-правовими та методичними документами в цій сфері. Як приклад можна навести «Порядок визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі» та нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел [1, 2].

Аналіз функціонування та застосування програмних комплексів, спрямованих на вирішення різних екологічних завдань, вказує на відсутність автоматизованих рішень щодо розрахунків для складання правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення.

Контроль за скидами забруднюючих речовин в каналізаційну мережу включає використання інструментальних вимірювань, які супроводжуються рядом рутинних розрахунків за різними методиками та стандартами. Розрахунки такого типу характеризуються великою кількістю параметрів та великим обсягом вхідних даних, що вказує на потребу у створенні

спеціалізованих програмних продуктів. Для автоматизації і уніфікації таких кропітких розрахунків стає доцільним розробка програмного забезпечення.

Водокористувачі, які скидають промислові стічні води до каналізаційних мереж, повинні дотримуватися «Правил приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації міст та селищ». Правила розробляються на основі загальнодержавних «Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення», затверджених наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 01.12.2017 р. за № 316 [3].

Визначення допустимих концентрацій (ДК) забруднюючих речовин у стічних водах підприємств (споживачів) здійснюється за формулою (р. IV, п. 3) [3]:

$$DK_j^{bo} = \frac{(C_j - C_j^{gp}) \cdot Q}{\sum_{i=1}^n Q_i} + C_j^{gp}, \text{ (г/м}^3\text{)}, \quad (1)$$

де  $DK_j^{bo}$  – ДК  $j$ -ої забруднюючої речовини в стічних водах перед спорудами біологічного очищення, г/м<sup>3</sup>;

$C_j$  – ДК  $j$ -ої забруднюючої речовини в спорудах біологічного очищення, г/м<sup>3</sup>;

$Q$  – середньодобова витрата стічних вод на вході на КОС, м<sup>3</sup>/добу;

$\sum_{i=1}^n Q_i$  – середньодобова витрата стічних вод споживачів, які можуть містити це забруднення, м<sup>3</sup>/добу;

$C_j^{gp}$  – концентрація  $j$ -ої забруднюючої речовини в господарсько-побутових стічних водах, г/м<sup>3</sup>.

Для осаду стічних вод, який пройшов стадію знезараження та термічної стабілізації для подальшого використання або утилізації його як органічного добрива, що містить велику кількість фосфору, кальцію та рухомі форми азоту, які швидше засвоюються сільськогосподарськими рослинами, ніж їх валові форми, необхідно виконати додаткові розрахунки ДК важких металів.

Згідно правил приймання стічних вод [3] ДК  $i$ -ої забруднюючої речовини за допустимим вмістом важких металів в осадах стічних вод (МКОС) на рівні дозволеного (за погодженням з органами МОЗ України) для визначається:

$$DK_{i.BM} = \frac{(C_{i.BM} - C_{i.BM.GP}) \cdot Q}{\sum Q_{п}} + C_{i.BM.GP}, \text{ г/м}^3 \quad (2)$$

де  $C_{i.BM}$  – ДК важкого металу на вході МКОС, г/м<sup>3</sup>, що розраховується за формулою:

$$C_{i.BM} = \frac{(q_1 K_1 + q_2 K_2) \cdot C_{i.OC}}{K_p \cdot Q}, \text{ г/м}^3 \quad (3)$$

де  $q_1$  і  $q_2$  – відповідно кількість сирого осаду, що затримується

у первинних відстійниках та кількість активного мулу, що затримується у вторинних відстійниках, т/добу;

$K_1$  – коефіцієнт перерахунку сирого осаду первинних відстійників в речовину,  $K_1 = (100 - W_1)/100$ , де  $W_1$  – вологість сирого осаду, %;

$K_2$  – коефіцієнт перерахунку надлишкового мулу вторинних відстійників на суху речовину,  $K_2 = (100 - W_2)/100$ , де  $W_2$  – вологість залишкового активного мулу, %;

$C_{i.oc}$  – допустимий вміст важкого металу в осадах, г/т сухої речовини. Приймається за даними додатка 3 [1];

$K_p$  – коефіцієнт ефективності видалення важкого металу на міських каналізаційних очисних спорудах (МКОС). Приймається за середніми фактичними даними експлуатації очисних споруд. За їх відсутності – за даними додатка 3 [3];

$Q$  – середньодобова витрата стічних вод на вході на очисні споруди, м<sup>3</sup>/добу;

$\sum Q_n$  – середньодобова витрата стічних вод підприємств (споживачів), які можуть містити це забруднення, м<sup>3</sup>/добу;

$C_{i.вм.гп}$  – концентрація j-ого важкого металу в господарсько-побутових стічних водах, г/м<sup>3</sup>. Приймається за середньорічним вмістом у водопровідній воді цього населеного пункту.

Зазначимо, що виконання розрахунків за наведеними формулами 1–3 це дуже кропітка та відповідальна робота, яка вимагає гарантовано точних результатів. Тому розрахунки мають бути якомога більш автоматизовані. Для досягнення зазначеної мети було створено програмний комплекс, який забезпечує ефективність обробки даних та дозволяє багатократно обробляти специфічну інформацію за короткий проміжок часу і робить усі етапи розрахунків більш прозорими та контрольованими.

Розроблені розрахункові модулі дозволяють проводити розрахунки щодо визначення допустимих концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах підприємств (споживачів) та аналізувати отримані результати.

Автоматизація основних складових екологічних процедур дозволить підвищити ефективність та надійність функціонування систем водовідведення міст, більш ефективно оцінювати вплив на навколишнє середовище, стосовно використання осадів стічних вод та приймання стічних вод споживачів у системи водовідведення.

### Література

1. Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел : Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27 червня 2006 року № 309 // Офіційний вісник України. – 2006. – № 31. – С. 236. – Ст. 2259.
2. Про затвердження Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі : Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 30 липня 2001 року № 286 // Офіційний вісник України. – 2001. – № 33. – С. 201. – Ст. 1575.
3. Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення, затверджених наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово- комунального господарства України від 01.12.2017 року № 316, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 15.01.2018 року за № 56/31508.

## **СЕКЦІЯ 2**

### ***АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ***

## SYNTHESIS OF NEW KINDS OF N-ALKOXYHYDANTOINS

V. G. Shtamburg<sup>1</sup>, Doctor of SCI, professor, A. A. Anishchenko<sup>2</sup>, Ph. D., docent, S. V. Kravchenko<sup>3</sup>, Ph.D., docent, A. V. Mazepa<sup>4</sup>, Ph.D., Senior Researcher, E. B. Rusanov<sup>5</sup>, Ph.D., Senior Researcher

<sup>1</sup>Ukrainian State Chemical Technology University, 49005 Dnipro, Gagarina str., 8;

<sup>2</sup>Oles Honchar Dnipro National University, 49050, Dnipro, Naukova str., 25;

<sup>3</sup>Dnipro State Agrarian and Economic University, 49600, Dnipro, Efremova str., 25;

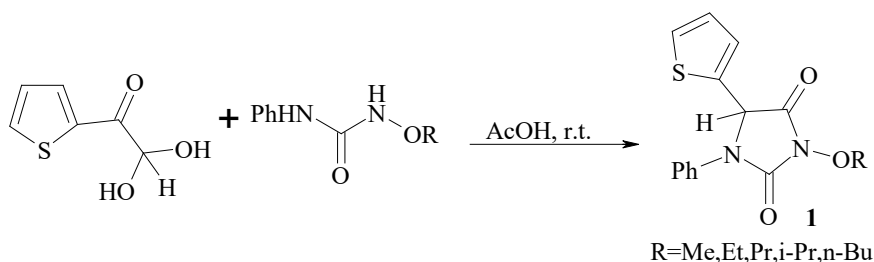
<sup>4</sup>A.V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of NAS of Ukraine,  
65080, Odesa, Luystdorfskaya Doroga str., 86;

<sup>5</sup>Institute of Organic Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine,  
02660, Kyiv, Murmanska str., 5

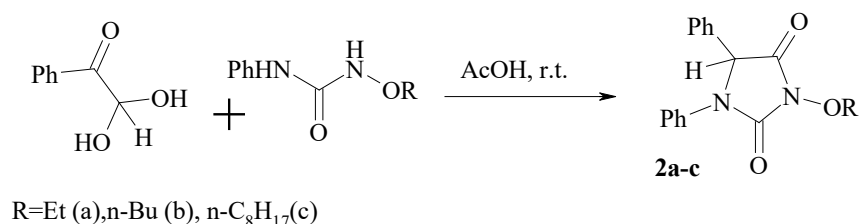
e-mail: [svtailor@ukr.net](mailto:svtailor@ukr.net)

The relevance of the products which obtained by the *N*-alkoxy-*N'*-arylureas interaction with the arylglyoxals is significant because of the importance of imidazolidin-2-ones and hydantoin among pharmaceutical materials.

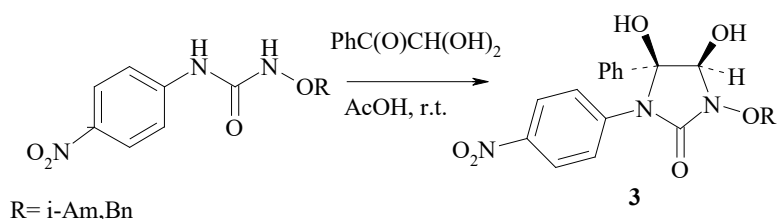
We had found that 2-thienylglyoxal selectively reacted with *N*-alkoxy-*N'*-phenylureas yielding the unknown 3-alkoxy-1-phenyl-5-(2-thienyl)hydantoin 1.



Phenylglyoxal reacts with *N*-alkoxy-*N'*-phenylureas in acetic acid at room temperature in most cases giving only 3-alkoxy-1,5-bis(phenyl)hydantoin 2.



Phenylglyoxal interacts with *N*-alkoxy-*N'*-(4-nitrophenyl)ureas yielding only 3-alkoxy-*cis*-4,5-dihydroxy-1-(4-nitrophenyl)-5-phenylimidazolidin-2-ones 3.



# SYNTHESIS OF NEW PHOSPHORUS CONTAINING DERIVATIVES OF *N*-HYDROXYUREA

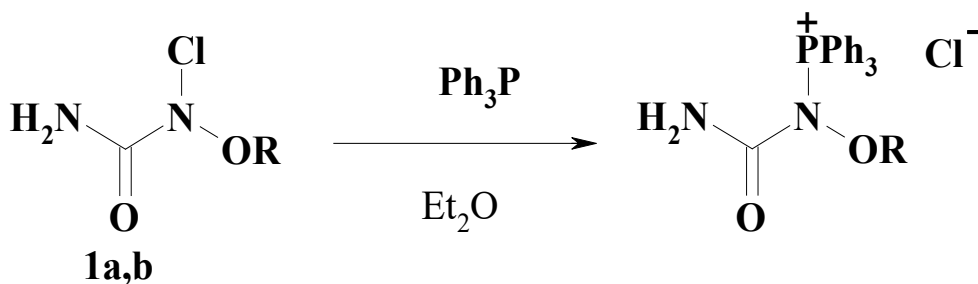
V. G. Shtamburg<sup>1</sup>, Doctor of SCI, professor,  
E. A. Klots<sup>1</sup>, Ph.D., docent,  
S. V. Kravchenko<sup>2</sup>, Ph.D., docent

<sup>1</sup>Ukrainian State Chemical Technology University  
49005, Dnipro, Gagarina str., 8;

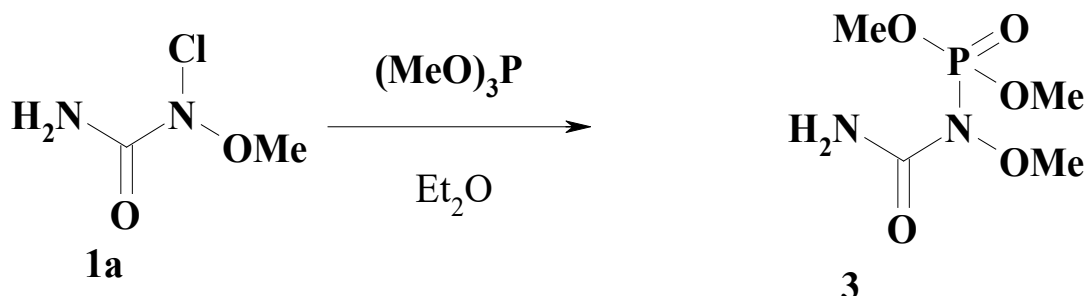
<sup>2</sup>Dnipro State Agrarian and Economic University  
49600, Dnipro, Efremova str., 25  
e-mail: [svtailor@ukr.net](mailto:svtailor@ukr.net)

The different kinds of the substituted ureas use as pharmaceutical materials. The chemical properties of *N*-alkoxy-*N*-chloroureas allow to create the new reaction strategies that give access to such new biological relevant scaffolds. But the nucleophilic substitution of the chlorine atom in *N*-alkoxy-*N*-chloroureas by P- nucleophile remains unstudied.

We have found that *N*-alkoxy-*N*-chloroureas 1 a, b interact with triphenylphosphine selectively yielding triphenylphosphonic salts 2 a, b. *N*-Chloro-*N*-methoxyurea 1a reacts with trimethylphosphite yielding compound 3.



R=Me(a),n-Bu (b)



The compounds 2, 3 are the unknown kinds of phosphorus containing derivatives of *N*-hydroxyurea and perspective biological relevant scaffolds.

# USAGE OF NANOMATERIALS AS SORBENTS FOR WATER PURIFICATION

**M. M. Tverdokhlib, PhD in Technical Sciences**

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»  
03056, Kyiv, Peremohy ave., 37*

*e-mail: m.tverdokhlib@kpi.ua, madamtverdohleb@gmail.com*

The world running in 21-st century is facing a major problem and a challenge as water contamination. Contaminated water contains unwanted substances and it adversely affects the quality and makes it unsuitable for use.

In recent years, the use of sorption materials effective results in the treatment of drinking water and wastewater has shown. The advantages of using adsorbents in water treatment technologies are high degree of purification, fairly high capacity, simple ways to regenerate them, allowing their reuse.

At present, the attention of researchers is drawn to nanotechnology, which has indisputable advantages over long-standing and traditionally used materials. Due to the nanoscale size of nanomaterials, their properties, such as mechanical, electrical, optical, and magnetic properties, are significantly different from conventional materials. A wide range of nanomaterials have the characteristics of catalysis, adsorption, and high reactivity. In the past decades, nanomaterials have been under active research and development and have been successfully applied in many fields, such as catalysis, medicine, sensing, and biology. In particular, the application of nanomaterials in water and wastewater treatment has drawn wide attention. Due to their small sizes and thus large specific surface areas, nanomaterials have strong adsorption capacities and reactivity. Heavy metals, organic pollutants, inorganic anions, and bacteria to be successfully removed by various kinds of nanomaterials.

Highly dispersed sorbents and catalysts containing particles with magnetic properties are actively studied. Increased interest is caused by the presence of unusual physical and chemical properties, which is associated with their size and active surface area. Particles of magnetic materials open up great prospects for the creation of systems that exhibit increased activity under conditions of catalytic reactions. One of the optimal materials are nanoparticles based on ferrites.

For example, magnetite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  as a catalyst used for purification of water from iron ions. Serial experiments investigated the effect of pH, contact time and adsorbate / adsorbent concentration on  $\text{Fe}^{2+}$  adsorption. Experimental results suggest that the adsorption capacity of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles towards metal ions depends on the from the concentration of magnetite and iron in water. The value of the sorption capacity of magnetite increases with an increase in the concentration of iron in the solution and with a decrease in the dose of magnetite with an increase in the mixing time and the degree of iron extraction. This is quite logical and fully corresponds to the ideas about sorption processes, including activated adsorption.

Nanotechnology for water and wastewater treatment is increasing day by day. The exclusive properties of nanomaterials show great opportunities for water and wastewater treatment.

## SEARCH FOR THE OPTIMAL ORGANIC LIGANDS FOR EXTRACTION OF HEAVY METALS

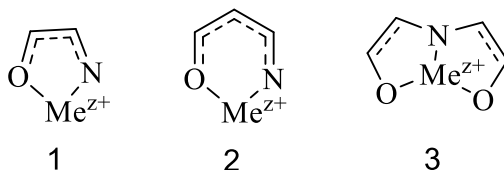
Inna Zaitseva, Ph. D, Oleksii Pylypenko, Ph. D, Tetyana Panayotova, Ph. D, Darya Bulavina

*O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv  
17, Marshal Bazhanov Street. Kharkiv, 61002, Ukraine  
e-mail: Inna.Zayceva@kname.edu.ua*

In the process of applying galvanic coatings there is a significant removal of working solutions from the baths with the surface of the workpiece (up to 10÷15 % of the bath volume). Usually the main amount of the removed solution is returned to the working process when washing parts in the capture baths. This significantly reduces the loss of working solutions that contain valuable components in the form of metal salts from which the coating is formed, and other functional additives. After the capture bath, the workpieces enter one or more washing baths, where the surface of the galvanic coated products is finally cleaned of electrolyte residues. The water from the washing baths is returned to the operating cycle to compensate for the loss of the volume of the baths or sent for cleaning from toxic components, followed by discharge to the sewer. The most common toxic components that need to be removed from the wash water are ions of heavy metals – copper, zinc, nickel, cobalt, cadmium. Their removal from wastewater requires the use of additional equipment and reagents that can reduce the ion content to an acceptable level, this causes a problem of disposal of metal compounds formed during the treatment stage. Therefore, it is more expedient to develop reagent-free methods of extraction metal ions, which allows their concentration from dilute wash water with subsequent return to the working bath. Such methods include ion exchange and extraction processes, which are widely used for the production of desalinated water, extraction of metals from their mixtures.

There are a considerable amount of empirical material has been accumulated regarding the extraction characteristics of the developed materials. However, attention should be paid to the need to systematize data and develop an effective approach that will create a material with certain extraction characteristics (degree of extraction and selectivity of extraction).

A method that provides quantum chemical calculation of complexation energies is proposed. The complexation energies of selected cations ( $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) with a series of model ligands – iminodiacetic acid analogs – as the difference between the total energies of complexes with the sum of cation and ligand energies was calculated by ROHF with 3-21G(d,p) basis.



It was established that ligands of type 3 (with three coordination centers) are more efficient complexing agents, higher selectivity can probably be provided by ligands of types 1 and 2 (with two coordination centers): the energy of complexation depends on the structural factors due to the nature of the ligand.



# ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЛОКАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ПОКРАШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

**О. В. Бабіч<sup>1,2</sup>**, канд. техн. наук, **І. В. Зінченко<sup>1</sup>**,  
**О. Ю. Шостенко<sup>1</sup>**, **К. С. Кононенко<sup>1</sup>**, **Л. С. Ангіна<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,  
61166, Харків, вул. Бакуліна, 6;

<sup>2</sup>Луганський Національний Аграрний Університет,  
92703, Старобільськ, вул. Слобожанська, 68  
e-mail: [lenysjababich@gmail.com](mailto:lenysjababich@gmail.com)

Найбільш антропогенними джерелами забруднення природних вод є промислові стічні води, зокрема стічні води підприємств харчової промисловості. Серйозною екологічною проблемою України є очищення промислових стоків. Дана проблема пов'язана з тим, що стічні води різних галузей харчової промисловості характеризуються непостійністю хімічного складу, різними умовами утворення, об'ємом та фізико-хімічними властивостями. Також ускладнює їх утилізацію несистематичне утворення.

Співробітниками УКРНДІЕП були проведенні натурні моніторингові дослідження стану водного об'єкту, в який скидаються стічні води підприємства харчової промисловості. На підставі гідро-хімічних, гідро-фізичних, гідро-біологічних і бактеріологічних показників акваторії річки Мерло встановлено, що вода у всіх пунктах відбору за багатьма параметрами, що контролювались, значно перевищувала допустимі нормативи українського водного законодавства. Даний факт свідчить, що недостатньо очищені стічні води потрапляють у водний об'єкт забруднюючи його, що вимагає впровадження сучасних технологій локального очищення висококонцентрованих стічних вод для покращення екологічного стану водних об'єктів.

У процесі досліджень встановлено, що інтенсифікувати процес можливо завдяки використанню природних окиснювачів, таких як – пероксид водню, озон, ультрафіолетове випромінювання та їх комбінування за технологією AOPs (Advanced oxidation process) у поєднанні з біосорбційним обробленням іммобілізованим біоценозом в реакторах дискового типу.

На попередньому етапі експериментально були визначені оптимальні параметри очищення стічних вод за обраною технологією. В результаті чого було досягнуто ефективне очищення, за рівнем хімічного споживання кисню, до 98 %, а також майже повне знезараження від бактерій групи кишкової палички, *Escherichia coli*, фекальних ентерококів, а вміст санітарно-бактеріологічних показників очищеного стоку відповідав нормативним значенням для скидання в водний об'єкт або для повертання для технологічних потреб підприємства.

Перевагою технології з заданими параметрами є можливість виробляти озон на місці оброблення стічної води, що вирішує питання про його постачання. До того ж озонування усуває неприємні запахи, які має стічна вода. Експериментальні дослідження у вказаному напрямку продовжується.

# РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПОПЕРЕДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТРАНСКОРДОННИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОМАТЕРІАЛІВ

О. В. Бабіч<sup>1,2</sup>, канд. техн. наук, О. В. Саввова<sup>3</sup>, д-р техн. наук, професор,  
І. В. Зінченко<sup>1</sup>, завідувач лабораторії, О. І. Тюріна<sup>3</sup>, студентка, А. В. Короткий<sup>3</sup>, студент

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,  
61166, Харків, вул. Бакуліна, 6;

<sup>2</sup>Луганський Національний Аграрний Університет,  
92703, Старобільськ, вул. Слобожанська, 68

<sup>3</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: savvova\_oksana@ukr.net

Впровадження екологічно-безпечних невагісних технологій на основі технологічних наноматеріалів дозволить забезпечити стабільність екологічної безпеки водних об'єктів України. Вдосконалення технологічних процесів в системах очистки баласних вод дозволить суттєво знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище.

На сьогодні фотокаталітичні технології очищення води набувають широкого практичного використання. Безперечними перевагами їх застосування є простота, економічність, можливість використання сонячного світла. Все це обумовлює перспективність їх застосування в аспекті вирішення питань ресурсо- та енергозбереження в технології очищення води.

Однак при використанні процесів гетерогенного фото каталізу за участю  $\text{TiO}_2$  тривалість повного окиснення органічних домішок складає кілька годин, що частково пов'язано з істотно більш повільною дифузією органічних молекул у воді, ніж на повітрі. Типовий коефіцієнт дифузії у воді складає близько  $10^{-5}$   $\text{cm}^2/\text{s}$ . З цієї причини проточні реактори із застосуванням  $\text{TiO}_2$  при очищенні води малоефективні. Саме тому актуальною задачею при виборі ефективних методів очистки водних об'єктів від патогенних мікроорганізмів є впровадження нових фотокаталітичних матеріалів з високою реакційною здатністю.

Було синтезовано нанодисперсні порошки методом хімічного осадження та розроблено параметри їх синтезу. Встановлено, що введення 1 мас. % нанодисперсних порошоків фосфатів цинку та міді, до складу скло емалевих покриттів дозволяє забезпечити значну бактерицидну дія відносно *E. Coli* та *P. Aeruginosa*. Встановлено особливості зміни динаміки біоцидності склопокриттів з вмістом  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$ ,  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  в умовах дії мікроорганізмів, яка полягає в зниженні приросту показнику кількості патогенних мікроорганізмів зі збільшенням їх концентрації та часу експозиції на 90 % і визначається як відмінний бактерицидний ефект.

Результати роботи будуть використовуватися під час експлуатації суден та в інших закладах для контролю або моніторингу поводження з баласними водами.

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ ТА РЕГІОНІВ

А. О. Баранова, доктор філософії в галузі екології, М. В. Білоусов, студент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: baranovaab47@gmail.com

Антропогенне порушення, нераціональне використання природних ресурсів, складність подолання негативних соціально-політичних наслідків та техногенна перевантаженість це основні фактори, що становлять загрозу екологічній безпеці України

Проблемам управління рівнем екологічної безпеки приділено чимало досліджень вітчизняних та закордонних вчених. Процес управління екологічною безпекою представляє собою алгоритм послідовних дій (рис. 1).



Рисунок 1 – Процес управління екологічною безпекою

Управління екологічною безпекою та раціональним використанням природних ресурсів передбачає аналіз потреб людини в природних ресурсах, і з'ясування можливостей природи щодо задоволення цих потреб. Проте не достатньо визначити оптимальне поєднання потреб людини та можливостей природи. Необхідно забезпечити перехід від теперішнього далеко не ідеального стану до більш оптимального поєднання. Для цього необхідно розробляти різні механізми управління екологічною безпекою та охороною навколишнього середовища.

Екологічна безпека складова національної безпеки України та гарантується всім громадянам України здійсненням широкого комплексу взаємопов'язаних політичних, економічних, технічних, організаційних, державно-правових та інших заходів.

Подолання існуючих екологічних загроз та вдосконалення системи державного управління в цій сфері важлива задача нашої держави.

## МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОДИ КЕРАМІЧНИМ МІНЕРАЛІЗАТОРОМ

**Г. К. Воронов, канд. техн. наук, доцент, А. В. Єфімова,  
І. С. Зайцева, канд. хім. наук, доцент, О. І. Пилипенко, канд. техн. наук, доцент,  
О. І. Фесенко, канд. техн. наук, В. М. Шаповал, студентка**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: Inna.Zayceva@kname.edu.ua*

Одним з важливих показників якості води, який характеризує її придатність для використання у побутових цілях, є мінералізація – загальний вміст розчинених солей у воді. Найбільший внесок у рівень мінералізації води здійснюють сім основних йонів: катіони  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  та аніони  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ . Від рівня мінералізації води залежать її смакові властивості, вплив на організм споживачів, обладнання та мережі водозабору, підготовки та постачання.

Більшість побутових систем очистки питної води поряд із рядом переваг мають загальний недолік – нестабільний та невідповідний рівень мінералізації води. Так, в перші тижні експлуатації рівень мінералізації води може в декілька разів перевищувати норму (200÷500 мг/л), а при подальшому використанні різко знижується нижче норми. Найбільш поширеними типами мінералізаторів є системи на основі суміші водорозчинних солей чи природних мінералів. Однак, використання сумішей солей не задовольняє всіх вимог, через нестабільний рівень вилуговування, а обмежене використання природних мінералів пояснюється їх змінним складом та структурою. Тому, розробка композиційних керамічних поруватих мінералізаторів на основі природної композиційної сировини та водорозчинних солей з пролонгованою дією та дослідження їх властивостей є актуальним завданням.

Мета роботи – дослідження здатності композиційних мінералізаторів ефективно забезпечувати необхідні значення мінералізації питної води.

Для складання зразків були використані наступні сировинні компоненти: глина Артемівська (60÷65 мас. %), польвошпатована сировина ПШС-16 (10÷15 мас. %), крейда (10÷15 мас. %), 7-водний сульфат магнію (2÷5 мас. %) та фторид кальцію (2÷5 мас. %). Для формування каналних пор у структурі матеріалу до їх складу додатково вводили 10 мас. % вигоряючого наповнювача – стружки деревини. Після гомогенізації шихти з водою (10÷20 мас. %) масу витримували впродовж доби для набухання глинистих. Формування зразків проводили методом екструзії, висушували в сушильній шафі при температурі 180 °С впродовж 30 хвилин та випалювали за тристадійним режимом при максимальній температурі 1050 °С впродовж 30 хв.

Для оцінки здатності одержаних зразків підвищувати рівень мінералізації води використовували кондуктометричний метод, заснований на вимірюванні електропровідності системи «вода–мінералізатор». Для цього наважку одержаного матеріалу розміщували у стакані, виготовленому з хімічно стійкого скла, і заливали дистильованою водою. Співвідношення площі поверхні мінералізаторів до об'єму води було в межах 30 см<sup>2</sup> на 100 мл рідини.

Вимірювання електропровідності, солевмісту (мг/л) та рН проводили мультіаналізатором PL-700ALS одразу після контакту мінералізатора з водою, через одну і 3 доби після контакту.

Критерієм рівня мінералізації вважали вимірне значення питомої електропровідності води. Зазначене припущення ґрунтувалося на тому, що перехід розчинної складової мінералізатору у воду відбувається в іонній формі, що буде збільшувати кількість струмопровідних частинок у розчині. В результаті переходу утворюється розведений розчин з лінійною залежністю між значенням електропровідності і концентрацією електроліту, що дає змогу оцінити ступінь мінералізації води. Вказані вимірювання дозволяли дослідити динаміку процесу мінералізації і визначити час, необхідний для виходу системи у стаціонарний стан, який відповідає закінченню процесів переходу розчинної складової мінералізатора у воду.

Хронокондуктограма, наведена на рисунку 1, залежність 1, показує, що контакту мінералізатора з водою протягом однієї доби достатньо для приведення системи у стаціонарний стан після якого на залежності спостерігається поява плато. Це пояснюється тим, що система досягла рівноважного стану для процесу переходу йонів з розчинної складової мінералізатора в рідку фазу. Аналогічну форму має залежність загального солевмісту води від часу експозиції (рис. 1, залежність 2), величина якого після доби контакту встановлюється на рівні близько 300 мг/л.

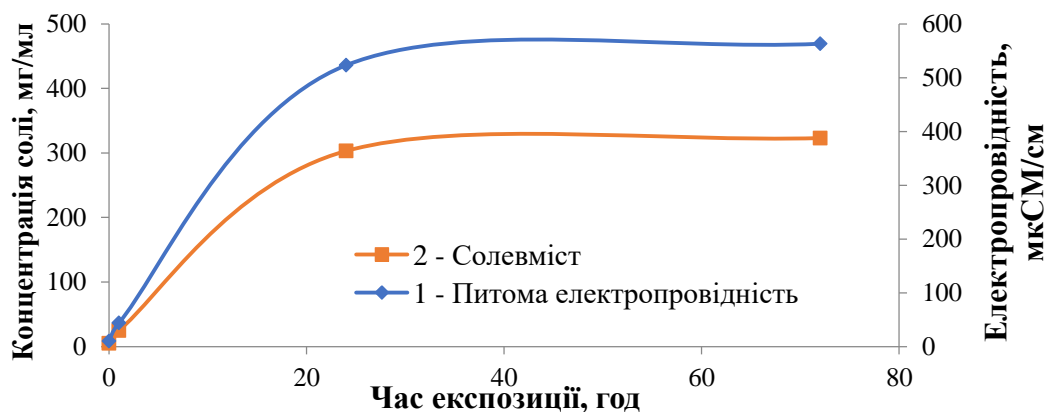


Рисунок 1 – Зміна питомої електропровідності (1) та солевмісту (2) дистильованої води при її контакті з керамічним мінералізатором

Встановлено, що рН збільшується приблизно до 8,3 після години контакту з мінералізатором і незначно знижується через три доби за рахунок контакту води з вуглекислим газом з повітря.

За результатами дослідження встановлено, що приведення рівня рН води до норми (6,5÷8,5) відбувається приблизно через годину після приведення в контакт мінералізатору з дистильованою водою та незначно зменшується при подальшій витримці. Електропровідність та загальний солевміст дослідних розчинів досягають стаціонарних значень впродовж доби, що вказує на переважне закінчення процесів переходу розчинної складової мінералізатора у рідку фазу.

# АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

**Д. С. Голуб**, канд. техн. наук, старший викладач

*Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», 49008, Дніпро, проспект Гагаріна, 8  
e-mail: [man-shan@ukr.net](mailto:man-shan@ukr.net)*

Конструкційні матеріали на основі еластомерів широко застосовуються в сучасній техніці. Зростання обсягів виробництва і споживання полімерних та еластомерних матеріалів призводить до постійного збільшення та накопичення відходів, які утворюються як в процесі виробництва, так і в процесі їх перероблення, проте більше 85 % відходів утворюються у сфері використання. До 80 % питомої ваги гумових відходів складають відпрацьовані автомобільні шини, які створюють значні проблеми як екологічному середовищі. Проблема використання зношених шин має також істотне економічне значення, оскільки потреби господарства в природних ресурсах безупинно ростуть, а їхня вартість постійно підвищується. В зв'язку з цим розвиток наукових досліджень з метою створення перспективних технологій з утилізації та перероблення відпрацьованих шин у конкурентоспроможні матеріали є актуальним питанням.

Метою роботи є пошук нових сокомпонентів для модифікуючих систем на основі сірковмісної фенолформальдегідної смоли октофор 10 для розширення асортименту добавок, які застосовуються для оброблення поверхні подрібненого вулканізату.

В якості об'єктів дослідження розглянуто продукти механічного подрібнення зношених гумових виробів, зокрема шин. Досліджено подрібнений вулканізат (ПВ), отриманий механічним подрібненням зношених шин та гумотехнічних виробів при позитивних температурах. Виходячи з результатів попередніх досліджень для оброблення поверхні подрібненого вулканізату застосовано сплави на основі фенолформальдегідного олігомеру – смоли октофор 10S разом з солями, отриманими сполученням похідних етаноламінів та стеаринової кислоти, а також метилового естеру жирних кислот, сировиною був курячий жир. Як аміновмісний компонент досліджено сіль, яку отримано взаємодією триетаноламіну зі стеариновою кислотою.

Встановлено, що додавання обробленого ПВ дозволяють знизити в'язкість гумових сумішей в порівнянні з необробленим ПВ і це дає змогу знизити енергоспоживання при виготовленні та переробці еластомерних композицій. Спостерігається також збільшення максимального моменту крутіння, що свідчить про підвищення ступеня зшивання вулканізатів з обробленим вулканізатом в порівнянні як з необробленим ПВ так і з регенератом. Аналіз механічних втрат при багаторазовому деформуванні показав, що відбувається зниження тангенсу кута механічних втрат при використанні обробленого ПВ в порівнянні з необробленим. Внаслідок цього при експлуатації виробів в умовах динамічного навантаження суттєво зменшиться теплоутворення, що забезпечить високу експлуатаційну надійність виробів.

# ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ СОЛЯНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

**В. О. Груздова**, здобувачка вищої освіти,  
**Ю. В. Колошко**, викладачка

*Національний університет цивільного захисту України,  
61023, Харків, вул Чернишевська, 94  
e-mail: leragruzdova1401@gmail.com*

Соляна промисловість є галуззю харчової промисловості України, складова частина її агропромислового комплексу. Підприємства промисловості зайняті видобуванням та переробкою кухонної солі – важливого харчового продукту і промислової сировини. Основними покладами солі на Україні зосереджені на Донбасі, соляних куполах Дніпровсько-Донецької западини, Передкарпатті та Закарпатті [1].

Отримання солі з природних соляних джерел, розсолів, що видобуваються за допомогою свердловин та колодязів, а також із морської води уже давно стало одним із головних видів діяльності людини.

Проблеми соляної промисловості України пов'язані з необхідністю додаткових витрат на охорону навколишнього природного середовища у процесі виробництва. Окрім того, галузь характеризується важкими умовами праці, що зумовлено насамперед недостатнім рівнем механізації і автоматизації робіт. На людину під час цього чиниться як хімічний так і фізичний вплив, що пов'язаний, серед іншого, з подразнюючим впливом солі на органи дихання та зору. До сих пір проводяться заходи щодо збільшення одиничної потужності випарної установки, впровадження автоматизованих ліній пакування тощо.

Галогенні породи – хемогенні осадові гірські породи, що виникли унаслідок випадання в осадок мінеральних солей із соляних розчинів у природних водоймах різного типу.

Кам'яну сіль (галіт) використовують для отримання харчової (кухонної) солі, соди, хлору, соляної кислоти, нашатирю, металевого натрію, легованих натрієм сплавів. Її застосовують у текстильній, фармацевтичній, лісохімічній промисловості, холодильній справі, під час виготовлення пластмас, як антисептик.

Залежно від виду сировини та технології виробництва харчову (кухонну) сіль поділяють на:

- виварну, що отримують на солеварнях з розсолів і морської води;
- кам'яну (видобуту з надр шахтним або відкритим способом);
- осадну (озерну) та отриману випаровуванням морської води у системі басейнів.

Підземне розчинення кам'яної солі здійснюють через бурові свердловини з подаванням розсолу на земну поверхню. Галітовий розчин, що видобувають через свердловини, використовують для отримання виварної солі,



а також для отримання кальцинованої соди, хлору і каустику. Видобування самоосадної солі становить 50 % від видобування всієї твердої солі і здійснюється відкритим способом.

Залежно від потужності і механічних властивостей пласта під час видобування озерної солі використовують різного типу солекомбайни, останнім часом усе частіше впроваджують земснаряди. Виробництво виварної солі на таких підприємствах здійснюють з використанням багатокорпусних вакуум-випарувальних пристроїв. Значну частину запасів кам'яної солі під землею розробляють шахтним способом.

Технологія переробки кам'яної солі, яку видобувають шахтним методом, полягає у подрібненні, розмелюванні і класифікації за фракціями. Первинне подрібнення здійснюється у дробарках відбіркової дії, вторинне подрібнення або грубе розмелювання – у відцентрових дробарках. Розмелювання солі на борошно відбувається на вальцьових млинах. Сушіння солі здійснюється у апаратах типу киплячого шару. Фасування молотої солі здійснюють автомати.

Державне підприємство «Артемсіль» [2] є найбільшим виробником високоякісної соляної продукції. Своєю екологічно чистою продукцією ДП «Артемсіль» забезпечує цілий ряд галузей, зокрема, таких як харчова, хімічна, нафтова, металургійна, енергетична, машинобудівна промисловості, сільське господарство, фармацевтика, косметологія, житлово-комунальне господарство та інші сфери народного господарства. На підприємстві приділяється велика увага екологічній безпеці та виготовленню високочистої продукції. Для цього забезпечується повна механізація та автоматизація виробництва, а також впровадження міжнародних стандартів управління якістю та безпекою: ISO 9001:2015, ISO 22000:2018 (НАССР). У 2018 році на підприємстві почався випуск нового виду високоякісної продукції – збагаченої солі, з використанням потужностей по уведенню різних добавок.

Технологічні лінії забезпечують одержання:

- якісної йодованої солі;
- солі з добавкою, що запобігає злежуванню і грудкуванню;
- кормової солі з мікроелементами.

Перспективи розвитку соляної промисловості України передбачають найпоширеніше використання відходів сильвініту у калійній промисловості та дистилерної рідини, що скидається содовими заводами. Це дає змогу оптимізувати природокористування та підвищити ефективність виробництва за рахунок комплексного використання ресурсів соляної галузі.

### Література

1. Хрестоматія з географії України: Посібник для вчителя / уряд. П.О. Масляк, – П.Г. Шищенко, К : Генеза, 1994, – 448 с.
2. ДП Артемсіль. Офіційний сайт. URL: <http://www.artyomsalt.com/ru/sample-page/>



# ЕФЕКТИВНІСТЬ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ АВТОКОЛИВНОГО ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ В БАРАБАННОМУ МЛИНІ

**К. Ю. Дейнека**, канд. тех. наук

*ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж  
Національного університету водного господарства та природокористування»  
33027, Рівне, вул. Орлова, 35  
e-mail: k.yu.deineka@nuwm.edu.ua*

Новим технологічним напрямом суттєвого підвищення порівняно низької енергетичної ефективності барабанних млинів є застосування інноваційного автоколивного процесу подрібнення матеріалів. Самозбудження автоколивних завантажень камери стаціонарно обертового барабана у вигляді самопливних пульсацій зумовлено втратою стійкості усталеного руху машинного агрегату приводу млина [1]. Збудження автоколивних активізує доволі велику пасивну частину внутрішньомлинного завантаження, що значно посилює інтенсивність взаємодії молоткових тіл із частинками подрібнюваного матеріалу [2].

Метою дослідження було виявлення спільного впливу ступеня заповнення камери завантаженням та вмісту у ньому подрібнюваного матеріалу на характеристики динамічної дії пульсаційного завантаження та параметри традиційного і автоколивного процесу подрібнення в барабанному млині.

Методом чисельного моделювання на основі результатів експериментальної візуалізації зернистої течії встановлено емерджентний динамічний ефект різкого підвищення автоколивної дії завантаження при спільному зменшенні заповнення камери та вмісту матеріалу. Виявлено значне зменшення пасивної квазітвердотільної зони руху завантаження, збільшення активної пульсаційної зони та зростання дилатансії. Прояв ефекту посилюється збільшенням розмаху автоколивних та зв'язних властивостей завантаження.

Встановлено синергетичний технологічний ефект різкого зниження питомої енергоємності та підвищення відносної продуктивності автоколивного подрібнення внаслідок значного зростання динамічної дії завантаження.

Розглянуто процес автоколивного помелу цементного клінкеру. Виявлено зниження відносної питомої енергоємності на 62 % та зростання відносної продуктивності на 125 % при спільному зменшенні заповнення камери з 0,45 до 0,25 та вмісту матеріалу в завантаженні з 1 до 0,125.

## Література

1. Deineka K.Yu., Naumenko Yu.V. The tumbling mill rotation stability [Electronic resource] // *Naukovyi Visnyk Nationalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2018. – No. 1(163). – P. 60–68. – Mode of access: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/10> (date of access: 05.05.2022). – Title from screen.
2. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of a simultaneous reduction in the filling load inside a chamber and in the content of the crushed material on energy intensity of self-oscillatory grinding in a tumbling mill [Electronic resource] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – Vol. 1. – No. 1. – P. 77–87. – Mode of access: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224948> (date of access: 05.05.2022). – Title from screen.

# ЗАСТОСУВАННЯ КЕРАМІЧНИХ НАНОФІЛЬТРІВ ПРИ СТВОРЕННІ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

**І. В. Зінченко<sup>1</sup>, завідувач лабораторії, О. В. Саввова<sup>2</sup>, д-р техн. наук, професор,  
Н. С. Цапко<sup>1</sup>, канд. техн. наук**

<sup>1</sup>*Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,  
61166, Харків, вул. Бакуліна, 6;*

<sup>2</sup>*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: savvova\_oksana@ukr.net*

Розробка та впровадження нових матеріалів для потреб промисловості та техніки потребує створення сучасних технологічних рішень, у тому числі, із застосуванням важких металів. Поряд з цим на сьогоднішній день однією з глобальних задач сучасності є вирішення проблем екологічної безпеки суспільства. Всесвітня організація охорони здоров'я вказує на необхідність вивчення впливу хімічних речовин на живі організми, в тому числі, і на організм людини.

Відомо, що важкі метали в силу своїх хімічних особливостей проявляють вплив на макро- і мікроорганізми і відносяться до групи токсикантів денатуруючої дії. У стічних водах важкі метали містяться у вигляді іонів або солей, що збільшує їх токсичну дію на природне середовище та організм людини. При попаданні забруднених стоків у ґрунт, підземні або поверхневі води, іони важких металів включаються до харчових ланцюжків, де відбувається їх подальше перетворення. У водоймищах вони мають здатність накопичуватися в донних відкладеннях і тим самим є джерелами вторинного забруднення. Здатність акумулюватися у тканинах живих організмів робить їх небезпечними для довкілля та здоров'я людини. Для зменшення вмісту іонів важких металів у забруднених стоках застосовуються методи та технологічні схеми, що розробляються відповідно до особливостей виробництва.

Джерелами надходження забруднень у вигляді солей важких металів у навколишнє середовище є машинобудівні та гальванічні виробництва, підприємства гірничо-металургійної галузі, зокрема обробка кольорових металів, паливно-енергетичні та хімічні виробництва. Склад забруднювачів стічних вод залежить від технологічного процесу виробництва.

На вибір певного методу очищення впливають концентрація та компоненти стоків із вмістом важких металів, вид виробництва, можливість застосування тієї чи іншої технології очищення. На різних етапах вилучення іонів застосовується той метод, який є найбільш ефективним та економічно менш витратним. Такими є: реагентний; сорбційний; іонообмінний; електрохімічний; зворотний осмос та нанофільтрація.

При нанофільтрації використовуються мембрани з отворами кілька нанометрів. Для таких мембран використовують пористі матеріали: ароматичні поліаміди, целюлози ацетат, кераміку. Нанофільтри здатні очищати воду на

молекулярному рівні. Не пропускають молекули шкідливих речовин, які у зв'язці з молекулами води. Така технологія очищення позбавляє воду важких солей, через які утворюється накип і пом'якшує воду, видаляючи з неї солі магнію і кальцію. Нанofільтри також очищають воду від нітратів на 40÷50 % тому, що вони є одновалентними і через це здатні проходити через пори фільтра.

Спосіб очищення металовмісних стічних вод на нанofільтраційних мембранах полягає в русі води вздовж мембранної поверхні та змиванні забруднень. Такі мембрани мають знижену селективність та значну проникність. Нанofільтрація дає високий результат на заключному етапі очищення стоків від забруднень іонами важких металів.

Розмір часу керамічних мембран для нанofільтрації знаходиться в діапазоні 0,001÷0,003 мкм (1÷3 нм). У процесі нанofільтрації видаляються органічні домішки, змінюється сольовий склад води (підготовка води до опріснення), пом'якшення води. Як матеріал для мембран зазвичай застосовують  $TiO_2$  з розміром пор 0,9÷1,0 нм та розміром пор 30÷40 %.

Однак застосування  $TiO_2$  в технології нанofільтрації є достатньо вартісним тому на сьогодні перспективним є використання альтернативної кераміки або склокераміки, яка здатні утримувати у своєму складі катіони важких металів.

На сьогодні перспективним є застосування склокераміки для біологічної фільтрації води в прісноводних та морських акваріумах, палюдаріумах та акватераріумах. Використання склокераміки як фільтра забезпечує високу швидкість проходження води та тривалий термін служби. Також сприяє біологічному розкладанню шкідливих речовин та ефективно видаляє з акваріумної води нітриту, нітрати, аміак та амоній. Склокераміка як мінеральний композит заселяється нітрифікуючими бактеріями, за допомогою яких здійснюється ефективна біологічна фільтрація. Біологічна фільтрація очищення менш витратний і не такий трудомісткий процес, як механічне очищення, але в той же час вимагає дотримання певних умов, щоб забезпечити ріст і життєдіяльність бактерій, що нітрифікують. Відомо, що нітрифікуючі мікроорганізми культивуються на мінеральних сумішах, куди входять речовини, що окислюються (аміак і нітриту) і вуглекислота. Саме розробка нетоксичних біологічно сумісних склокерамічних матеріалів для нанofільтрів в системі біологічної очистки дозволить вирішити важливу проблему очистки

Були розроблені пористі нанofільтри на основі склокераміки з вмістом азот та суглець вмісних сполук. Пориста склокераміка була отримана на основі біологічно активних кальційалюмосилікатній стекло методом вигоряючих добавок. Для забезпечення біологічної фільтрації важливим є забезпечення наявності нанопор в яких постійно зберігаються анаеробні умови. Такі умови придатні для денітрифікуючих бактерій, що розкладають нітрати до атмосферного азоту, повністю звільняючи від них воду.

Застосування керамічних та склокристалічних матеріалів на основі екологічно безпечної невагісної природної сировини дозволить створити ефективні нанofільтри для вирішення нагальних проблем забезпечення якісного очищення стічної води за виключенням навантаження на навколишнє середовище.

# ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОВІДБИВАЮЧИХ ПОКРИТТІВ, ЯК МЕТОД БОРОТЬБИ З ГЛОБАЛЬНИМ ПОТЕПЛІННЯМ

С. М. Козуб, канд. техн. наук, доцент, П. А. Козуб, канд. техн. наук, доцент,  
В. А. Лук'янова, канд. пед. наук, доцент

*Харківський національний медичний університет  
61002, Харків, пр. Науки, 4  
e-mail: s.n.kozub@gmail.com*

Глобальне потепління є однією з найбільших загроз для людства. На вирішення цієї загрози виділяються багато ресурсів, які в першу чергу стосуються боротьби з парниковими газами. Але будь які інші методи боротьби з глобальним потеплінням є не менш важливими.

Аналіз фактів показав, що головним фактором кліматичних змін є зміни альbedo планети безвідносно до причин його зміни, який набагато більший за ефект парникових газів [1]. Таким чином, якщо підвищити альbedo таким чином, що переважна кількість променів залишало планету не досягаючи хмарного покриву, проблему глобального потепління можливо якщо не вирішити, то принаймні значно зменшити.

Так використання дуже поширених зараз ретрорефлекторних матеріалів дозволяє відбивати до 90 % променів у зворотньому напрямку [2]. Особливістю таких покриттів є те що, їх оптичні властивості не залежать від куту нахилу поверхні і тому вони однаково добре працюють як відбивачі як для горизонтальних (наприклад дах, або дорога) так і для вертикальних (фасади) поверхонь.

Для перевірки запропонованого методу було проведено експериментальні дослідження, в результаті яких було встановлено, що використання кутникового відбивача дійсно призводить до зворотнього відображення, а також було підтверджено, що освітленість під тестовим куполом була мінімальною для ретрорефлекторного покриття і максимальною для дифузного білого покриття.

На основі створеної математичної моделі процесу відбиття сонячних променів у атмосфері при використанні такого покриття було показано, що використання такого покриття дозволить зменшити середню температуру навколишнього середовища на 1÷2 %. Таким чином експериментально підтверджено можливість і перспективність даного методу боротьби з глобальним потеплінням.

## Література

1. Абакумова Г.М. Тенденции многолетних изменений прозрачности атмосферы, облачности, солнечной радиации и альbedo подстилающей поверхности в Москве // Метеорология и гидрология. – № 9. – 2000. – С. 51-62.
2. Нагмутдинова А.И., Мифтахов И.С., Вознесенский Э.Ф. Современные световозвращающие элементы и методы улучшения их технологических и эксплуатационных свойств. Ж. «Вестник технологического университета», – Казань. – 2016. – №11(19). – С. 79-82.

## ВИКОРИСТАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ З РЕТРОРЕФЛЕКТОРНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

П. А. Козуб, канд. техн. наук, доцент, В. А. Лук'янова, канд. пед. наук, доцент,  
С. М. Козуб, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61002, Харків, пр. Науки, 17  
e-mail: pkozub@pkozub.com*

При особливому розташуванні відбиваючих поверхонь виникає ефект відбиття світлових променів в зворотньому напрямку. При попаданні на поверхні з ретролефлекторними властивостями промені відбиваються у зворотньому напрямку незалежно від кута падіння. Таким чином, на відміну від дифузного або дзеркального відбиття це призводить до їх повного відбиття від приповерхневої зони. В результаті загальна кількість променів, яку отримує простір навколо освітленої поверхні є значно меншою у порівнянні з іншими видами світловідбиваючих покриттів.

Ще однією особливістю таких покриттів є те що коефіцієнт відбиття, не залежать від куту нахилу поверхні і тому вони однаково добре працюють як відбивачі світлового потоку як для горизонтальних (наприклад дах, або дорога) так і для вертикальних (фасади) поверхонь. Це є дуже важливим при боротьбі з глобальним потеплінням, для створення охолоджуючих конструкцій, створення світлоізолюючих матеріалів із спеціальними властивостями.

Але хоча ретровідбиваючі покриття мають унікальні оптичні властивості і тому дуже поширені у сучасних технологіях, вони мають вади у використанні та складні у виготовленні [1, 2]. Це пов'язано з тим, що в природі таких поверхонь не існує, оскільки вони потребують спеціальної організації відбиваючих дзеркальних поверхонь.

В роботі запропоновано новий метод виготовлення покриття, який базується на основі теоретичних положень оптики та кристалографії – утворення кристалів з ортогонально розташованими гранями. Основною відмінністю запропонованої концепції є використання доступних компонентів та надійність отримання оптичних властивостей, що дозволяє виготовлення відбивачів з заданими оптичними властивостями і, в свою чергу, дозволяє створювати ефективні та недорогі матеріали для широкого вжитку з ретролефлекторними властивостями.

### Література

1. Ритонь Н.Е. Оптические свойства уголковых отражателей. Оптико-механическая промышленность, № 1, 1981. – С. 9–12.
2. Нагмутдинова А.И., Мифтахов И.С., Вознесенский Э.Ф. Современные световозвращающие элементы и методы улучшения их технологических и эксплуатационных свойств. Ж. «Вестник технологического университета», – Казань, 2016. – № 11(19). – С. 79–82.

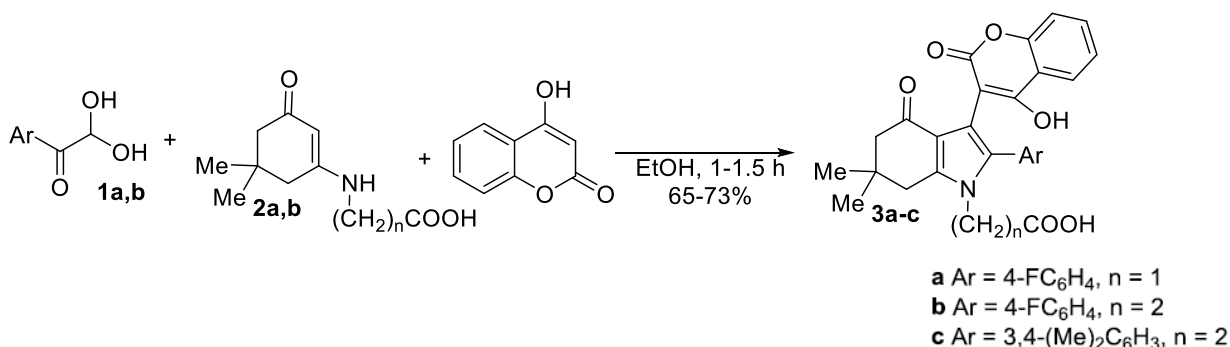
# СИНТЕЗ ТА ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЯ 3-ЗАМЩЕНИХ ТЕТРАГІДРОІНДОЛ-4-ОНІВ

**Н. М. Колос**, д-р хім. наук, професор, **К. В. Марченко**, аспірантка

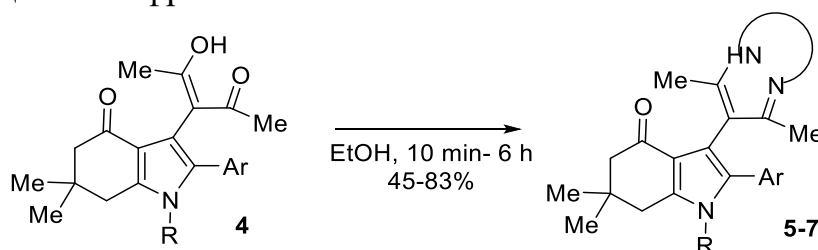
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, Харків, пл. Свободи, 6  
E-mail: [kolos\\_n@ukr.net](mailto:kolos_n@ukr.net)

Тетрагідроіндол-4-они виступають важливими скафолдами для створення великих баз комбінаторних бібліотек сполук з широким спектром біологічної активності. Неплоска будова циклогексенового фрагмента дозволяє забезпечити оптимальне зв'язування з активними центрами ряду ферментів, а також підвищити розчинність субстанцій, що є проблематичним для похідних індолу.

В даній роботі ми запропонували однореакторний підхід до синтезу нових похідних тетрагідроіндол-4-онів, що вміщують 4-гідроксикумариновий фрагмент в положенні 3, а також провели функціоналізацію тетрагідроіндолних похідних з ацетилацетоновим залишком в біциклі. Тетрагідроіндоли 3 а-с з високими виходами були одержані шляхом трьохкомпонентної конденсації гідратів арилглюксалів 1 а, б, енамініонів 2 а, б та 4-гідроксикумарину при нагріванні в етанолі протягом 1-1.5 ч. Експериментально встановлена послідовність стадій формування синтезованих сполук.



Цікавим є факт нееквівалентності протонів метильних та метиленових груп димедонового фрагмента в спектрах ЯМР <sup>1</sup>H продуктів 3 а-с, що проявляється їх подвоєнням. Цей факт пов'язаний з атропоізомерією відносно σ-зв'язку, який з'єднує гетероциклічні фрагменти.



Також нами проведена функціоналізація ацетилацетонового фрагмента сполук типу 4 шляхом конденсації з 1,2 та 1,4-бінуклеофілами, що відкриває шлях до синтезу піразолів та 1,5-діазепінів 5-7, які мають неабиякий інтерес з точки зору медичної хімії.

# ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ

**А. І. Літовка, студентка, М. В. Білоусов**, студент

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: [Anna.Litovka@mit.khpi.edu.ua](mailto:Anna.Litovka@mit.khpi.edu.ua)*

За сучасних умов економічного розвитку проблеми ефективного функціонування промисловості набувають актуальності, оскільки Україна має великий потенціал у цьому сегменті, що може дозволити зайняти лідируючі позиції на ринку.

Тривалий час основним флагманом вітчизняної промисловості була металургійна галузь, адже за останнє десятиріччя металургійні підприємства зменшують обсяги виробництва та втрачають відповідні ринкові позиції, тому розвиток металургії України потребує детального аналізу, виявлення проблем і подальшої розробки рекомендацій щодо їх стратегічного розвитку та виведення підприємств на світовий рівень.

Промислові підприємства є найпотужнішим джерелом комплексного впливу на природні екосистеми, що пов'язано з багатьма виробничими процесам, видобування корисних копалин, їх збагачення, наступна переробка з метою виробництва готової продукції, а також її транспортування та використання.

Промислове виробництво завжди включає процеси споживання природних ресурсів і процеси переміщення в екосистемі відходів та нереалізованої енергії.

Надвисокий рівень антропогенного навантаження на навколишнє середовище в промислових регіонах України призвів до критичного рівню забруднення багатьох міст, де по декількох показниках має місце постійне значне перевищення гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин.

Тому дослідження впливу металургійних підприємств на навколишнє природне середовище в Україні є важливим і актуальним.

Сьогодні промислова екологія охоплює дуже широке коло проблем та питань охорони навколишнього середовища. Для їх вирішення слід поглибити рівень наукових досліджень, розгорнути обґрунтування екологічних прогнозів для окремих регіонів та України в цілому.

Необхідно удосконалити управління природоохоронною діяльністю, виробити систему адміністративних, економічних, психологічних, освітніх заходів та визначити відповідальність населення за порушення заборони викидання неочищених вод у водойми і викидів в атмосферу, виробити систему безпечних технологій внесення у ґрунт мінеральних добрив, отрутохімікатів, на науковий рівень підняти процес лісозаготівель, щоб до мінімуму звести шкідливий вплив від вирубування лісу.

Від успішного вирішення цих проблем залежить здоров'я людей, продуктивність їхньої праці. При цьому необхідно всебічно враховувати особливості природи та клімату, не повинно бути єдиного стандарту при проектуванні міст в різних природних умовах.

## ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

А. І. Літовка, студентка, С. Д. Лялюк, студент

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002 Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: Anna.Litovka@mit.khpi.edu.ua*

Хімічна промисловість, що є джерелом істотного забруднення довкілля, поступається лише перед енергетикою, металургійним комплексом і автомобільним транспортом. Номенклатура продукції, що її випускає хімічна промисловість розвинених країн, є вельми різноманітною.

Хімічна промисловість належить до галузей, які споживають велику кількість сировини, води та енергії. Вона вирізняється складними процесами. Під час виробництва утворюється велика кількість побічної продукції, яка не завжди може бути використана як вторинні ресурси, а накопичується у вигляді відходів. У багатьох випадках відходи вимагають повного знищення через їхню надмірну токсичність.

В основній хімічній промисловості найбільшу кількість твердих відходів дають виробництва мінеральних добрив і сірчаної кислоти. У виробництві мінеральних добрив головним є переробка фосфоритів і апатитів. У процесі їх збагачення утворюється велика кількість твердих відходів і пилу. Понад 90 % видобутку калійних солей також використовується як мінеральні добрива, а під час їх переробки та збагачення щорічно утворюються мільйони тон твердих галітових відходів і сотні тисяч тон глинисто-солевих шлаків. Тверді відходи сірчаної кислоти із сірчаного колчедану піритні недогарки, пил і шлаки щорічно складаються сотнями тисяч тон.

У виробництві органічних продуктів і виробів найбільшою кількістю відходів відзначаються нафтопереробка, нафтохімія та хімія органічного синтезу, виробництво гумових виробів, пластмас та інших полімерних матеріалів. Одним із найпоширеніших відходів є кислі гудрони - речовини, що складаються з сірчаної кислоти, води та органічних сполук.

Практично кожне підприємство хімічної промисловості є серйозним забруднювачем довкілля. Так, нафтопереробний завод розсіює викиди основних забруднень – вуглеводів у радіусі до 25 км.

Усі хімічні виробництва належать до водомістких. Їх функціонування супроводжується утворенням великої кількості стічних вод із високим вмістом хлороорганічних сполук, кислот і лужних речовин, вуглеводневих сполук. Скидання їх безпосередньо у водойми та міську каналізацію заборонено. Тому на території кожного хімічного підприємства чи поблизу нього утворюються великі ставки-відстійники.

Серед багатьох галузей промисловості, хімічна вирізняється високою складністю організації виробництва. Тому лише завдяки новітнім підходам до створення хімічної продукції можливо вирішувати екологічні проблеми, які зустрічаються при хімічному виробництві.



# БІБЛІОТЕКА ЗОБРАЖЕННЯ АТОМАРНОГО РІВНЯ НАЙБІЛЬШ ВАЖЛИВИХ КЛАСІВ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

**В. А. Лук'янова**, канд. пед. наук, доцент, **П. А. Козуб**, канд. техн. наук, доцент,  
**С. М. Козуб**, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет радіоелектроніки  
61002, Харків, пр. Науки, 14  
e-mail: viktoriia.lukianova@nure.ua*

Створення нових матеріалів є основою всієї сучасної технології, що є майже неможливим без сучасних методів моделювання їх структури та властивостей. Так, за допомогою теоретичних розрахунків було передбачено такі вуглецеві матеріали як фулерени, нанотрубки, графен, відкрито нові напівпровідникові матеріали, запропоновано нові наноматеріали, напівпровідники та ін. Але у той же час таке моделювання є дуже ускладнено математичними розрахунками, що сповільнює узагальнення отриманих результатів та розповсюдження отриманих закономірностей на інші матеріали.

Використання зображень речовин на атомарному рівні дозволить зв'язати реальні фізико-хімічні об'єкти з моделями, які використовуються для розрахунків, що вкрай важливо для науковців та технологів та викладачів [1, 2].

Зібрані у бібліотеці зображення реальних хімічних об'єктів відображають структуру, розміри та властивості основних класів хімічних сполук у конденсованому стані. Бібліотека відображає основні (принципові) структури речовини та є простою у використанні.

Створена бібліотека може використовуватись для наукових досліджень та у навчанні в якості прикладів існуючих атомарних структур, як додатковий матеріал лекцій з загальної хімії, матеріалознавства, фізичної хімії, для практичних розрахунків геометрії зв'язків у органічних молекулах (одинарні, подвійні, потрійні, водневі зв'язки) та кристалах, вивчення та ілюстрації впливу різних елементів на геометрію зв'язків у органічних сполуках, може бути використана для створення фізичних моделей атомарної структури речовини при створенні нових матеріалів.

При розробці бібліотеки запропонована система класифікації зображень, набір ключових слів для пошуку зображень, методика первинної обробки зображень, та набір додаткових даних (атрибутів) до кожного зображення. Основною відмінністю запропонованого набору зображень є системність, надійність та відображення всіх типів атомних структур, наявність методики пошуку нових зображень та їх підготовки.

## Література

1. Single Molecule Scanning Tunneling Microscopy. Erin V. Iski, Mahnaz El-Kouedi, and E. Charles H. Sykes. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology 2nd Edition. [Invited Chapter] In press 2010. 3438.
2. Shen, Q., Gao, H.-Y., & Fuchs, H. (2017). Frontiers of on-surface synthesis: From principles to applications. Nano Today, 13, 77–96. doi:10.1016/j.nantod.2017.02.007

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ УФ ПРОМЕНІВ

**В. А. Лук'янова**, канд. пед. наук, доцент, **П. А. Козуб**, канд. техн. наук, доцент,  
**С. М. Козуб**, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61002, Харків, пр. Науки, 14  
e-mail: viktorii.lukianova@nure.ua*

Тема ультрафіолетового випромінювання стає все більш актуальною у наш час. З поширенням виробництва та розвитком людської діяльності збільшуються викиди хімічних речовин в атмосферу, що призводить до пошкодження озонового шару – першочергового захисника поверхні Землі від УФ випромінювання. Проблема ультрафіолетового випромінювання як виробничого та екологічного чинника в даний час також обумовлена широким використанням його джерел в народному господарстві. Професійному впливу УФ випромінювання піддаються електрогазозварники, копіювальники друкованих форм, працівники кіностудій і телебачення, тепличних господарств, медичний персонал (фізіотерапевти, стоматологи, педіатри) та інші працівники, які обслуговують різні джерела ультрафіолетового випромінювання.

Метою роботи даної роботи стала розробка нового лабораторного обладнання для шкіл та її практична перевірка на основі простих та доступних засобів та з використанням принципово нового підходу для вимірювання УФ випромінювання, ґрунтованого на використанні люмінофорних барвників чутливих до УФ променів.

За основу приладу було взято шкільний тридіапазонний лабораторний фотоколориметр, виготовлений згідно концепції створення універсальної лабораторної установки на основі простих та доступних мікроконтролерів Arduino [1] з модифікацією його оптичної частини.

Флуоресценція речовин під дією УФ випромінювання призводить до виникнення джерела випромінювання у видимому діапазоні, яке потім фіксується за допомогою стандартного RGB датчика. При змішуванні декількох речовин з різною спектральною чутливістю (UVA, UVB, UVC) сумарний колір суміші буде залежати від співвідношення кількості променів з відповідними частотами.

Тестування приладу показало практичну можливість використання його для визначення та кількісної оцінки інтенсивності випромінювання як звичайного сонячного світла, так і штучних джерел УФ випромінювання (зварювальна дуга, детектори валюти, ртутні лампи обеззаражування приміщень та ін.).

### Література

1. P. Kozub, S. Kozub, V. Lukianova, L. Borysova, D. Taraduda, T. Kachur, The new concept of laboratory support for educational institutions and scientific establishments, Archives of Materials Science and Engineering 107/1 (2021) 32-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.8192>

# ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА ОСНОВІ КВІТІВ ТА ЛИСТА ГЕРАНІ

**М. М. Мартинюк, П. А. Козуб, канд. техн. наук, доцент,  
С. М. Козуб, канд. техн. наук, доцент, В. О. Томаровська, канд. пед. наук, доцент**

*Харківський національний університет радіоелектроніки  
61002 Харків, пр.Науки, 14  
e-mail.: [martinjuk2016@gmail.com](mailto:martinjuk2016@gmail.com)*

Одна із найбільш актуальних проблем сучасності – виготовлення цілющих лікувально-профілактичних біологічно активних речовин з використанням таких рослин, які здатні розвиватися у закритому просторі та бути продуцентами широкого спектру біологічно активних речовин в періоди осінь – зима – рання весна, у закритому просторі космічних кораблів, віддалених поселень з штучним освітленням. Подібні технології орієнтовані на збереження екологічно чистого довкілля, раціонального використання природних ресурсів рослинної сировини.

Оскільки біологічно активні молекули є надто чутливими до багатьох факторів зовнішнього середовища (світла, кисню, температури, радіації, опромінювання УФ- та ІК-випромінюванням, сірки, кислот та лугів, іонів металів, радикалів та ін.) то велика кількість отриманих таким чином речовин втрачає свої цілющі якості ще в процесі транспортування та подальшого зберігання.

Тому технологія переробки рослинної сировини має бути орієнтована на виготовлення невеликих об'ємів продукту, котрий буде споживатись в короткий термін час без використання консервантів та стабілізаторів. Це дає можливість отримувати біологічно активні речовини з усіма притаманними їм цілющими властивостями на малих підприємствах, при аптеках та в індивідуальних господарствах.

Скринінгове дослідження з метою виявлення, тестування, та відбору рослинної культури, що здатна продукувати самий широкий спектр життєво необхідних біологічно активних речовин дозволило запропонувати технологію виготовлення біологічно активних речовин на основі герані культурної (як модельного об'єкту), було досліджено екологічну безпеку запропонованої технології, якість отриманого продукту.

Показано, що методика дозволить отримати чистий без домішок високоякісний продукт у свіжому стані на протязі усього року і, що дуже важливо, в зимовий період. Впровадження запропонованої технології дозволить зберегти в чистоті довкілля та запаси дикорослої рослинної сировини, і покращить можливості профілактичної медицини.

## Література

1. Техноекотолія: підручник /М.С. Мальований, В.М. Боголюбов, Т.П. Шаніна, В.М. Шмандій, Т.А. Сафранов. за ред. Мальованого М.С. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 616 с.

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАСЛА ШИПШИНИ

**М. М. Мартинюк**, канд. пед. наук, доцент, **Є. М. Удовіченко**,  
**П. А. Козуб**, канд. техн. наук, доцент, **С. М. Козуб**, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61002, Харків, пр. Науки, 14  
e-mail: martinjuk2016@gmail.com*

Щорічно людство виробляє до 400000 тон рослинних олій у вигляді лікарських засобів, але значна частина лікарських та профілактичних рослинних олій, які включають в себе велику кількість високоактивних ферментів, вітамінів, нестійких речовин досить швидко руйнуються. Тому такі препарати мають загальний строк придатності до 6 місяців. За такого короткого строку зберігання та вживання недоцільно використовуються запаси рослинної сировини природного середовища.

Робота присвячена одній із найбільш актуальних проблем сучасності – розробки технології виготовлення натурального масла шипшини (*Oleum Rosae*) та збереження природньої різноманітності довкілля. Сировина: зрілі плоди шипшини (*Rosae fructus*). Цільовий продукт масло шипшини *Oleum Rosae* (найбільш поширені марки на ринку України *Rosa Mosqueta*, *Rosehop Seed Oil*, *Wild Rose Oil*).

Було проаналізовано існуючі методи виготовлення масла шипшини та їх вплив на навколишнє середовище, у плані збереження рослинного різноманіття як сировини, та хімічного забруднення навколишнього середовища розчинниками, використаними в процесі виготовлення препарату та запропоновано технологію екологічно чистого виготовлення олії шипшини невеликими об'ємами, що дозволить використовувати постійно свіже масло без втрати його цілющих якостей.

З урахуванням даних наукової літератури, технологію екстракції було побудовано на використанні харчової рослинної олії. Такий підхід є екологічним, у олії не буде залишкових слідів хімічних екстрагентів, така технологія є простою, не потребує складного дорогого обладнання, не містить небезпечних та токсичних речовин.

Експериментальні дослідження показали, що запропонована технологія є досить перспективною та цікавою для аптек, малих підприємств та індивідуальних споживачів, яка дозволяє зберегти в чистоті довкілля та раціонально використовувати рослинну сировину, що обумовить заощадження природних ресурсів, електроенергії, зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу та отримання високоякісного цілющого масла без домішок та консервантів, без залишків екстрагентів, за технологією *ex tempore*.

### Література

1. Техноекіологія: підручник / М. С. Мальований, В. М. Боголюбов, Т. П. Шаніна, В. М. Шмандій, Т. А. Сафранов. за ред. Мальованого М.С. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 616 с.

# ТРИДАПАЗОННИЙ ФОТОКОЛОРИМЕТР ДЛЯ ШКІЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

Л. Ю. Морозова, П. А. Козуб, канд. техн. наук, доцент,  
С. М. Козуб, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61002, Харків, пр. Науки, 14  
e-mail: lana.morozova@nure.ua*

Знання про концентрацію речовини застосовуються абсолютно у всіх сферах виробництва так чи інакше пов'язаних з хімією, причому одним із найбільш вживаних методів їх встановлення є фотометричні методи аналізу. Але вони майже не доступні для школярів та студентів молодших курсів, тому що прилади для застосування цих методів доволі дорогі та складні у використанні [1].

Тому метою даної роботи стала розробка приладу для вимірювання концентрацій речовин за допомогою простого аналізатору кольору на основі універсальної лабораторної установки на базі мікропроцесору Ардуіно [2].

В результаті аналізу технічних характеристик та вибору компонентів було запропоновано метод вимірювання концентрацій за допомогою RGB сенсору та розроблено оптичний блок приладу лабораторного приладу, було створено зразки обладнання та проведено їх перевірку. Під час розробки обладнання було вивчено особливості створення та використання запропонованого обладнання при навчанні школярів та студентів та надання рекомендацій по створенню нової лабораторної техніки на майбутнє.

Результати роботи показали, що запропонований пристрій дозволяє підвищити рівень лабораторної бази шкіл до сучасного рівня лабораторної бази університетів та дозволяють організацію науково-дослідницьких робіт учнів дистанційно. Розроблений прилад може бути використаний для створення шкільної лабораторії у міських, сільських школах, у гуртках з науково-дослідницької діяльності, виробництві.

Робота є частиною національної програми підвищення якості освіти за рахунок створення нової системи лабораторних приладів у новій українській школі, досвід створення приладу може бути покладено в основу загальнонаціональної програми підвищення рівня викладання дисциплін природничого циклу (фізика, хімія, біологія) та створення нового підходу до навчання учнів з метою самозабезпечення шкіл засобами навчання.

## Література

1. Теоретична та прикладна фотометрія: навч. посіб. / уклад.: К. Ю. Зенкова, А. О. Карачевцев; Чернів. нац. ун-т ім. Ю.Федьковича. — Чернівці, 2009. — 74 с.
2. P. Kozub, S. Kozub, V. Lukianova, L. Borysova, D. Taraduda, T. Kachur, The new concept of laboratory support for educational institutions and scientific establishments, Archives of Materials Science and Engineering 107/1 (2021) 32-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.8192>

# ТЕХНОЛОГІЯ ШВИДКОЇ ОЦІНКИ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИМІЩЕНЬ

**В. Х. Мурадова**, канд. техн. наук, **П. А. Козуб**, канд. техн. наук, доцент,  
**С. М. Козуб**, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет радіоелектроніки  
61002, Харків, пр. Науки, 14  
e-mail: muradova@nure.ua*

Світлотехнічні характеристики будівель є одними з основних параметрів, які необхідні для їх ефективного використання і в багатьох випадках визначають їх економічні показники такі як кількість енергії необхідної для освітлення та опалення.

Не дивлячись на технічний прогрес та розвиток комп'ютерних технологій теоретичні розрахунки світлотехнічних характеристик будівельних об'єктів в є дуже коштовні та займають багато часу.

Створення доступної та ефективної технології оцінки конструктивних рішень щодо будівельних об'єктів, яка не потребує спеціальних технічних засобів, особливого програмного забезпечення або складних математичних обчислень можливо при використанні зменшених фізичних моделей реальних об'єктів для вивчення особливостей світлотехнічних характеристик будівельних об'єктів з наступним використанням цих даних для проектування реальних будівель.

Для цього було створено фізичну модель реальної будівлі, що дозволило порівняти енерготехнологічні характеристики моделі з реальним об'єктом в залежності від основних параметрів навколишнього середовища, його розташування, особливостей конструкції будівлі, вивчено закономірності поглинання енергії, енергозберігаючі та світлотехнічні характеристики покриття, вивчення його поведінки в реальних умовах.

Проведено заміри інтенсивності освітлення для фізичної моделі та підтверджено її подібність до моделі реального об'єкту, експериментально встановлено коефіцієнт перерахунку теоретичних значень для використання в практичних розрахунках, отримано загальну формулу для розрахунку світлотехнічних характеристик приміщень та показано можливість її використання для перенесення експериментальних даних з фізичної моделі на реальні об'єкти.

Як тестову перевірку технології запропоновано конструкцію даху який буде мати кондиціонуючі властивості в залежності від сезону та кліматичної зони, географічного розташування та конструктивних особливостей будівлі.

## Література

1. Москалев В.А. Теоретические основы оптико-физических исследований – Л.: Машиностроение, 1987. – 318 с.
2. P. Kozub, S. Kozub, V. Lukianova, L. Borysova, D. Taraduda, T. Kachur, The new concept of laboratory support for educational institutions and scientific establishments, Archives of Materials Science and Engineering 107/1 (2021) 32-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.8192>

## **ПРО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОТОЧНОГО БІОТЕСТУВАННЯ ДЖЕРЕЛЬНИХ ВОД МІСТА ХАРКІВ**

**В. В. Яковлев, д-р геол. наук, професор, Т. В. Дмитренко, канд. техн. наук, доцент**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [yakovlev030157@gmail.com](mailto:yakovlev030157@gmail.com), [t\\_dmytrenko@ukr.net](mailto:t_dmytrenko@ukr.net)*

Одним із найважливіших завдань на державному рівні є забезпечення населення якісною питною водою. Протягом останніх десятиріч популярними у населення міст є джерельні води, які використовуються для питних і господарсько-побутових цілей. На території м. Харків розташовано більше ніж 20 таких джерел. Спеціальними спостереженнями встановлено, що кожного дня джерела відвідують понад 14 тисяч харків'ян, що дозволяє припускати, що з урахуванням членів їх родин джерельною водою щодня користується близько 50 тисяч людей. За останні роки було проведено реконструкцію найбільш рясних і популярних джерел міста, упорядковані підходи до них. З архівних і літературних джерел відомо, що якість джерельних вод м. Харків не відповідає чинним нормативам. Невідповідність нормативам для питних вод спостерігається за такими показниками, як нітрати, жорсткість, сульфати та ін. Необхідно акцентувати увагу на тому, що джерела формуються на території міста, і перелік показників якості води, що визначаються, є недостатнім. Також недоліком є відсутність широкої інформації про якість води для споживачів. Тому, актуальними є питання ефективного контролю якості джерельних вод та інформованості населення про якість води кожного джерела.

Ці задачі можуть бути виконані шляхом облаштування штучних і наочних водних басейнів з проточною джерельною водою, в якій знаходитиметься звичайна для наших річок іхтіофауна і рослинність. Стан біоти забезпечуватиме поточне біотестування води. Технічно це можуть бути закриті склом басейни біля джерела або акваріуми (також закриті від потрапляння сміття). Такі водні резервуари необхідно періодично чистити й періодично годувати їх «мешканців», що може здійснювати муніципальна служба. Оскільки джерельна вода, як підземна, недостатньо насичена киснем, необхідно забезпечити підкачку повітря й кількісно регулювати подачу нової джерельної води. У разі необхідності підігріву води, особливо у зимовий період, це також забезпечується регулюванням подачі свіжої води й термоелементами. В якості останніх можуть бути використані лампи освітлення, які вмонтовуються у конструкцію басейнів чи акваріумів. Біля акваріумів доцільно розміщувати наочну інформацію для всіх водокористувачів про якість води джерел на підставі результатів лабораторних аналізів води джерел.

Автори сподіваються, що крім забезпечення поточного контролю якості джерельних вод і наочного інформування населення, втілення в життя запропонованої ідеї сприятиме підвищенню культури водоспоживання мешканців м. Харків і може бути використано для інших міст країни.

# ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПЕРЕРОБКИ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

М. В. Яцков, канд. техн. наук, стар. наук. спів.,  
Н. М. Корчик, канд. техн. наук, доцент, В. Ю. Беседюк, аспірант

*ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП»,  
33017, Рівне, вул. Орлова, 35  
e-mail: m.v.yatskov@nuwm.edu.ua*

Встановлено, що глобальний об'єм сироватки, яка продукується, оцінюється у понад 10 мільярдів тонн на рік, але лише 50 % обробляється і перетворюється на продукти, що не забруднюють довкілля. Таким чином, утилізація стічних вод, що містять сироватку є однією з основних екологічних проблем у світі. Сьогодні сироватка продукується з під двох основних типів виробництва сирів. Перший характеризується виробництвом продукції, що відповідає традиційним технологіям та обладнанню (фермерські господарства). Другий характеризується виробництвом продукції з використанням комплексів автоматизації та характерною максимізацією вилучення білкового згустку. Останнє досягається використанням потужних синтетичних ферментів на стадії сквашування, які шляхом біохімічних реакцій викликають процеси максимального склеювання білкових компонентів. Сироватка після такого виробничого процесу обмежена у застосуванні для переробки та потребує ефективних процесів її очищення. Водночас, сироватка з під виробництва сирів першого типу має високий потенціал для подальшої комплексної переробки [1].

Важливим аспектом є нестабільність сироватки як речовини. Протягом перших 12 годин зберігання сироватки без обробки втрачається 25 % її енергетичної цінності, змінюється вміст мікрофлори, а також відбуваються динамічні зміни кислотно-основних та окисно-відновних умов середовища. Інтенсивність цих процесів залежить від температурного режиму зберігання сироватки та типу сирів, з під яких вона була отримана. Таким чином, доцільно забезпечувати організовані центри локальної переробки сироватки з під виробництв першого типу, які передбачатимуть оперативний збір сироватки з регіональних підприємств та її подальшу утилізацію за технологіями комплексної переробки та вилучення цінних компонентів з метою виробництва вторинної сировини. Це дозволить мінімізувати екологічні ризики та забезпечити додаткові економічні ефекти.

Було проведено дослідження щодо локального очищення сироватки перед її скидом у загальний стік стічних вод, а також розроблена технологічна схема процесів очищення. Було розроблено концепцію та технологічну схему селективного вилучення цінних компонентів сироватки, що дозволить виробляти вторинну продукцію, таку як біологічно цінні речовини та харчові добавки. Базуючись на цих результатах, продовжуються дослідження та розробка систем комплексної переробки молочної сироватки.

## Література

1. Друзенко А.А., Корчик Н.М., Беседюк В.Ю. Екологічне виробництво молочних продуктів // Харчова промисловість. 2014. – № 16. – С. 73–77.



## ІНТЕГРОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФЕРУМОВМІСНИХ ВОДНИХ СИСТЕМ

**М. В. Яцков**, канд. техн. наук, професор, **Н. М. Корчик**, канд. техн. наук, доцент,  
**Н. М. Буденкова**, канд. хім. наук, доцент, **О. І. Мисіна**, ст. викладач

*Національний університет водного господарства та природокористування  
33028, Рівне, вул. Соборна, 11  
e-mail: o.i.mysina@niwm.edu.ua*

У роботі представлені результати досліджень по створенню інтегрованої технології очищення ферумовмісних стічних вод від операцій травлення. Дослідження проводили на відпрацьованих технологічних розчинах та промивних водах травлення сталей підприємства ТзОВ “Завод метизних виробів” в лабораторних і дослідно-промислових умовах.

Основний об’єм стічних вод очищується в централізованих системах з частковим поверненням води у виробничий процес. Відпрацьовані розчини від операцій травлення підлягають регенерації з поверненням у виробничий процес та частковим дозуванням в основний потік стічних вод від операцій промивання [1]. Запропонована технологічна схема включає реагентне очищення стічних вод, їх взаємне знешкодження, регенерацію розчинів травлення, глибоке доочищення з застосуванням магнітного пристрою.

Головною метою очищення стічних вод (80 % від операцій промивання та 20 % від локальних циклів очищення) є вилучення йонів феруму у формі нерозчинних гідроксосполук, що досягається дозуванням лужного реагенту. При цьому для прискорення фази утворення нерозчинних гідроксосполук рекомендовано дозування флокулянта. Практична реалізація цього процесу на одному з підприємств України дозволила зробити рекомендації щодо удосконалення технології очищення, а саме: дозування лужного реагенту та флокулянта можливо здійснювати в одному апараті типу «реактор-змішувач – відстійник»; наступне розділення утвореної зависі здійснюється на пінополістирольному фільтрі, що забезпечує додаткове очищення від йонів феруму в товщі фільтруючого завантаження та ефективне розділення зважених речовин; для глибокого очищення від йонів феруму рекомендуємо застосувати магнітний пристрій [2]. Застосування цього пристрою підвищує загальну ефективність очищення додатковим формуванням твердої фази солей, що зумовлюють жорсткість в об’ємі стічної води при проходженні її через систему магнітів.

### Література

1. Yatskov M., Korchyk N., Budenkova N., Kyrylyuk S., Prorok O. Development of technology for recycling the liquid iron-containing wastes of steel surface etching // Eastern-European Journal of Enterprise Technologie. 2017. – Vol. 2. – No. 6. – P. 70–77.
2. Яцков М.В., Мисіна О.І. (1999). пат. 36351 UA. Пристрій для очищення рідини від магнітних та немагнітних включень: МПК В03С 1/00 (2000.04) В01D 35/06 (2000.04). № 99126648; заявл. 07.12.1999; опубл. 16.04.2001, бюл. № 3.

## **СЕКЦІЯ 3**

### ***ПИТАННЯ РОЗВИТКУ НАФТОГАЗОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЇ***

# MOVEMENT OF COKE IN THE DRY COKE QUENCHING PLANT DURING ITS UNLOADING

**A. Fidchunov<sup>1</sup>, O. Borisenko<sup>1</sup>,  
D. Miroshnichenko<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Kravchenko<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*State Enterprise «Ukrainian State Research Coal Chemistry Institute (UKHIN)»,  
61023, Kharkiv, Vesnina Street, 7;*

<sup>2</sup>*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
61002, Kharkiv, Kirpicheva Street, 2;*

<sup>3</sup>*State Institute for Designing Enterprises of Coke Oven and by-Product Plants,  
61002, Kharkiv, Sumska Street, 60  
e-mail: fich.aleks@gmail.com*

Zones of accelerated coke descent and stagnant zones appear when the coke is unloaded. This area of the process of dry coke quenching has not been studied and explained by the impossibility of conducting research on a directly operating industrial DCQP [1]. Such studies can be performed using either mathematical or laboratory modeling [2].

The study presents a more detailed analysis of the revealed influence of the design of various units of the DCQP on the nature of the movement of coke in the quenching chamber of the DCQP during its unloading. The numerical terms of the change in the rate of coke descent in the fire extinguishing chamber of the DCQP depending on the design of the blower head and the difference in the supply of refrigerant is presented. It can be argued that the constructive creation of resistance to the movement of coke in the form of a two-beam structure for supplying coolant to the blower head creates conditions for a more uniform descent of the coke loaded into the quenching chamber of the DCQP, on average reducing the rate of descent of coke by 4.6 %. Comparison of the surface profiles of the considered DCQP indicates an earlier and noticeable manifestation of zones of accelerated coke descent with a single-level blow head, the reason for which is its smaller cross-sectional area than that of a five-level blow head.

The movement of coke to the level of the blast head is characterized by the constancy of the rate of unloading of coke over the cross section of the quenching chamber, which creates optimal conditions for uniform distribution of the coolant in the array of quenched coke. A single-beam DCQP is characterized by the presence of two zones of accelerated descent located in the sectors of the boiler and coke sides. A larger number of zones of accelerated descent creates a condition for a more uniform descent of coke throughout the entire volume of the DCQP chamber. The manifestation of the action of zones of accelerated descent begins the earlier, the smaller the surface of the blow head.

## References

1. Grebenyuk A.F., Pozdnyakov A.G., Ryazantsev A.A. Osobennosti raboty USTK bunkernogo tipa // Koks i himiya. 1998. – No. 3. – P. 14–16.
2. Fidchunov A.L., Stelmachenko S.Yu., Pozhar S.G., Kryuk R.A., Kovalev A.B. 3D model ustanovki suhogo tusheniya koksa // Uglehimicheskiy zhurnal. 2018. – No. 6. – P. 3–7.

# PREDICTION OF THE HEATS OF COMBUSTION OF PLANT RAW MATERIALS BASED ON THE ELEMENTAL ANALYSIS DATA

**D. Miroschnichenko, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
I. Malik, graduate student**

*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
61002, Kharkiv, Kirpicheva Street, 2  
e-mail: dvmir79@gmail.com*

The heat of combustion of plant raw materials is related to their elemental composition, in particular, to carbon, hydrogen, and oxygen contents. Different types of plant raw materials are characterized by different elemental compositions; therefore, they have different heats of combustion [1].

The heat of combustion of plant raw materials also depends on their chemical composition, in particular, on the concentrations of cellulose, lignin, hemicellulose, and resinous substances in them.

Within the framework of this study, we analyzed the relationships of the proximate ( $W_t^r$ ,  $A^d$ , and  $V^{daf}$ ) and elemental ( $C^{daf}$ ,  $H^{daf}$ ,  $N^{daf}$ ,  $S^{daf}$  and  $O^{daf}$ ) analysis data and C/H, C/N, C/S, and C/O atomic ratios of various types of plant raw materials with their gross calorific values ( $Q_s^{daf}$ ).

For the analysis, we used a unique database [2], which contains information on the composition and properties of plant raw materials, which can be used for the production of biogas, charcoal, and torrefied biomass. A total of 362 samples were studied.

Although the oxygen content is a calculated value, its role in the formation of the calorific value of plant raw materials can be compared only with that of the carbon content because its concentration can be 50 % or higher.

The article summarizes the maximum, minimum, and arithmetic mean values and the ranges of quality characteristics of plant raw materials. Based on an analysis of the data, we can state that they are characterized by rather wide ranges.

The above changes in the proximate and elemental analysis data were reflected in the gross calorific values ( $Q_s^{daf}$ ) of the test samples: they varied from 16.25 to 33.82 MJ/kg.

Paired correlation coefficients between different quality characteristics of plant raw materials were calculated for the test samples.

The statistical analysis of the test relationships showed that they were generally characterized by satisfactory accuracy, as evidenced by the high values of determination coefficients ( $R^2 > 0.849$ ). The only exceptions were mathematical relationships between the C/H ratios and  $C^{daf}$  ( $R^2 = 0.345$ ) or  $H^{daf}$  ( $R^2 = 0.562$ ).

## References

1. Demirbas, A. Relationships between heating value and lignin, moisture, ash and extractive contents of biomass fuels // Energy Exploration & Exploitation. 2002. – Iss. 1. – P. 105–111.
2. Database for the Physicochemical Composition of (Treated) Lignocellulosic Biomass, Micro- and Macroalgae, Various Feedstocks for Biogas Production and Biochar. <https://phyllis.nl/>

# COKING OF STAMPED COAL BATCH. YIELD OF CHEMICAL PRODUCTS

**N. V. Mukina<sup>1</sup>**, graduate student,  
**D. V. Miroshnichenko<sup>2</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Professor

<sup>1</sup>«ArcelorMittal Kriviy Rig», 50095, Kriviy Rig, Ordzhonikhidze Street 1;

<sup>2</sup>National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
61002, Kharkiv, Kirpicheva Street, 2  
e-mail: Natalia.Mukina@arcelormittal.com

The yield and quality of coking products characterize the performance of coke plants. Prediction methods for the yield of coke and other coking products has been complicated by the significant variation in batch composition, because Ukrainian coke plants are making greater use of imported coal.

We consider method of Coking of small weighed portions [1] and method of Determination of the yield of coke and other coking products in a 5-kg laboratory furnace [2].

## **1. Coking of a weighed sample.**

We select 13 samples of coal concentrates employed at «Arcelor Mittal Krivoy Rog». With greater metamorphic development, the coke yield increases, while the yield of tars, raw benzene (the sum of benzene and unsaturated compounds), pyrogenetic moisture, and coke-oven gas decreases.

We develop equations for calculating the product yield from the elemental composition of the initial coal. On the basis of the equations, the product yield may be predicted by elemental analysis of the coal.

The equations correspond to elemental analysis of the initial coal in the loose state and do not take account of its compaction to  $\sim 1.15 \text{ t/m}^3$  on stamping.

## **2. Coking in a laboratory furnace.**

Product yield depends on the content of gas coal (the volatile matters) in the initial batch. With increase in content of gas coal (volatile matters), we note decrease in the coke yield and increase in the yield of tars, raw benzene, carbon dioxide, pyrogenetic moisture, and coke-oven gas. The yield of ammonia and hydrogen sulfide depends primarily on the composition of the coal's organic mass.

Equations are given for predicting the output of products from a stamped batch with the corresponding statistical indicators. With increase in the volatile matters, the coke yield declines. The yield of ammonia and hydrogen sulfide mainly depends on the composition of the coal's organic mass.

## **References**

1. DSTU (State Standard) 7689:2015. *Coal. Determination of the Yield of Chemical Products of Coking*, Kyiv: Ukr. Naukovo-Doslid. Navch. Tsentr Probl. Standart., Seritif. Yakosti, 2016.
2. *Spravochnik koksohimika. Tom 1. Ugli dlya koksovaniya. Obogashchenie uglei. Podgotovka uglei k koksovaniyu* (A Handbook of Coke Chemistry, Vol. 1: Coking Coal, Coal Enrichment, Coal Preparation for Coking), Borisov, L.N. and Shapoval, Yu.G., Eds., Kharkov: INZhEK, 2010.

# КОГНИТИВНИЙ КОНЦЕПТ ГЕОТЕРМАЛЬНО-БІОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З КАСКАДНОЮ СХЕМОЮ ДОГРІВАННЯ ТЕПЛОНОСІЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО КОНТУРУ

М. Б. Аббуд, М. І. Фик, д-р техн. наук, доц.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: fyk@kntg.com.ua*

Розглядається комбіноване використання нахилених геотермальних свердловин та метантенку утилізації оргвідходів приватного господарства в індивідуальній теплонасосній системі. Аналізується суміщений теплообмінник каскадної схеми з метантенком як складової концепту інноваційної геотермально-біогенераційної системи. Запропоновано догрівання зворотного хладагенту закритого контуру теплового насосу енергією каталітичної та біологічної утилізації органічних відходів з виходу геотермального контуру куща нахилених геотермальних свердловин.

Унікальність інженерного підходу та наукова новизна полягає в формуванні споруди теплообмінника під землею «кореневої крони типу кактус» під нахилами до вертикалі, з біохімічними та каталітичними утилізаційними камерами додаткового нагрівання хладагенту в доданок до основного нагріву в пітльових ділянках свердловинних колон. Ефект економії часу та поверхневої площі спорудження, основних та витратних матеріалів, збільшення ефективності при цьому, отримано за рахунок функцій наповнення метантенку подрібненими оргвідходами та періодичної регенерації камер бродіння та безкисневого спалювання (окислення) біогазів, накопичення та збільшення теплового потенціалу в самому метантенку та навколо нього енергією утилізації оргвідходів в створеному підземному просторі, підвищеної температури зворотного теплоносія послідовно-утвореним каскадом евакуації геотермального тепла та тепла розкладання органічних відходів.

Фізична сутність позитивного впливу від застосування схемотехнічних та геометричних рішень для когнітивного та синергетичного вдосконалення геотермально-біогенераційної системи полягає в наближенні теплового потенціалу зворотного теплоносія геотермального контуру до комфортної температури в приміщеннях індивідуального житла 19÷23 °С, врахуванні співвідношення сумарно-залучених енергетичних донорів.

Співвимірність диверсифікованих енергетичних ресурсів за величиною генерації теплової потужності обумовлює доказовість доцільності комбінації в теплонасосній системі індивідуального господарства, перспективність розвитку та широкого впровадження запропонованого концепту в частині зовнішнього підземного теплообмінника з метантенком.

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОГЛИНАЛЬНИХ МАСЕЛ ІНІЦЮВАННЯМ СМОЛОУТВОРЕННЯ

Л. П. Банніков<sup>1</sup>, канд. техн. наук, А. Л. Банніков<sup>1</sup>,  
С. В. Нестеренко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент, Г. І. Гуріна<sup>2</sup>, канд. хім. наук, доцент

<sup>1</sup>ДП «Український Державний науково-дослідний вузлехімічний інститут (УХІН)»,  
61023, Харків, вул. Весніна, 7;

<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [nesterhnamg@gmail.com](mailto:nesterhnamg@gmail.com)

Нинішнє підвищення вартості поглинальних масел спричинене суттєвим зниженням обсягів переробки кам'яновугільної смоли у зв'язку з підвищенням ступеня її піролізованості та непридатності для одержання електродного пеку. На бензольних установках актуальне зниження витрати поглинального масла, тому потрібні додаткові способи з'ясування причин погіршення якості поглинача в кожному конкретному випадку.

Кам'яновугільне поглинальне масло містить близько 40 азотовмісних компонентів і 16 компонентів фенольного ряду і має схильність до полімеризації при нагріванні. Смолоутворюючі компоненти масла здатні до утворення тетрамерів: індену (при 324 °С); кумарону (при 315 °С); стиrolу (при 280 °С); циклопентадієну (при 250 °С). Для визначення потенційних смол виконали порівняльне визначення масової частки смол за ТУ У 322-00190443-093-2000 окремо в скляній та мідній колбах. Каталітична дія мідної поверхні викликає збільшення виходу нелетючого залишку, різниця між виходами якого може бути віднесена за рахунок присутності потенційних смол. Для визначень вибрали необесфенолену поглинальну фракцію і знефенолене свіже масло. Результати показали, що процес знефенолювання поглинальної фракції знижує вихід потенційних смол з 1,08 до 0,68 %.

Коксове число відображає здатність масла утворювати твердий нелетючий залишок при нагріванні з нестачею повітря, що співвідноситься з присутністю 3÷4 ядерних поліароматичних сполук. Коксоутворююча здатність масел оцінювалася як вихід нелетючого залишку, що утворюється при введенні в пробу кам'яновугільної смоли у вибраній кількості (6 %). Поглинальні масла різних виробників показали збільшення коксового числа від 0,5 % до 2,2÷2,8 %.

Визначення густини масел з добавкою кам'яновугільної смоли проводили на вібраційному густинимірювачі, реологічні властивості визначали на ротаційному віскозиметрі Брукфільда. Результати для масла однієї з бензольних установок показали, що механічна суміш масла зі смолою має меншу в'язкість ніж полімери з такою ж густиною.

Отже, основна причина підвищення густини була пов'язана з термохімічним впливом на складну суміш ароматичних вуглеводнів, а не механічне внесення в абсорбент смоляного туману. Зазначені методики показали здатність оцінки якості свіжих та робочих поглинальних масел.

# ВПЛИВ РЕЗИНОГЕНІВ НА ЯКІСТЬ ПОГЛИНАЛЬНОГО МАСЛА ПРИ УЛОВЛЮВАННІ БЕНЗОЛУ З КОКСОВОГО ГАЗУ

Л. П. Банніков<sup>1</sup>, канд. техн. наук, С. В. Нестеренко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент,  
А. Л. Банніков, абітурієнт

<sup>1</sup> Державне підприємство «Український Державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023, Харків, вул. Весніна, 7

<sup>2</sup> Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: <sup>1</sup>ukhinbannikov@gmail.com, <sup>2</sup>nesterhnamg@gmail.com

Для вилучення бензольних вуглеводнів з коксового газу застосовується кам'яновугільне поглинальне масло марки «А» сортів I і II, для якого осад при температурах не вище +5 та +15 °С повинен бути відсутнім. Аналіз попередніх досліджень з питання утворення осадів із поглинальних масел дозволяє умовно виділити основні причини: зниження розчинності індивідуальних компонентів масла; утворення полімерів із високою температурою плавлення; забруднення смолистими речовинами коксового газу. Осадоутворення пов'язане з проблемою збереження стабільності багатокомпонентної системи ароматичних речовин з різною температурою плавлення, і, як наслідок, різної розчинності в системі. Смолоутворення поглинального масла, як правило, пов'язують із втратою термостабільності компонентів поглинального масла (аценафтена, флуорену та фенантрена) за рахунок їх окислення та полімеризації, а також взаємодією з сірководнем, аміаком. Однак у літературі менше уваги приділяється механізму впливу смолоутворюючих компонентів (резиногенів) летких продуктів коксування (індену, кумарону, стиrolу). При накопиченні резиногенів у поглинальному маслі при нагріванні до 160÷180 °С частина ненасичених сполук полімеризується. Підвищення густини знижує розчинність існуючих високомолекулярних сполук (антрацену, флуорену) і олігомерів, що утворилися з резиногенів. Розрахунок властивостей олігомерів з використанням хіміко-моделюючих програм показав, що температура плавлення димерів індену і кумарону порівняна з показником для тримерних компонентів поглинального масла, а для три- і тетрамерів істотно вище (305÷520 °С). З підвищенням температури плавлення знижується їх розчинність у багатокомпонентній системі. Аналіз кінетики утворення показує, що процес олігомеризації протікає повільно [1], що узгоджується з виробничою практикою утворення полімерів поглинального масла. Невисокий ступінь нагрівання масла в парових підігрівачах (110÷140 °С) призводить навіть до більш великих проблем із закупоркою його трубочки та змішувачів теплообмінників. Більш висока температура нагрівання масла в трубчастих печах (160÷180 °С) дозволяє підтримувати низьку питому витрату поглинального масла на уловлювання бензольних вуглеводнів.

## Література

1. Соколов В.З., Харлампович Г.Д. Виробництво та використання ароматичних вуглеводнів. - М.: Хімія, 1980, с. 336



# ЗАСТОСУВАННЯ ІСНУЮЧИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ В'ЯЗКОСТІ ДО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОЇ СМОЛИ

**Л. П. Банніков<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, **С. В. Нестеренко**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент,  
**В. В. Савченко**<sup>1</sup>, науковий співробітник

<sup>1</sup>Державне підприємство «Український Державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023, Харків, вул. Весніна, 7;

<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: ukhinbannikov@gmail.com, nesterhnamg@gmail.com

Прогнозування в'язкості кам'яновугільної смоли при зміні температури має велике значення для інженерних розрахунків та розуміння природи такої складної багатокомпонентної дисперсної системи. Завдання дослідження – зробити більш точними існуючі залежності в'язкості кам'яновугільної смоли від температури для вузьких діапазонів густини, визначити фізичний зміст коефіцієнтів. Рівняння Cornelissen-Waterman застосовується для прогнозування та оцінки температурної залежності в'язкості у широкому інтервалі температур:  $\log \eta = A \cdot T^{-x} + B$ , де:  $A$  та  $B$  – константи;  $\eta$  – динамічна в'язкість, сПз;  $T$  – температура у К. Показник ступеня  $x$  залежить від типу матеріалів, для кам'яновугільної смоли приймається  $x = 5$ . Точність розрахункових даних суттєво підвищується, якщо константа  $A$  лінійно зростає в міру підвищення густини смоли, а константа  $B$  зростає у разі підвищення густини смоли вище 1200 кг/м<sup>3</sup>. Константа  $A$  визначає ступінь зміни в'язкості залежно від температури та відображає пологість кривої на графіку залежності в'язкості від температури. Що вище абсолютне значення коефіцієнта, то більш вигнута крива залежності в'язкості від температури. Константа  $B$  відображає початковий рівень в'язкості смол поза температурною залежністю. З підвищенням ступеня піролізованості смоли вміст дисперсних частинок нерозчинних у хіноліні збільшується, що виявляється у різкому збільшенні значення константи вище значень густини смоли 1200 кг/м<sup>3</sup>. Підвищення точності рівняння відбувається також при лінійному зниженні коефіцієнта  $x$  з 5,0 до 4,969 у міру зростання густини смоли від 1170 до 1220 кг/м<sup>3</sup>.

Порівнюючи отримані дані з рівнянням Mehrotra [1] для в'язкості різних класів органічних рідин, можна виявити, що зниження температурного показника ступеня у рівнянні Mehrotra для конденсованих аренів нижче, ніж неконденсованих. Таким чином, зниження показника  $x$  у рівнянні Корнеліссен-Ватермана відображає підвищення ступеня конденсованості ароматичних компонентів кам'яновугільної смоли з підвищенням ступеня її піролізованості. У результаті підбору коефіцієнтів рівняння Cornelissen-Waterman похибка прогнозування в'язкості для кам'яновугільної смоли не перевищує 5 %.

## Література

1. Mohammadi A., Omidkhan M., Karimzadeh R., Haghtalab A. Structural modeling of petroleum fractions based on mixture viscosity and Watson K factor // Korean J. Chem. Eng. 2013. – Vol. 30. – Iss. 2. – P. 465-473.

## ПЕРСПЕКТИВИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ В НАПРЯМКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

**Я. В. Дорошенко, д-р. техн. наук, професор**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15  
e-mail: yaroslav.doroshenko@nung.edu.ua*

Водень є перспективним енергоносієм без шкідливих викидів в атмосферу, доступний для виробництва в необмеженій кількості у всьому світі з різних матеріалів, його можна транспортувати та зберігати, перетворити на тепло або електроенергію, використовувати в усіх видах транспорту, різних виробництвах. Тому все більше міжнародних організацій, урядів держав, провідних світових компаній прикладають значних зусиль щоб перейти від видобування, використання викопних джерел енергії до водню, що є одним з шляхів досягнення кліматичної нейтральності. Ці чинники призведуть до все більшої ролі водню в геополітиці, переформатування енергетичних ринків. Сформується нові сильні гравці на енергетичних ринках та стануть слабшими або й взагалі зникнуть сильні гравці сьогодення.

В Україні є достатньо перспективні можливості, щоб розвивати водневу енергетику і забезпечувати цим екологічно чистим енергоносієм не тільки внутрішній ринок, а і зробити водень своїм експортним товаром. Є всі природні ресурси, необхідні для отримання водню – це запаси викопного палива, можливості з постійного розвитку вітрової і сонячної енергетики, великі обсяги відновлюваної біомаси, прісна вода. Україна є сильний гравець в атомній енергетиці та має значні гідрогенеруючі потужності.

Найважливішу роль у побудові водневої енергетики повинна відіграти газова галузь України, вона повинна бути лідером цього процесу. Для цього її треба трансформувати в напрямку водневої енергетики. Вона повинна максимально залучатись або й організувати перші демонстраційні проекти, масштабувати успішні проекти таким чином щоб створити регіональну, а згодом і національну водневу інфраструктуру, залучатись до виробництва водню, особливо в коротко- і середньостроковій перспективі синього водню для чого в неї є усі ресурси (газ, можливості з зберігання вуглекислого газу), зобов'язана поєднати виробників і споживачів водню, зокрема надати доступ до водню найперше виробникам, які будуть експортувати товари і сплачувати платіж за парникові викиди, тоді іншому бізнесу, транспортному сектору, комунальним і побутовим споживачам щоб Україна виконала свої зобов'язання в рамках Паризької угоди. Повинна забезпечити транзитні можливості для експорту водню, а також за необхідності і можливості щодо транзиту вуглекислого газу з Європейського Союзу в міця його зберігання в Україні, забезпечити можливості з довгострокового зберігання великих обсягів водню, вуглекислого газу. Чим раніше розпочнеться розгортання процесів з трансформації газової галузі, тим швидше буде досягнуто розуміння технічних проблем, знайдено шляхи їх подолання, розпочато масштабування успішних водневих проектів.

## МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД ВІДКЛАДЕНЬ ЗВОРОТНОГО ЦИКЛУ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

О. В. Жарова<sup>1</sup>, стар. наук. спів., С. В. Нестеренко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент,  
В. В. Карчакова<sup>1</sup>, канд. техн. наук

<sup>1</sup>Державне підприємство «Український Державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023, Харків, вул. Весніна, 7

<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [ukhinkarchakova@gmail.com](mailto:ukhinkarchakova@gmail.com)<sup>1</sup>, [nesterhnamg@gmail.com](mailto:nesterhnamg@gmail.com)<sup>2</sup>

Для підтримання якості води оборотного циклу конденсаційних турбін теплосилового цеху коксохімічного підприємства проводять продування з прийнятною ям градиенту з відповідним підживленням свіжої технічної води, якість якої має бути вищою, ніж оборотної. Регламентуються наступні показники підживлювальної води: жорсткість карбонатна –  $1,5 \div 2,5$  мг-екв/дм<sup>3</sup>; азотовміст – 10 мг/дм<sup>3</sup>; окиснюваність – 20 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; вміст завислих часток – 20 мг/дм<sup>3</sup>; рН (25 °С) –  $6,5 \div 8,5$ . Цикл тривалий час вимушено поповнювався виключно ставковою водою без використання свіжої технічної води. Через це в оборотному циклі підвищився вміст хлоридів до 250 мг/л, зважених речовин до 75 мг/л, та підвищилась жорсткість води. Окрім того, на поверхні конденсаторів, що охолоджуються водою зворотного циклу, продовжувалися процеси накипоформування. Після відновлення підводу свіжої технічної води на поверхні конденсаторів вказані процеси інтенсифікувалися ще більше.

Зразки твердих речовин осадів, після озолення було проаналізовано на рентген флуоресцентному спектрометрі «SPECTRO XEPOS C Vacuum» (Німеччина). Встановлено, що основними змінами, що відбулися зі складом відкладень після переходу на свіжотехнічну воду, було збільшення вмісту карбонатно-кальцієвих сполук. Для деталізації складів проб і відповідно до існуючих уявлень про мінеральну частину відкладень оборотної води, для розрахунку мінерального складу були обрані формули наступних речовин: NaFePO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, CaSiO<sub>3</sub>, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>, Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. З переходом для підживлення циклу на технічну воду, у відкладеннях відбулося зниження вмісту сульфату кальцію (приблизно на 18 %), фосфату кальцію (на 46 %). Та підвищення вмісту карбонату кальцію (на 57 %). Виконаний аналіз свідчить про те, що причиною інтенсифікації утворення відкладень була висока кальцієва жорсткість підживлювальної води.

Виходячи з встановленої класифікації відкладень оборотної води, осади, що утворювалися під час підживлення ставковою водою, слід віднести до лужноземельних з переважанням фосфатних важкорозчинних сполук.

З переходом до підживлення циклу свіжою технічною водою, утворюються переважно лужноземельні відкладення. Встановлення характеру осадів дозволило визначити вибір методів чистки та зниження інтенсивності утворення.

# НОВІТНІ МЕТОДИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ НАФТОВІДДАЧІ В УМОВАХ ОБВОДНЕННЯ НАФТОВИХ ПРОДУКТИВНИХ ПЛАСТІВ

**О. І. Наливайко<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент, **В. О. Ткачов<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент,  
**О. В. Ромашко<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент, **Сотир Сотиров<sup>2</sup>**, PhD, професор

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17

<sup>2</sup>Університет проф. д-р Асен Златаров, 8010, Бургас, Болгарія, бул. Проф. Якимова, 1  
e-mail: [romashko.inem@gmail.com](mailto:romashko.inem@gmail.com), [ssotirov@btu.bg](mailto:ssotirov@btu.bg), [snsotirov@gmail.com](mailto:snsotirov@gmail.com)

З нафтової свердловини нафта видобувається у формі емульсії «вода у нафті», яка вилучається з продуктивних пластів.

Після тривалого строку експлуатації свердловини фільтраційні властивості нафтоносних пластів поступово погіршуються, збільшується обводнення свердловин і нафта вже видобувається у формі емульсії «нафта у воді». Внаслідок цього добича стає ускладненою і економічно не вигідною [1].

Останнім часом методи збільшення продуктивності нафтових свердловин ґрунтуються на концепції надання нафтовим пластам гідрофобних властивостей в яких нафта присутня в емульсії з вмістом води більшим, ніж 60 %. Цей метод призначений для пластів з обробленою привібійною зоною нагнітальних свердловин кремній-органічною емульсією Екстракт-700™ (Wacker-Chemie GmbH) з подальшим витісненням нафти з колектора під тиском води [2].

Ефект методу – в зміні фазової проникності за рахунок гідрофобізації породи-колектора – відбувається скорочення витоку води з пластів в нафтову емульсію, що доводить про можливість збільшити фазові проникності по нафті. Проте, цей метод не є ефективним через високу вартості реактивів.

«Ramsinks-2» – це високо дисперсні гідрофобні матеріали з хімічно зміненими поверхнями, які включають тетрафторетилен, полівініловий спирт та оксиди титану, кремнію, заліза, хрому, алюмінію і цинку, з крайовими кутами від  $114\div 178^\circ$  і мірою гідрофобізації від 96,0 % до 99,99 %. Як розчинники використовувались легкі фракції нафти, типу гасу, ацетону, газойлю, гексану і бензолу. Процес здійснюється при тиску закачування від 4,0 до 38,0 МПа, використовуючи нафту як протискову рідину. Після закачування суспензії в пласт її витримують там під тиском від 12 до 96 годин перед початком відкачування (час реагування). Використання методу збільшує фільтраційні характеристики обводнених нафтових пластів до 95% за рахунок проникнення в пласт гідрофобного матеріалу «Ramsinks-2», який змінює поверхневі характеристики води і нафти таким чином, що нафта протікає через породи швидше, ніж вода, що збільшує дебіт свердловин на 200÷300 % [3].

## Література

1. Лабораторно-промислові дослідження підвищення нафтовіддачі обводнених пластів гідрофобним реагентом «Ramsinks-2» / Наливайко О.І., Ромашко О.В., Рудий С.М. / – International forum: problems and scientific solutions Held on april 25-26, 2021 in Melbourne, Australia. – с. 653-659.
2. Гусевим С. В. Кремнійорганічні складі фірми Wacker-Chemie GmbH для підвищення нафтовіддачі пластів, / Гусев С. В. та інші / – Нафтове господарство, 1995 (3), с. 65-68.
3. Патент на корисну модель України № 146955 від 20.01.2021 р. / Наливайко О.І. / «Спосіб отримання гідрофобної речовини».

# ОТРИМАННЯ СОРТОВИХ МОТОРНИХ ПАЛИВ НА ОСНОВІ НИЗКООКТАНОВИХ ФРАКЦІЙ ГАЗОВОГО ТА НАФТОВОГО КОНДЕНСАТІВ

С. В. Нестеренко, канд. техн. наук, доцент, В. Ф. Без'язичний, канд. пед. наук, доцент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: nester.hnamg@gmail.com, Bezvf.kh@ukr.net

Метою запропонованого способу є отримання неестильованих малосірчистих високооктанових, екологічно безпечних палив. Поставлене завдання вирішується тим, що високооктанову добавку отримують шляхом змішування бензольно-толуольної фракції сирого бензолу, що кипить при 90–110 °С з сольвентною групою ароматичних вуглеводнів, що киплять в інтервалі 120–170 °С в об'ємному співвідношенні 2 : 1, відповідно, попередньо оброблених сірчаною кислотою в масовому співвідношенні 10 : 1, а внесення добавки здійснюється шляхом диспергування широкої фракції легких вуглеводнів у високооктановій добавці при критерії  $Re (0,2 \div 0,3) \cdot 10^4$ , температурі суміші (-10–+15) °С і об'ємному співвідношенні широкої фракції з добавкою (65÷85 %) : (20÷35 %). При цьому співвідношення бензольно-толуольної (БТ) композиції і сольвентної групи ароматичних вуглеводнів становить (2,2÷2,7) : 1, а диспергування високооктанової добавки здійснюється шляхом подачі широкої фракції легких вуглеводнів в придонну частину змішувального апарату. Число Рейнольдса при диспергуванні стабільного газового бензину в суміші ароматичних вуглеводнів має бути рівним  $(0,2 \div 0,3) \cdot 10^4$ , що відповідає оптимальному режиму гомогенізації та утворенню асоційованих комплексів. Співвідношення широкої фракції (стабільного газового бензину) та високооктанової добавки підтримується в межах співвідношення (65÷80 %) : (20÷35 %), що забезпечує необхідне октанове число (76÷85 од.). Характеристика високооктанової добавки: прозора рідина з температурою кипіння в інтервалі 90÷170 °С, щільністю ( $d_{20}$ )  $0,87 \pm 0,02$ . Співвідношення бензольно-толуольної фракції до сольвентної підібрано експериментально – (2,2÷2,7): 1.

Дослідження з обґрунтування правомірності вибору інтервалу зміни об'ємного співвідношення широкої фракції легких вуглеводнів та композиції високооктанової добавки. Досліди проводилися на установці УІТ-65 і на моторному стенді (двигун УМЗ-414), що відповідає ГОСТ. Склад високооктанової добавки визначався співвідношенням бензольно-толуольної фракції до сольвентної, рівним 2,7 : 1. Температура змішування  $12 \pm 2$  °С.

Аналіз даних свідчить, що оптимальне співвідношення добавок стабільного газового бензину та високооктанової добавки відповідає значенням (65÷80 об. %) : (20÷35 об. %). Таким чином, запропонований спосіб забезпечує отримання на основі низькооктанового стабільного бензину та високооктанової добавки неестильоване малосірчисте екологічно безпечне моторне паливо з октановим числом в інтервалі 76÷85, що визначається моторним методом.

## ТЕРМОСТІЙКІ ТАМПОНАЖНІ СУМІШІ ДЛЯ ГЛИБОКИХ СВЕРДЛОВИН

**В. М. Орловський<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент, **В. С. Білецький<sup>2</sup>**, д-р. техн. наук, професор

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17;

<sup>2</sup>Харківський національний технічний університет «ХПІ»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: <sup>1</sup>[svaroh13@ukr.net](mailto:svaroh13@ukr.net) <sup>2</sup>[biletsk@i.ua](mailto:biletsk@i.ua)

У процесі цементування нафтових і газових свердловин в умовах високих геостатичних температур 100 °С і вищих потрібні термостійкі тампонажні матеріали.

На тепер промисловістю України в заводських умовах виготовляються тампонажні цемента для помірних і підвищених температур на основі розмелених доменного гранульованого шлаку і кварцового піску: ШПЦС-120 для температур 80÷160 °С і ШПЦС-200 для температур 160÷250 °С [1]. Проте тампонажні матеріали на основі шлаків мають недоліки: сильне коливання в'язучих властивостей для різних партій, втрата властивостей і комкування шлаку при зберіганні, та великі енергозатрати на розмелювання.

Іншим недоліком шлакових тампонажних розчинів, який обмежує їх застосування, є велика густина (1800÷2000 кг/м<sup>3</sup>) внаслідок чого зменшується висота підйому тампонажного розчину в глибоких свердловинах.

Колективом дослідників на базі Полтавського відділення УкрДГРІ було розроблено термостійкі тампонажні матеріали, зокрема:

1. цементно-зольні термостійкі тампонажні суміші (ЦЗС) на основі портландцементу ПЦТІ-100 і кислої золи-виносу Кураховської ТЕС із співвідношенням компонентів ПЦТІ-100 : зола кисла = (40÷60):(40÷60) [2]. Густина розчинів з ЦЗС – 1450–1650 кг/м<sup>3</sup>. Термічний інтервал застосування 50÷150 °С. Переваги – висока термостійкість, корозійна стійкість в умовах полімінеральної агресії;

2. безклінкерні термостійкі тампонажні суміші (БТТС) на основі зол-виносу ТЕС із співвідношенням компонентів зола висококальцієва: зола кисла = (30÷70):(30÷70) [2]. Густина розчинів з БТТС – 1500÷1620 кг/м<sup>3</sup> при В/С – 0,54÷0,56. Термічний інтервал застосування 50–180 °С. Переваги – висока термостійкість і стабільність тампонажного розчину, розширення тампонажного матеріалу при тужавінні.

Нові розробки дали змогу забезпечити галузь термостійкими тампонажними матеріалами для застосування в гірничо-геологічних умовах нафтових і газових свердловин України.

### Література

1. Горський В.Ф. Тампонажні матеріали і розчини / В.Ф. Горський. – Чернівці. – 2006. – 524 с.
2. Орловський В.М. Підвищення якості термостійких тампонажних матеріалів // Геотехнології : зб. наук. праць / Харків нац. тех. унів. ХПІ. – Харків : НТУ ХПІ, 2019. – Частина 2. – С. 16–21.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РУЙНУВАННЯ ПІНИ У ГАЗОРІДИННОМУ ПОТОЦІ

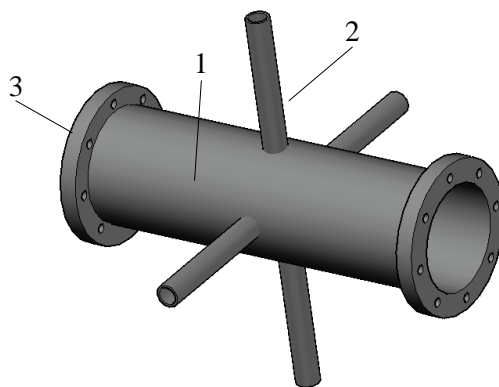
**В. Б. Воловецький, аспірант, В. Я. Грудз, д-р техн. наук, професор, О. М. Щирба**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15  
e-mail: vvb11@ukr.net*

З метою підвищити ефективність експлуатування як свердловин, так і трубопроводів системи збирання і підготовляння газу, доцільно видаляти накопичену рідину із використанням розчину ПАР різними методами. У разі застосування ПАР утворюється піна, яка разом з газорідним потоком та рідинними забрудненнями зі свердловин трубопроводами надходить до системи збирання та підготовляння газу і руйнується в сепараторах повністю або частково. Залишки незруйнованої піни можуть негативно вплинути на ефективність роботи сепараційного обладнання і, відповідно, на якість очищення газу. Тому на установках підготовляння газу для боротьби з піноутворенням застосовують механічні та хімічні способи або їх поєднання.

Відомо спосіб руйнування піни в газорідному потоці [1], за яким цей потік змішується з дегазованою рідиною. При цьому на максимально можливій відстані від входу в сепаратор наземної інфраструктури до газорідного потоку періодично або постійно за допомогою насоса дозовано подають стабільний вуглеводневий конденсат із додатково встановленої ємності.

Результати CFD моделювання показали, що в разі подавання стабільного вуглеводневого конденсату в трубопровід можливе неповне руйнування піни, то доцільними є розробки і дослідження, які дали б змогу повністю її руйнувати. Для руйнування піни розроблено пристрій (рис. 1), який складається з труби 1, до якої приєднано чотири патрубки 2 для подавання стабільного вуглеводневого конденсату. Для приєднання пристрою до трубопроводу передбачено фланці 3.



1 – труба; 2 – патрубок; 3 – фланець

Рис. 1. – Пристрій для руйнування піни

### Література

1. Воловецький В.Б., Щирба О.М., Отрішко В.Л. Спосіб руйнування піни у газорідному потоці: пат. 146266 Україна: МПК В01D 19/02, В01D 19/04; заявник і патентовласник АТ "Укргазвидобування". – № у 202005888; заявл. 14.09.2020; опубл. 03.02.2021; Бюл. №5.



# ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИН З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОБІОТИ НАДЛИШКОВОГО МУЛУ ОЧИСНИХ СПОРУД

**О. О. Яцкевич**, канд. техн. наук, Д. Ф. Донський, канд. техн. наук, доц.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: [dfdonsky@gmail.com](mailto:dfdonsky@gmail.com)*

Підвищення нафтовіддачі пластів та інтенсифікація процесів видобутку нафти залишаються проблемами вітчизняної та світової нафтовидобувної промисловості.

Мікробіологічна дія полягає у внутрішньопластовому біосинтезі вуглекислоти та проміжних продуктів, що мають нафтовитискаючі властивості (БіоПАВи, полісахариди, органічні кислоти, спирти, альдегіди). Продукти біосинтезу мікроорганізмів знижують в'язкість нафти, зменшують міжфазний натяг на межі розділу середовищ нафта/порода та нафта/вода, а також можуть допомогти відновити проникності внаслідок видалення парафіну та закупорювальних мас біля входу в пористі зони.

Сумарний вплив призводить до того, що раніше нерухома та невилучна нафта стає рухомою, вона виноситься до продуктивних свердловин, що призводить до збільшення видобутку. При цьому прийнято розрізняти меласну технологію та технологію активації пластової мікрофлори.

Особливий інтерес представляє активний мул, як джерело великої різноманітності мікроорганізмів різних фізіологічних груп. Закачуючи активний мул у нафтовий пласт, можна за короткий період часу створити в ньому біофільтр, що активно переробляє органічні сполуки в нафтовитискаючі агенти. Запропонована технологічна схема підготовки та закачки суміші реагентів з метою створення активної біохімічної комірки у свердловинному середовищі.

Ще одною причиною привабливості використання активного мулу є його спроможність “виживати” в складних умовах, характерних для підземного нафтового родовища : підвищена температура, сольовий склад пластових вод та ін. При цьому ресурсна база надлишкового активного мулу практично не обмежена.

Результати проведених досліджень показують принципову можливість використання різноманітних зразків такого продукту. Відрізняються тільки час виходу системи на режимну продуктивність та кінцеві продукти біодеградації нафти, які на сьогодні розглядаються в якості основи для оцінки показника біохімічної активності надлишкового мулу.



## **СЕКЦІЯ 4**

### ***ХІМІЯ.***

### ***ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У СФЕРІ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ***

# INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY URALKYD MATERIALS

Jonas Fogelberg<sup>1</sup>, A. G. Kot<sup>2</sup>, R. S. Rohozhyn<sup>2</sup>, G. I. Gurina<sup>3</sup>, PhD Chem., Associate Professor

<sup>1</sup>*Algol Chemicals AB, AC - Coatings & Polymers;*

<sup>2</sup>*Algol Chemicals Oy,  
Karapellontie 6 P.O. Box 13 FI-02611 Espoo, Finland;*

<sup>3</sup>*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv  
Marshal Bazhanov str., 17, Kharkiv, 61002, Ukraine  
e-mail: [Galyna.Gurina@kname.edu.ua](mailto:Galyna.Gurina@kname.edu.ua)*

A promising direction in the development of modern chemistry and technology of paint and varnish composite materials is the development of compositions with a low content of volatile compounds, the use of functional additives to improve rheological and adhesive properties, and the study of the behavior of nanocomposite structures and additives on the properties of materials.

The paper considers the results of creating environmentally friendly paints and varnishes based on uralkyd organic oligomers, modern ceramic fillers, organically modified layered aluminosilicates with a solvent content of not more than 300 g/l.

The developed materials are hybrid nanocomposite structures, the crystallographic motif of which is determined by the structure of montmorillonite.

Material properties were studied by infrared spectroscopy, X-ray phase analysis, thermogravimetric analysis, which showed the formation of exfoliating delaminated structures.

One of the tasks was to create a paint and varnish pigmented material that meets the European standards for the content of volatile organic compounds using organobentonites.

The number of ceramic microspheres has been optimized to obtain an environmentally friendly material by replacing the proportion of the pigment part of the enamel from standard pigments and fillers.

The effect of ceramic fillers on the optical, mechanical and decorative properties of coatings has been studied.

The formulations of environmentally friendly enamel are calculated, the choice of types of uralkyd resins with a low content of VOCs is justified. Resins with 60 % content of non-volatile substances were used in the work. Based on the results of the use of organobentonite in the composition of filled paints and varnishes, it was established that the properties of pigmented materials according to new formulations and coatings correspond to the requirements of normative and technical documentation for enamels such as adhesion, resistance of coatings to water and detergents, elasticity, impact resistance, hardness.

The resulting materials were recommended for coatings on metal and wood surfaces when painting metal structures, agricultural machinery, rolling stock of railways, cars.

# СИСТЕМА $MgO-Al_2O_3-FeO-TiO_2$ – ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ПЕРИКЛАЗОШПІНЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

**О. М. Борисенко<sup>1</sup>, канд. техн. наук, докторант, Г. М. Шабанова<sup>1</sup>, д-р техн. наук, професор, С. М. Логвінков<sup>2</sup>, д-р. техн. наук, професор**

<sup>1</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2;*

<sup>2</sup>*Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,  
61166, Харків, пр-т Науки, 9-а  
e-mail: onborisenko@ukr.net*

Основа сучасного матеріалознавства – це багатокомпонентні системи, на основі яких можливе створення різноманітних комбінацій фаз у сучасних матеріалах із сукупністю заданих властивостей.

Система  $MgO-Al_2O_3-FeO-TiO_2$  перспективна для отримання периклазошпінельних вогнетривів, що використовують у якості футерівки обертових печей під час випалювання цементного клінкеру, які відрізняються високою стійкістю до хімічної корозії та термомеханічної напруги. У даній системі термодинамічно стабільними фазами є:  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $FeO$ ,  $MgAl_2O_4$  (алюмомагнезійна шпінель),  $FeAl_2O_4$  (герциніт),  $Fe_2TiO_4$  (ульвошпінель),  $FeTi_2O_5$  (псевдобрукіт),  $MgTiO_3$  (гейкеліт),  $Mg_2TiO_4$  (кванділіт),  $MgTi_2O_5$  (карроїт),  $FeTiO_3$  (ільменіт),  $Al_2TiO_5$  (тіаліт). Особливий інтерес викликають шпінельні фази. Усі шпінелі відносяться до вищого класу симетрії кристалічної решітки і мають кубічну сингонію, що забезпечує ізотропність теплофізичних властивостей. Поряд із порівняльною простотою отримання шпінелей змішаного типу завдяки ізо- та гетеровалентному катіонному заміщенню дво- або тривалентних позицій у кристалічних підрешітках, – матеріали на їх основі здатні ефективно демпфувати термомеханічні напруги. У сучасних периклазошпінельних вогнетривах для футерування зон спікання цементного клінкеру обертових печей виникла навіть спеціальна назва – «термопластична матриця», коли в тонкодисперсній частині матеріалу міститься достатня кількість твердих розчинів на основі змішаних шпінелей.

На основі термодинамічних розрахунків системи  $MgO-Al_2O_3-FeO-TiO_2$  [1] підібрано вміст окремих компонентів шихти та прогнозовано експлуатаційні характеристики периклазошпінельних вогнетривів. Встановлено, що одержані вогнетриви мають структуру, яка здатна до фазової змінності периклазошпінельного матеріалу, що в свою чергу підвищує його реакційну здатність під час спікання та збільшує варіабельність шляхів розвитку термодинамічних процесів при термоударах із збереженням цілісності.

## Література

1. Borisenko O., Logvinkov S., Shabanova G., Mirgorod O. Thermodynamics of Solid-Phase Exchange Reactions Limiting the Subsolidus Structure of the System  $MgO - Al_2O_3 - FeO - TiO_2$  // Materials Science Forum. – 2021. – Vol. 1038. – P. 177–184.

## ОСОБЛИВОСТІ ФАЗОВОГО СКЛАДУ ЗОЛО-ШЛАКОВИХ ВІДПАДКІВ ТЕС

**З. І. Боровець**, канд. техн. наук, доцент, **І. В. Луцюк**, д-р техн. наук, професор

*Національний університет "Львівська політехніка",  
79013, Львів, вул. Ст. Бандери, 12  
e-mail: [zb\\_lviv@ukr.net](mailto:zb_lviv@ukr.net)*

В останні роки у технологічних схемах отримання керамічних виробів різного призначення актуальними є тенденції щодо зменшення у шихтових складах мас вмісту глинистої складової за рахунок використання мінеральних добавок, а також широкого спектру техногенних відпадків. Сьогодні перспективною технологічною добавкою є шлаки теплових електростанцій (ТЕС), оскільки в Україні щорічний приріст таких відпадків становить більше ніж 15 млн т, а у світі цей показник досягає 600 млн т. Важливою передумовою використання шлаків ТЕС як сировинного компонента в шихті для отримання керамічних виробів є їхній склоподібний стан та наявність у складі 20–25 % оксидів-топників. Впровадження їх у технології отримання окремих видів кераміки дасть змогу не тільки підвищити експлуатаційні показники випалених виробів, але й значно зменшити собівартість продукції. Проте до сьогодні їхній вплив на процеси структуроутворення та формування фазового складу керамічного черепка, отриманого в умовах швидкісного випалювання, вивчені недостатньо і потребують проведення окремих досліджень.

У роботі досліджено властивості та структуру золо-шлакових відпадків Бурштинської ТЕС. Проведеними дослідженнями встановлено, що у складі золи наявні залишки не вигорілого палива, а також вміст феруму оксидів переважно в окисній формі ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), що зумовлює недоцільність її використання у технології швидкісного випалювання керамічних виробів.

Структура шлаків представлена склоподібною фазою, а відсутність втрат при прожарюванні та одночасна наявність оксидів лужних, лужноземельних металів, а також феруму переважно у закисній формі ( $\text{FeO}$ ) робить їх ефективними топниками у складах керамічних мас. Проте наявність на дифрактограмах інтенсивного аморфного гало вказує на можливу присутність у їхньому складі прихованокристалічної фази розвпорядкованої структури. В зв'язку з цим запропоновано виявляти ці фази після розчинення склоподібної матриці у травильному розчині суміші флюоридної та сульфатної кислот.

За допомогою інфрачервоної спектроскопії та рентгенофазового аналізу у складі нерозчинного залишку ідентифіковано кристалічні фази муліту ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) та герциніту ( $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ). Встановлено, що у структурі склоподібної матриці ці фази знаходяться у вигляді кристалічних зародків, ріст яких зупинений на стадії різкого охолодження шлакового розтопу. Наявність у структурі шлаків значної кількості центрів кристалізації муліту та герциніту є передумовою використання шлаків теплових електростанцій у складах керамічних мас не тільки як топника, але й як мінералізуючої добавки.

# ПЕРСПЕКТИВНІ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ НАФТО- ТА ГАЗОВИДОБУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Т. В. Брусенцева<sup>1</sup>, аспірант, Н. С. Цапко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup> *Український науково-дослідний інститут газу,  
61000, Харків, вул. Конєва, 16;*

<sup>2</sup> *Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,  
61166, Харків, вул. Бакуліна, 6  
e-mail: [tattjana@ukr.net](mailto:tattjana@ukr.net)*

Обмеження негативного антропогенного впливу на навколишнє середовище і раціональне використання природних ресурсів в даний час розглядається як одна з найактуальніших екологічних та економічних проблем. Накопичення великої кількості відходів нафто- газовидобування є нагальною проблемою сьогодення, особливо для охорони навколишнього природного середовища.

Під час буріння свердловин утворюється буровий шлам – суміш із гірської породи та залишків бурового розчину. Зазвичай шлам збирають у розташовані на території промислового майданчика спеціальні ізольовані ємності – амбари, накопичені відходи в яких після завершення робіт нейтралізуються та захоронюються. Об'єктивними причинами, через які використання відходів інколи не отримує широкого розповсюдження є нестабільність, багатоконпонентність та невідповідність їх складу заданим параметрам. На наш погляд, оптимальним підходом буде той, при якому фізико-хімічні властивості речовин, що входять до складу відходів нафто- та газовидобування, можуть бути використані в якості сировини в технології в'язучих матеріалів.

Для аналізу можливих перспективних напрямків використання відходів нафто- та газовидобування перш за все необхідно визначитись з властивостями та складом самих відходів. Для цього корисним може бути проведення екологічного моніторингу об'єктів нафто- та газовидобування, аналіз та контроль їх рідких та твердих відходів з ціллю мінімізації негативного впливу на довколишнє середовище. Наступним кроком є дослідження фізико-механічних властивостей і хімічного складу відходів, і виходячи з цих даних, обґрунтування та розробка технології їх використання у якості сировинних компонентів при виробництві різних видів в'язучих речовин. Наприклад, добавка нафтовмісних відходів до цементного клінкеру при виробництві цементу в обертові печі може сприяти зменшенню витрат палива. Це пояснюється тим, що органічна частина відходів вигорає, а вапняні породи взаємодіють з вільною сірчаною кислотою, утворюючи сірчаний кальцій.

Відходи нафто- та газовидобування також можуть знайти своє використання у якості наповнювачів для бетону в дорожньому будівництві, як теплоізоляційні засипання, як гідравлічні добавки до цементу, сировина для одержання цементної сировинної суміші, тощо.

## КОМПОЗИЦІЙНІ КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МІНЕРАЛІЗАТОРІВ ПИТНОЇ ВОДИ

Г. К. Воронов, канд. техн. наук, доцент, А. В. Єфімова, О. І. Фесенко, канд. техн. наук,  
І. С. Зайцева, канд. техн. наук, доцент, О. В. Саввова д-р. техн. наук, О. Тур

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: Hennadii.Voronov@kname.edu.ua*

В умовах постійно зростаючого екологічного навантаження на біоту однією з найбільш важливих умов збереження здоров'я людства є забезпечення населення чистою та якісною питною водою. Природна вода може мати велику кількість забруднювачів, зокрема: важкі метали, нітрати, надлишкові солі, механічні домішки, органічні сполуки, бактерії, віруси, тощо.

На сьогоднішній день розроблена значна кількість високоефективних систем для очистки побутової питної води. Одним з найбільш ефективних і сучасних способів очищення є використання фільтрів зворотного осмосу, які при проходженні води через спеціальну напівпроникну мембрану з малими порами., затримують всі бактерії та віруси, більшу частину розчинених солей та органічних речовин. Більшість існуючих систем побутової очистки води характеризуються високим ступенем очистки води та продуктивністю, надійністю, компактністю та відносно значним терміном використання. Однак, поряд із рядом переваг для всіх них характерним є головний недолік – низький(майже нульовий) або нестабільний впродовж терміну використання рівень мінералізації води після очистки, який є одним з важливих чинників якості питної води. Від її рівня залежить не тільки смак води, а й її вплив на організм людини в цілому. Щоденне споживання людиною питної води з заниженим чи завищеним рівнями мінералізації може призвести до появи захворювань.

Вирішенням вказаної проблеми є використання мінералізаторів, як елементу обробки очищеної питної, для насичення води іонами макро- та мікроелементів (зокрема,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ) та досягнення рекомендованого рівня мінералізації 200÷500 мг/л (ДСанПіН 2.2.4-171-10). В більшості сучасних мінералізаторів, як активний агент (наповнювач) використовується суміш відповідних водорозчинних солей або суміші природних мінералів. Головним недоліком яких є нерівномірність вилуговування, так при використанні солей в перші тижні використання буде спостерігатися надлишок мінералів, який з плином часу буде різко зменшуватися. Мінералізатори на основі природних матеріалів є менш розповсюдженими у використанні за рахунок змінного складу мінералів та відповідно складності керування процесом мінералізації. Тому для забезпечення пролонгованої дії мінералізаторів, з постійним рівнем вилуговування компонентів, перспективним є створення композиційних керамічних матеріалів.

Мета роботи – розробка композиційних керамічних мінералізаторів питної води пролонгованої дії.

В основу розробки було покладено припущення, що створення поруватого

композиційного керамічного матеріалу із суміщеними порами заданого розміру на основі комплексної природної мінеральної сировини та солей дозволить забезпечити сталість рівня мінералізації впродовж усього терміну використання.

Для складання дослідних композицій були використані наступні матеріали: глина (60÷65 мас. %), польвошпатова сировина Майдан-Вільського родовища ПШС-16 (10÷15 мас. %), крейда (10÷15 мас. %), 7-водний сульфат магнію (2÷5 мас. %) та фторид кальцію (2÷5 мас. %). Для формування каналних пор у структурі матеріалі до їх складу додатково вводили 10 мас. % вигоряючого наповнювача – стружки деревини.

Формування дослідних зразків проводили в трикратному повторюванні за двома методами:

- напівсухого формування з маси вологістю 10 % за двостадійним режимом пресування та максимальним тиском не менше  $5 \cdot 10^6$  Па (рис. 1 а);
- екструзії з маси вологістю 20 % через ручний прес з діаметром формуючого отвору 4 мм (рис. 1 б).



а



б

Рисунок 1. – Зовнішній вигляд зразків після випалу виготовлених методом напівсухого формування (а) та екструзії (б)

Сушку одержаних зразків проводили у електричній сушильній шафі при температурі 180 °С впродовж 30 (екструзія) та 120 (напівсухе формування) хвилин. Випал зразків проводили в муфельній електричній печі за 3-х ступеневим режимом витримки при максимальній температурі в межах 950÷1100 °С.

За результатом дослідження впливу температуро-часових параметрів випалу на міцність, об'ємну та лінійну усадку, розмір та характер розподілення пор було визначено, що для зразків виготовлених методом екструзії оптимальним є випал при температурі 1050 °С впродовж 30 хв, а для зразків виготовлених методом напівсухого пресування – 1100 °С впродовж 15 хвилин.

Дослідження зміни концентрації іонів та *pH* дистильованої води зі зразками впродовж 1÷3 діб дозволили встановити стабільність значень *pH* = 7,6÷8,1 та загального солемісту в межах 290÷310 мг/л.

Дані матеріали можуть бути рекомендовані для проведення подальших досліджень в напрямку створення композиційних мінералізаторів пролонгованої дії.



# ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КЕРАМІЧНИХ ПЛИТ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Г. К. Воронов<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, Я. О. Покроєва<sup>1,2</sup>, аспірант,  
С. О. Коваленко<sup>1,2</sup>, магістрант, О. В. Саввова<sup>1</sup>, д-р техн. наук, професор,  
О. В. Шалигіна<sup>3</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17

<sup>2</sup>Приватне акціонерне товариство "Харківський плитковий завод",  
61106, Харків, просп. Московський, 297

<sup>3</sup>EMO FRITE company, Celje, Slovenia  
e-mail: [voronov1976@ukr.net](mailto:voronov1976@ukr.net)

Згідно стратегії сталого розвитку України до 2030 року [1] та екологічних аспектів рекомендовано зниження ресурсо- та енергоємності підприємств хімічної, зокрема, керамічної, галузі за рахунок використання альтернативної сировини. В рамках цього напрямку була розглянута можливість використання відходів виробництва на підприємствах керамічної галузі у місті Харкові.

Актуальною проблемою для ПрАТ «Харківський плитковий завод» залишається необхідність утилізації значної кількості відходу механічної обробки керамограніту (150 т/місяць), який потенційно може бути повторно використаний. Використання відходу в технології виготовлення керамічної плитки суттєво обмежується малою кількістю відходу (до 2 %), який може бути повернутий до технологічного циклу.

З урахуванням необхідності розширення області застосування відходу проведено пошук найбільш потенційно ефективних шляхів його утилізації при одержанні різних типів керамічних матеріалів.

За результатами дослідження хімічного та фазового складу й властивостей відходу [2] встановлено можливість його застосування у виробництві архітектурно-будівельних виробів, а також при одержанні спеціальних керамічних виробів технічного призначення.

Метою даної роботи є розробка складів керамічних композиційних матеріалів спеціального призначення на основі відходів механічної обробки керамічної плитки та дослідження їх властивостей.

При необхідності підбору зернових складів для формування напівфабрикату з високою щільністю (до яких також відносяться спеціальні керамічні вироби) більш ефективними є переривчасті зернові склади. Тому розмір фракцій та їх співвідношення були обрані з урахуванням даних щодо забезпечення високої щільності упаковки матеріалів [3].

Було проведено фракційне розсіювання попередньо висушеного порошку відходу та складання дослідних композицій, шляхом підбору наступного



співвідношення їх фракцій: 63÷125 мкм – 70 об. %; 45÷63 мкм – 15 об. %, менше 45 мкм – 15 об. %. До складу дослідних композиційних матеріалів вводили глину середньої тугоплавкості Никифорівського родовища та відхід механічної обробки керамограніту (лінія БМР) у співвідношенні, відповідно, від 40:60 до 70:30 мас. %. Також до деяких складів входив сухий шлам каменеобробки, як додатковий флюсуючий компоненту, у кількості від 10 до 20 мас. %. Додатково до складів композитів вводили глину та відхід каменеобробки. В якості зв'язки при одержанні зразків було використано 5-ти % розчин ксантанової камеді у кількості 10 мас. %.

Окрім цього, для забезпечення високої щільності матеріалів формування зразків проводили шляхом тристадійного пресування маси в гідравлічному пресі з тиском на: 1-й стадії – 8 МПа, 2-й стадії – 12 МПа та 3-й стадії – 15 МПа. Відпресовані зразки висушували у сушильній шафі при температурі 120–150 °С до залишкової вологості не більш 0,5 %, з наступною термічною обробкою.

Структура зразків із застосуванням 50 об. % відходу характеризується формуванням взаємопроникної кристалізованої структури на основі твердих розчинів муліту. Це приводить до блокування мікротріщин та суттєвого підвищення механічних властивостей матеріалів, а саме, твердості ( $H = 7,74 \div 8,40$  ГПа) та в'язкості руйнування ( $K_{1C} = 2,5 \div 3,5$  МПа·м<sup>1/2</sup>) при одночасному забезпеченні низької щільності ( $\rho = 1900 \div 2200$  кг/м<sup>3</sup>), що є важливим фактором при поглинанні енергії удару кулі без утворення тріщин і руйнування.

Однак, одержані значення механічних властивостей композитів одержаних на основі відходу механічної обробки керамічних матеріалів є задовільняють вимог до бронеелементів. Тому рекомендовано подальше дослідження даного матеріалу з метою підвищення вказаних властивостей методами армування структури матеріалу тугоплавкими кристалічними або волокнисто-кристалічними наповнювачами.

Застосування відходу механічної обробки керамограніту при одержанні композиційних бронематеріалів дозволить значно знизити їх вартість. Використання відходів виробництва при одержанні бронезахисних конструкцій для захисту легкоброньованої техніки на ПрАТ «Харківський плитковий завод» дозволить задовільнити потребу вітчизняних силових формувань в якісних композиційних матеріалах для бронезахисту легкоброньованої техніки.

### Література

1. Указ президента України № 722/2019 від 30.09.2019 р. про «Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
2. Саввова О. В. Розробка ударостійких склокристалічних матеріалів для радіопрозорих бронеелементів / О. В. Саввова, А. Ф. Ляховський, Н. К. Блінова [та ін.] // *Питання хімії та хімічної технології*. – 2019. – № 3. – С. 151-157.

# СКЛОУТВОРЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ СТЕКОЛ В SrO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> СИСТЕМІ

**Ю. С. Гордєєв, доктор філософії**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,  
49005, Дніпро, просп. Гагаріна, 8  
e-mail: [yuriihordieiev@gmail.com](mailto:yuriihordieiev@gmail.com)*

В останні десятиліття велика увага приділяється стронцій-боросилікатним стеклам у зв'язку з широкими можливостями адаптації їх фізико-хімічних властивостей до конкретних технологічних задач. Стронцій-боросилікатним скло широко використовуються в приладобудуванні та ракетній техніці як термостійке електроізоляційне покриття, в енергетиці як високотемпературні герметики в твердооксидних паливних елементах, а також як потенційний матеріал для іммобілізації радіоактивних відходів.

Добре відомо, що структура, термічні та електроізоляційні характеристики боросилікатного скла покращуються при додаванні Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. У помірних концентраціях Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> протидіє кристалізації цих стекол знижуючи температуру ліквідусу системи та швидкість росту кристалів. З огляду на вище сказане, для вирішення зазначених технологічних задач перспективними можуть бути стекла в системі SrO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> [1]. Однак дані про умови склоутворення та фізико-хімічні властивості вказаних стекол, які можуть служити експериментальною базою для проектування нових матеріалів з комплексом заданих властивостей, в технічній літературі є обмеженими і недостатніми.

У зв'язку з цим мета роботи – встановлення умов склоутворення та значень властивостей стекол, хімічний склад яких обмежений наступним вмістом компонентів (мол. %): SrO 30÷70, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10÷50, SiO<sub>2</sub> 20÷60, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0÷10.

Експериментальні дані умов склоутворення показали, що дослідна система характеризується широкою областю візуально прозорих та стійких до кристалізації при виробленні стекол. При синтезі стекол в корундовому тиглі при температурі 1350 °С область склоутворення в системі SrO–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> обмежена вмістом компонентів (мол. %): SrO 30÷60, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10÷60, SiO<sub>2</sub> 10÷50. Введення до складу цих стекол 10 мол. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> розширює область склоутворення в напрямку збільшення в склі вмісту SiO<sub>2</sub> до 60 мол.%. Експериментально встановлені значення властивостей дослідних стекол знаходяться в наступних межах: температурний коефіцієнт лінійного розширення  $(67\div 118)\cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ; температура склування 570–660 °С; щільність 2,62÷3,71 г/см<sup>3</sup>. При температурі 150 °С питомий об'ємний опір стекол знаходиться в межах  $10^{12}\div 10^{14} \text{ Ом}\cdot\text{см}$ .

Отримані результати свідчать про те, що дослідні стекла можуть бути потенційними кандидатами для аерокосмічних та напівпровідникових технологій як термостійке електроізоляційне скло- та склокераміка-метал покриття або герметик.

## Література

1. Hordieiev Yu., Amelina A. Glass formation and properties of glasses in the system SrO–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>–xAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (x=0; 10 mol.%) // *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. – 2021. – № 5. – P.43–49.

# ВПЛИВ ДЕТОНАЦІЙНИХ НАНОАЛМАЗІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

**Г. І. Гуріна**, канд. хім. наук, доцент, **Б. О. Богомол**, магістрант,  
**Н. В. Симченко**, магістрант, **Н. А. Мартинова**, магістрант, **Д. А. Булавіна**, студент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [Galyna.Gurina@kname.edu.ua](mailto:Galyna.Gurina@kname.edu.ua)*

Актуальним напрямком розвитку хімії та хімічних технологій є створення інноваційних матеріалів з низьким вмістом легколетких органічних сполук та високими фізико-механічними властивостями внаслідок ретельного та обґрунтованого вибору компонентів композицій для одержання матеріалів з унікальними властивостями. на основі полімерних нанокомпозитів з наноалмазами.

Структура наноалмазів залежить від умов їх синтезу, очищення та подальшої обробки. Так, у разі мокрого синтезу, форма наближається до сферичної, тоді як при сухому синтезі утворюються близькі до ідеальних за структурою ограновані нанокристали алмаза. Наноалмази, що отримують під час вибуху в замкнутому обсязі конденсованих вибухових речовин з від'ємним кисневим балансом, є особливим типом алмазних матеріалів. Це типові наноматеріали із середнім розміром зерен 4 нм, що мають переважно сферичну форму, які були використані у роботі. На кафедрі хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім. О.М. Бекетова розроблено поліфункціональні лакофарбові нанокомпозиційні матеріали на основі детонаційних наноалмазів, які характеризуються високими експлуатаційними характеристиками та можуть бути використані при розробці матеріалів з підвищеними твердістю, зносостійкістю, теплостійкістю. Метою роботи є дослідження впливу добавок частинок наноалмазів на фізико-технічні властивості нанокомпозиційних лакофарбових покриттів для подальшого їх використання в різних галузях промисловості.

Фізико-механічні властивості лакофарбових покриттів визначалися за стандартними методиками. Відносну твердість визначали за маятниковим приладом з маятником Кеніга. Стійкість покриттів до удару відповідно до ISO 6272-2002 здійснювали при застосуванні приладу, що вимірює максимальну висоту, при вільному падінні з якої вантаж масою 1 кг не викликає механічних пошкоджень на поверхні випробовуваної пластини з лакофарбовим покриттям. Еластичність, міцність покриттів при вигині вимірювали при застосуванні приладу з набором циліндричних стрижнів з діаметрами стрижнів від 1 мм до 32 мм. Визначення адгезії лакофарбових покриттів проводили з застосуванням універсального шаблону методом решітчастих надрізів. Дослідження зносостійкості проводилися шляхом стирання покриття під механічною дією кварцового піску.

Одержані акрилові водні дисперсії з наноалмазами та без наноалмазів

були нанесені на сталеві пластинки для вимірювання стійкості покриттів до удару, на пластинки з жести для визначення еластичності покриттів, на скляні пластинки для визначення умовної твердості покриттів з метою дослідження впливу наноалмазів на фізико-механічні властивості покриттів на основі водних акрилових дисперсій.

Товщина покриттів визначалася за допомогою товщиноміра та складала 30 мкм. Отримані результати вимірювання стійкості покриттів до удару, еластичності (стійкості до вигину), умовної твердості та адгезії покриттів складала – 50 см, 2 мм, 0,38/0,61 ум. од., 0 балів, відповідно.

Досліджені температурні залежності умовної твердості зразків на основі водної акрилової дисперсії та водної акрилової дисперсії з додаванням наноалмазів у кількості від 0,2 % до 0,5 %. Для зразків спостерігається єдиний тип залежності твердості від температури, який характеризується мінімумом при температурах 50–90 °С. Більш чітко відмінності у зміні твердості від температури виявляються у логарифмічних координатах для твердості. Аналіз одержаних результатів досліджень фізико-механічних властивостей дозволив сформулювати наступні висновки:

1. Концентрація наноалмазів 0,5 % призводить до зниження умовної твердості при середніх температурах (30–70 °С);

2. Концентрація наноалмазів 0,3 % тільки збільшує твердість для всього діапазону температур;

3. Будь-яка кількість наноалмазів підвищує твердість у діапазоні температур 60–80 °С.

Наочнішою є залежність умовної твердості у відносних одиницях (по відношенню до зразка без добавки). Найбільший вплив має добавка в кількості 0,3%, причому при її внесенні, можливе зростання твердості не тільки при температурах 70–80 °С, але і при зниженні температури нижче 20 °С. Залежність максимальних відхилень для трьох діапазонів температур від кількості добавки показує, що для концентрацій менше 0,4% збільшення твердості досягає 230 % по відношенню до чистого матеріалу, при цьому навіть при середніх температурах зниження міцності не перевищує 10 %. Найбільший вплив на твердість нанодисперсних алмазів мають при температурі 70–80 °С.

Встановлено, що зносостійкість покриттів з наноалмазами вище, ніж покриттів на основі акрилової дисперсії без наноалмазів на  $(2,22 \cdot 10^{-7}) \cdot 100 / (3,8 \cdot 10^{-7}) = 58 \%$ .

Таким чином, досліджені фізико-механічні (стійкість до вигину, адгезія, товщина, зносостійкість) одержаних покриттів на основі композицій водної акрилової дисперсії з наноалмазами та без додавання наночастинок. Встановлено, що введення наноалмазів до покриттів збільшує зносостійкість покриттів на 58%.

Сформульовані рекомендації щодо використання наноалмазів у якості добавок до композиційних матеріалів у різних галузях промисловості для підвищення зносостійкості покриттів, підвищення теплостійкості, твердості покриттів при оптимальній концентрації наноалмазів 0,3%.

# ОПТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ДЕТОНАЦІЙНИМИ НАНОАЛМАЗАМИ

**Г. І. Гуріна, канд. хім. наук, доцент, Б. О. Богомол, магістрант,  
Н. В. Симченко, магістрант, Н. А. Мартинова, магістрант,  
В. В. Полумисний, студент**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [Galyna.Gurina@kname.edu.ua](mailto:Galyna.Gurina@kname.edu.ua)*

Розробка матеріалів з використанням наповнювачів полімерних матриць мікронного та субмікронного рівня дисперсності значною мірою вичерпало себе при досягненні нового рівня експлуатаційних характеристик. До нових проривних рішень можна дійти, використовуючи принципи нанотехнологій, тобто переходом до нанодисперсного стану підсилюючих компонентів, синтез яких є дуже перспективним як з теоретичної, так і з практичної точки зору створення смарт-композиційних лакофарбових матеріалів. Такими нанодисперсними частинками є наноалмази – багатообіцяючі представники карбонових наноструктур, які мають характерну для звичайного алмаза кристалічну ґратку: планаксіальний клас кубічної сингонії, дві гранецентровані ґратки Браве, зсунуті одна щодо одної на 1/4 головної діагоналі, але розміри кожної такої частинки дорівнюють від 1 до 10 нм. У сухому вигляді наноалмази – полідисперсний порошок світло-сірого кольору. Слід зазначити, що структура наноалмазів залежить від умов їх синтезу, очищення та подальшої обробки. Так, у разі мокрого синтезу, форма наближається до сферичної, тоді як при сухому синтезі утворюються близькі до ідеальних за структурою ограновані нанокристали алмаза. Наноалмази, що отримують під час вибуху в замкнутому обсязі конденсованих вибухових речовин з від’ємним кисневим балансом, є особливим типом алмазних матеріалів. Це типові наноматеріали із середнім розміром зерен 4 нм, що мають переважно сферичну форму, які були використані у роботі.

Метою роботи було дослідження впливу наноалмазів на оптичні властивості нанокомпозиційних лакофарбових покриттів для прогнозування подальшого їх використання в різних галузях промисловості. Розроблено лакофарбові нанокомпозиційні матеріали на основі детонаційних наноалмазів, які характеризуються високими експлуатаційними характеристиками та можуть бути використані при розробці матеріалів для авіакосмічної техніки, зокрема, у якості фільтрів ультрафіолетового опромінювання.

Для визначення впливу детонаційних нанокомпозитів на властивості покриттів була використана воднодисперсійна акрилова дисперсія Primal CM-219 EF (Rohm and Haas). Композиції для досліджень готували шляхом диспергування водних паст з наноалмазами та без наноалмазів з диспергатором Оротан 731 AER, целюлозним загусником та піногасником Foamaster NXZ із застосуванням бісерного млина та дисольвера з варіаторами

обертів перемішуючого пристрою. Акрилова дисперсія додавалася до одержаних водних паст при швидкості обертів 280 об/хв як асоціативний згущувач застосовувався поліуретановий Акрисол ТТ-935 ER, як коалесцент – Texanol NX-795.

Колір та координати кольору визначали з використанням портативного спектрофотометру NS810. Завданням експериментального кількісного визначення кольору пігментів є розрахунок координат кольору, координат кольоровості, кольорового тону, чистоти кольору та яскравості у стандартній колориметричній системі XYZ.

Отримані значення дозволили визначити оптичні властивості у видимій області спектру у декартових координатах  $x$ ,  $y$  на кольоровому графіку. Крім певного кольору за координатами кольору  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , координатами кольоровості  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в сукупності з координатою кольору  $Y$  визначений колір за кольоровим тоном  $\lambda$ , чистотою кольору  $P$  та яскравістю  $Y$ .

Кольоровий тон характеризували домінуючою довжиною хвилі  $\lambda$ , тобто довжиною хвилі, що відповідає максимуму на спектрі віддзеркалення зразка. Чистота кольору  $P$  визначалася відношенням фотометричної яскравості монохроматичного випромінювання та загальної яскравості випромінювання. На кольоровому графіку величина чистоти кольору  $P$  визначалася відношенням відстані від точки білого кольору до точки з координатами кольоровості даного зразка ( $x$ ,  $y$ ) та довжини відрізка, проведеного до лінії спектральних кольорів. Яскравість або світлота ( $L$ ) характеризували кількістю віддзеркаленого зразком світла, що чисельно дорівнює значенню координати кольору  $Y$ .

Зміну оптичних властивостей покриттів, що містять наноалмази при опроміненні люмінесцентних пігментів під плівкою з акрилової дисперсії з наноалмазами, спостерігали з використанням джерела світла D65. Для цього було взято три зразки люмінесцентних пігментів жовтого, зеленого та червоного кольору, для яких були визначені координати кольору, кольоровості для колориметричної системи XYZ, CIELAB та домінуюча довжина хвилі, насиченість та яскравість кольору.

Світлота кольору люмінесцентних пігментів червоного, жовтого та зеленого кольорів у порівнянні зі світлотою кольору пігментів з фільтром з акрилового покриття з наночастками наноалмазів для джерела світла D65 в колориметричній системі CIELAB збільшилася з 22,85 до 27,91, з 57,14 до 60,42 та з 44,04 до 49,88, відповідно.

Розраховані відмінності у кольорі  $\Delta E$  в системі CIELAB для зразків пігментів та зразків з наноалмазними фільтрами червоного, жовтого та зеленого кольорів:  $\Delta E = 9,15$ ,  $\Delta E = 5,5$ ,  $\Delta E = 10,01$  відповідно, свідчать про суттєві зміни у кольорі пігментів внаслідок дії наноалмазів.

Збільшення світлоти кольору свідчить про зменшення впливу ультрафіолетового випромінювання на люмінесценцію зразків пігментів, що дозволяє рекомендувати використання детонаційних наноалмазів для поглинання ультрафіолетового випромінювання наноконпозиційними акриловими полімерами, наприклад, в ілюмінаторах авіакосмічних апаратів.



# ЕФЕКТИВНІСТЬ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ АВТОКОЛИВНОГО ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ В БАРАБАННОМУ МЛИНІ

**К. Ю. Дейнека**, канд. тех. наук

*ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж  
Національного університету водного господарства та природокористування»,  
33027, Рівне, вул. Орлова, 35  
e-mail: k.yu.deineka@nuwm.edu.ua*

Новим технологічним напрямом суттєвого підвищення порівняно низької енергетичної ефективності барабаних млинів є застосування інноваційного автоколивного процесу подрібнення матеріалів. Самозбудження автоколивних завантажень камери стаціонарно обертового барабана у вигляді самопливних пульсацій зумовлено втратою стійкості усталеного руху машинного агрегату приводу млина [1]. Збудження автоколивних активізує доволі велику пасивну частину внутрішньомлинного завантаження, що значно посилює інтенсивність взаємодії молоткових тіл із частинками подрібнюваного матеріалу [2].

Метою дослідження було виявлення спільного впливу ступеня заповнення камери завантаженням та вмісту у ньому подрібнюваного матеріалу на характеристики динамічної дії пульсаційного завантаження та параметри традиційного і автоколивного процесу подрібнення в барабанному млині.

Методом чисельного моделювання на основі результатів експериментальної візуалізації зернистої течії встановлено емерджентний динамічний ефект різкого підвищення автоколивної дії завантаження при спільному зменшенні заповнення камери та вмісту матеріалу. Виявлено значне зменшення пасивної квазітвердотільної зони руху завантаження, збільшення активної пульсаційної зони та зростання дилатансії. Прояв ефекту посилюється збільшенням розмаху автоколивних та зв'язних властивостей завантаження.

Встановлено синергетичний технологічний ефект різкого зниження питомої енергоємності та підвищення відносної продуктивності автоколивного подрібнення внаслідок значного зростання динамічної дії завантаження.

Розглянуто процес автоколивного помелу цементного клінкеру. Виявлено зниження відносної питомої енергоємності на 62 % та зростання відносної продуктивності на 125 % при спільному зменшенні заповнення камери з 0,45 до 0,25 та вмісту матеріалу в завантаженні з 1 до 0,125.

## Література

1. Deineka K.Yu., Naumenko Yu.V. The tumbling mill rotation stability [Electronic resource] // *Naukovyi Visnyk Nationalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2018. – No. 1(163). – P. 60–68. – Mode of access: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/10> (date of access: 05.05.2022). – Title from screen.
2. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of a simultaneous reduction in the filling load inside a chamber and in the content of the crushed material on energy intensity of self-oscillatory grinding in a tumbling mill [Electronic resource] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – Vol. 1. – No. 1. – P. 77–87. – Mode of access: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224948> (date of access: 05.05.2022). – Title from screen.

# ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ ЦЕЛЬЗІАНОВОЇ КЕРАМІКИ МОДИФІКОВАНОЇ СКЛОМ В СИСТЕМІ $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$

**Ю. Р. Калішенко**, аспірант, **О. А. Амеліна**, канд. техн. наук,  
**О. В. Зайчук**, д-р техн. наук, професор

*Державний вищий навчальний заклад  
«Український державний хіміко-технологічний університет»,  
49040, Дніпро, пр. Гагаріна, 8  
e-mail: [kalishenkoyuliya@gmail.com](mailto:kalishenkoyuliya@gmail.com)*

Термостійкі керамічні та склокристалічні матеріали широко застосовуються в енергетичній та машинобудівній галузях, у виробництві електроніки тощо. Серед них комплексом високих фізико-технічних показників характеризуються безлужні алюмосилікатні матеріали, зокрема в системі  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ .

Метою даних досліджень було отримання щільноспеченої цельзіанової кераміки при введенні частини її компонентів за рахунок скла барійалюмоборосилікатного (BABS) складу.

В якості вихідних сировинних компонентів для отримання цельзіанової кераміки використовували каолін збагачений, барію карбонат та скло складу С-1. Це скло було обрано в точці потрійної евтектики з температурою  $1320^\circ\text{C}$  в оксидній системі  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . Евтектика знаходиться на стику полів первинної кристалізації цельзіану та силікатів барію ( $\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2$  і  $2\text{BaO} \cdot 3\text{SiO}_2$ ). Для зв'язування окремих компонентів скла у цельзіан до складу кераміки вводили додаткову кількість каоліну збагаченого, а також технічний глинозем та силіцію (IV) оксид у вигляді маршаліту.

Дослідні композиції готували методом сумісного мокрого помелу в порцеляновому кульовому млині до повного проходження через сито № 0063. Зразки виготовляли методом шлікерного лиття в гіпсові форми. Відлиті зразки після сушіння піддавали випалу при максимальній температурі  $1250 \div 1375^\circ\text{C}$ .

Експериментально встановлено, що введення частини компонентів цельзіанової кераміки за рахунок BABS скла дозволяє суттєво інтенсифікувати процес її спікання. В результаті при температурах  $1350 \div 1375^\circ\text{C}$  синтезований керамічний матеріал, який володіє нульовим водопоглинанням і пористістю, порівняно високою механічною міцністю на стискання (до  $157 \text{ МПа}$ ), що в 1,5 рази вище ніж  $\sigma_{\text{ст}}$  для цельзіанової кераміки, яка отримана за традиційною керамічною технологією і не містила BABS скла. Крім того, дослідна цельзіанова кераміка характеризується термічним коефіцієнтом лінійного розширення  $(34,0 \div 35,0) \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$ , що обумовлює її високу термічну стійкість. Розроблена кераміка характеризується високими вогнетривкістю ( $1540 \div 1580^\circ\text{C}$ ) та діелектричними характеристиками ( $\epsilon = 6,7 \div 7,0$ ;  $\text{tg}\delta = 0,003$ ).

Комплекс високих фізико-технічних показників розробленої цельзіанової кераміки дозволяє розглядати можливість її широкого і ефективного застосування.



## РОЗРОБКА ПОКРИТТІВ ДЛЯ КЕРАМОГРАНІТНИХ СТІЛЬНИЦЬ

**С. В. Картишев, аспірант, О. Ю. Федоренко, д-р техн. наук, професор,  
В. Капко, студент, М. С. Отрошенко, студент**

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002, Харків, вул. Курпичова, 2  
e-mail: [kartyshev@ukr.net](mailto:kartyshev@ukr.net)*

Сьогодні великоформатні керамогранітні плити здобули популярність як матеріал для облаштування стійок ресепшен та робочих поверхонь в громадських місцях: бізнес-центрах, салонах краси, стоматологічних клініках, фітнес-центрах медичних і фармацевтичних лабораторіях, закладах громадського харчування, а також в кухнях житлових приміщень. Це обумовлено суттєвими перевагами керамограніту у порівнянні з ламінованим ДСП, зокрема високою твердістю, гігієнічністю і нескладністю догляду, стійкістю до впливу вологи та забруднення.

Останнім часом виробниками керамогранітних плит приділяється велика увага функціоналізації їх поверхні для надання гідрофобних або антибактеріальних властивостей, що дозволить розширити області їх використання. Оскільки виробництво великоформатного керамограніту є матеріалоемним, перспективним напрямом досягнення поставленої мети є створення покриттів з пролонгованою антибактеріальною дією відносно широкого спектру бактерій. При розробці таких покриттів треба не лише забезпечити їх антимікробну активність, але й враховувати при виборі компонентів поливи економічну складову і безпеку для навколишнього середовища, що дозволить підвищити конкурентоздатність керамогранітних плит.

Як основу для створення покриттів розглядали багатокомпонентну систему  $R_2O - RO - Al_2O_3 - RO_2$ , де  $R_2O - Na_2O, K_2O$ ;  $RO - CaO, MgO, BaO, ZnO$ ;  $RO_2 - SiO_2, SnO_2, TiO_2$ . Такий вибір обумовлений здатністю сполук титану, цинку і стануму, які виконують роль біоцидних агентів, забезпечити унікальне поєднання експлуатаційних властивостей покриттів (хімічну, термічну та абразивну стійкість).

За результатами прогнозової оцінки структурних особливостей і властивостей розплавів модельних композицій визначено області системи, перспективні для створення склокристалічних покриттів для керамогранітних плит. З використанням ПФЕ розроблено 2 серії нефритованих полив, що містили відповідні комбінації бактерицидних компонентів ( $SnO_2+ZnO$ ) і ( $SnO_2+TiO_2$ ) в різному співвідношенні. Для введення склотвірних оксидів ( $SiO_2, Al_2O_3, Na_2O, K_2O$ ) використовувати долинський граніт, просянівський каолін і новоселицький кварцовий пісок. Оксиди модифікатори ( $CaO, MgO$ ) вводили ямським доломітом. Оксид барію, а також оксиди, які одночасно виконують роль мінералізаторів та бактерицидних агентів ( $ZnO, TiO_2, SnO_2$ ) вводили відповідними технічними продуктами. У результаті випалу зразків в цільовій печі з витримкою 12 хв за максимальних температур 1150 °C і 1200 °C отримані знепрозорені матові та блискучі покриття, для яких визначали показники термостійкості, кислототривкості і мікротвердості. Отримані дані дозволили встановити аналітичні залежності властивостей від параметрів їх отримання та обрати оптимальні за комплексом властивостей склади покриттів. В подальшому будуть проведені дослідження їх антибактеріальної ефективності.

## РОЗРОБКА ТАМПОНАЖНИХ ЦЕМЕНТІВ ТА РОЗЧИНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

А. М. Корогодська, д-р техн. наук, Г. М. Шабанова, д-р техн. наук, професор,  
Н. Б. Дев'ятова, PhD

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: [alla-korogodskaya@ukr.net](mailto:alla-korogodskaya@ukr.net)*

Розробка ресурсощадних технологій в'язучих матеріалів спеціального призначення є нагальною проблемою сьогодення. На кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» лабораторією спеціальних в'язучих та композиційних матеріалів проводяться дослідження щодо отримання тампонажних цементів на основі відходів хімічної галузі промисловості.

В якості вихідних сировинних матеріалів використовували кальцієвмісні відходи водоочищення, відходи відпрацьованого залізохромового каталізатора середньотемпературної конверсії вуглеводнів СТК-1 та відходу відпрацьованого алюмохромового каталізатора пароводневої конверсії вуглеводнів ГИАП – 14С.

Виготовлений кальцій алюмоферохромітний цемент був випробуваний у відповідності до ДСТУ Б.В.2.7.-86-99 «Цементи тампонажні. Методи випробувань». Основні фізико-механічні властивості розробленого цементу: рівномірність зміни об'єму – рівномірне; тонкість помелу – повний перехід через сито № 006; розтічність цементного тіста – 180–190 мм; водоцементне відношення – 0,29; терміни тужавіння: початок – 2 год 00 хв, кінець – 3 год 25 хв; границя міцності при вигині – 6,4–6,8 МПа.

Отримані результати свідчать про те, що розроблений цемент на основі алюмінатів, феритів та хроміта кальцію відноситься до гідравлічних в'язучих матеріалів з низьким водоцементним відношенням, є швидкотужавіючим, швидкотверднучим та може бути використаний при виготовленні тампонажних розчинів для ізолювання «гарячих» газових свердловин.

При виготовленні розчину до його складу вводили ферохромовий тампонажний цемент та барит як обважувач у співвідношенні 1 : 1. В результаті проведених випробувань встановлено, що розтічність дорівнює 250 мм, густина – 3000 г/см<sup>3</sup>, час тужавіння до консистенції 30 Вс – 105 хв, час тужавіння до консистенції 30 Вс при температурі 120 °С та 40 МПа – 400 хв, водовідділення тампонажного розчину – 7 мл, та границя міцності при вигині – 7,0 МПа відповідають нормативним вимогам, тому розчин, отриманий з використанням розробленого тампонажного цементу на основі відходів хімічної галузі промисловості може бути рекомендований для тампонування газових свердловин з погіршеними умовами експлуатації.

# ДИЕТАНОЛАМІН БОРАТНІ МОДИФІКАТОРИ ВОДНОДИСПЕРСІЙНИХ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

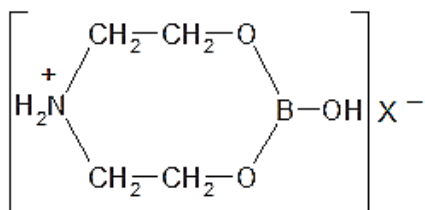
Є. П. Левченко, аспірант, О. В. Черваков, д-р техн. наук, професор,  
О. С. Сverdlikovska, д-р хім. наук, професор, Д. О. Черваков, канд. техн. наук, доцент

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,  
49005, Дніпро, просп. Гагаріна, 8  
e-mail: [theleva7@gmail.com](mailto:theleva7@gmail.com)

Актуальною проблемою створення лакофарбових матеріалів на основі синтетичних плівкоутворювачів є покращення декоративно-захисних властивостей покриттів.

У випадку воднодисперсійних лакофарбових матеріалів (ВД ЛФМ) покращення захисних властивостей досягають за рахунок використання дисперсій полімерів з мінімальною температурою плівкоутворення вищою за кімнатну температуру. Для зниження мінімальної температури плівкоутворення та спрощення плівкоутворення застосовують коалесценти. Раніше в якості коалесцентів використовували ряд летких органічних сполук різних класів. Проте з введенням обмежень на вміст летких органічних сполук у складі ВД ЛФМ було розроблено ряд коалесцентів з низькою леткістю, серед яких 2,2,4-триметил-1,3-пентандіол моноізобутират (Texanol<sup>®</sup>) з температурою кипіння понад 254 °С. У той же час застосування іоногенних компонентів в якості коалесцентів у складі ВД ЛФМ залишається недостатньо дослідженим.

У роботі [1] Котеневою І. було описано утворення циклічного естеру при взаємодії диетаноламіну та борної кислоти (ДЕАБ). Раніше нами показано [2], що у водних розчинах продукти цієї взаємодії можуть утворювати іоногенні сполуки, здатні до іонного обміну, на основі яких було синтезовано ряд продуктів (де X<sup>-</sup> – аніон органічної чи неорганічної кислоти) загальної формули:



Порівняльний аналіз показав, що запропоновані коалесценти водних дисперсій полімерів мають суттєві переваги перед використанням промислового типу Texanol<sup>®</sup>. Плівки на основі стирол-акрилової дисперсії Tritex SA-50, модифіковані ДЕАБ, виявляли декоративні властивості подібні до плівок, модифікованих Texanol<sup>®</sup>. При заміні Texanol<sup>®</sup> на ДЕАБ спостерігали підвищення твердості покриття на 17 %.

Плівки, отримані сушінням уретан-акрилових дисперсій, модифікованих ДЕАБ та Texanol<sup>®</sup>, виявляли майже однакові фізико-механічні властивості.

## Література

1. О взаимодействии борной кислоты с моно- и диэтанолaminaми / Котенева И.В., Сидоров В.И., Мясоедов Е.М. // Химическая промышленность сегодня. – 2013. – №8. – С. 35-40.
2. Полімерні іонні рідини та іонні рідини іоненового типу : монографія / О.С. Сverdlikovska, О.В. Черваков, О.О. Феденко [та ін.]. – Дніпро : УДХТУ, 2020. – 199 с.

# ПОРИСТІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТЕРМООБРОБЛЕНИХ КОМПОЗИЦІЙ «СКЛОБІЙ-ПАЛИВНИЙ ШЛАК-ЗОЛА-УНЕСЕННЯ»

**Я. І. Лихолат (Кольцова)**, канд. техн. наук, доцент

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,  
49005, Дніпро, проспект Гагаріна, 8  
e-mail: [kolyariv@ukr.net](mailto:kolyariv@ukr.net)*

Промислові відходи являють собою побічний продукт різного роду виробництв. По мірі розвитку промисловості, що використовує мінеральну сировину, кількість відходів постійно зростає. Актуальність досліджень, що проводяться в даній сфері обумовлена загостренням проблем екології та ресурсозбереження. Найбільш раціональним методом утилізації відходів є використання їх для одержання різного виду продукції, передусім у будівельній галузі.

Крім того, в даний час у зв'язку з швидким зростанням цін на енергоносії особливої актуальності набуває питання поліпшення енергоефективності житлових, комерційних та промислових будівель. Прийнятним способом реконструкції існуючих та будівництва нових споруд може служити утеплення огорожувальних конструкцій з зовнішньої сторони високоефективними теплоізоляційними матеріалами.

Найбільш перспективними в цьому відношенні є пористі склокристалічні матеріали (ПСКМ), які мають великий строк служби, володіють високим тепловим опором, екологічною безпекою, пожежобезпечністю, механічною міцністю. В наш час актуальним є розробка технологій отримання таких матеріалів з використанням відходів металургійних виробництв та теплоелектростанцій.

В даній роботі була досліджена можливість отримання ПСКМ з попередньо термообробленої суміші, яка містила склобій, технічну соду, золу та паливний шлак Придніпровської ТЕС, з використанням в якості газоутворювачів мартенівського шлаку ПАТ «Інтерпайп НТЗ» та суглинку Сурсько-Покровського родовища.

Дослідні склозолошлакові композиції містили 40÷60 мас. % бою скла; 20÷40 мас. % паливного шлаку та 20÷40 мас. % золи-унесення. З метою зниження температури спікання до їх складу додавали технічну соду. Їх термообробку здійснювали за температури 950 °С.

Встановлено, що на основі композицій бій скла/паливний шлак = 60/40 та бій скла/зола-унесення/паливний шлак = 60/20/20 з використанням в якості газоутворювача суглинку та мартенівського шлаку за температури випалу 750 °С можна отримати ПСКМ з коефіцієнтом спучування 2,32÷3,10 та однорідною дрібнопористою структурою (середній розмір пор, що переважає, менше 0,5 мм). Такі матеріали можна рекомендувати в якості теплоізоляційних.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕДРЕКРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ X12

**Т. О. Макруха**, канд. техн. наук, асистент, **Д. В. Довженко**, студент

*Національний інститут кораблебудування імені адмірала Макарова,  
54007, Миколаїв, Проспект Героїв України, 9  
e-mail: [tmakruha@gmail.com](mailto:tmakruha@gmail.com)*

Відомо [1], що передрекристиалізаційна термічна обробка (ПТО) деформованих вуглецевих сталей дозволяє підвищити механічні властивості, однак не досліджено вплив ПТО на властивості легованих сталей, тому метою роботи є дослідження впливу передрекристиалізаційної ПТО на механічні властивості легованих сталей. Для цього обрано сталь X12, зразки розміром 5×5×8 мм. Відпалений зразок піддаємо комбінованій деформації: холодна динамічна деформація на 30 %, далі – статична деформація на 30 %. Таким чином, сумарна величина деформації складає 60 %, після чого зразки нагрівали в печі до температури первинної рекристиалізації 500 °С. Результати досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати досліджень впливу ПТО на фізико-механічні властивості сталі X12.

Вид обробки	HV <sub>5</sub> , ГПа	σ <sub>B</sub> , ГПа	δ, %	ψ, %	E, ГПа
Комбінована деформація	3,6	1,0	3,3	37	132
Деформація, ПТО (2 хв)	4,2	1,6	2,3	41	244
Деформація, ПТО (60 хв)	3,9	1,4	2,6	33	237

З наведених даних видно, що залежність властивостей від тривалості часу витримки ПТО носить екстремальний характер. При цьому властивості при витримці 60 хв дещо падають, але залишаються вищими, ніж після деформації, що дозволяє використовувати цей спосіб деформування та термічної обробки у промислових умовах. Значення відносного подовження після ПТО зменшується приблизно у 1,5 рази у порівнянні з деформованим станом. Ймовірно, така відмінність у зміні пластичності пов'язані з утворенням карбідів хрому Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, які негативно впливають на показники пластичності, але сприяють зростанню твердості та тимчасовому опору руйнування.

Таким чином, запропонований спосіб комбінованої деформації та термічної обробки дозволяє досягти оптимальних показників механічних властивостей сталі X12 та використовувати спосіб у промисловості.

## Література

1. Дубовий О. М., Макруха Т. О. Спосіб механотермічної обробки металів і сплавів. Патент України на корисну модель №117824. Бюл. 13. 2017 р.

## БАКТЕРИЦИДНІ СКЛОКЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ПОКРИТТЯ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОГО ТА МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О. В. Саввова<sup>1</sup>, д-р техн. наук, професор, О. І. Фесенко<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент,  
І. В. Зінченко<sup>2</sup>, завідувачка лабораторії, А. В. Довгопол<sup>1</sup>, студентка, О. Тур

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17;

<sup>2</sup>НДІ «Український науково дослідний інститут екологічних проблем»,  
61166, Харків, вул. Бакуліна, 6  
e-mail: savvova\_oksana@ukr.net

Бактерицидні скломатеріали знайшли широке застосування як архітектурно-будівельні матеріали при оскльованні приміщень, виробництві приладів та обладнання, оздобленні приміщень громадських установ, які потребують ефективного захисту від мікробного навантаження. Для забезпечення бактерицидного ефекту на поверхню скломатеріалів наносять фотокаталітичні покриття на основі оксидів титану, цинку або олова, які відрізняються високою хімічною стійкістю та здатністю ефективно інгібувати ріст патогенних мікроорганізмів в процесі фотокаталізу. При розробці склопокриттів по кераміці та металам, які експлуатуються в екстремальних умовах впливу хімічних реагентів та абразивного впливу доцільно застосовувати як бактерицидні компоненти кристалічні наповнювачі, які ковалентно зафіксовані у структурі скломатеріалів. Саме формування склокристалічних матеріалів, що характеризуються вмістом кристалічних фаз, які містять у своєму складі олігодинамічні компоненти – катіони важких металів, дозволяє забезпечити пролонговану дію відносно широкого спектру патогенних мікроорганізмів.

При виборі біоцидних скломатеріалів, які можуть бути рекомендовані при розробці кісткових ендопротезів, необхідно враховувати їх нетоксичність та біологічну сумісність з тканинами організму. Як основу при одержанні скломатеріалів для покриттів по сплавах титану застосовують кальційсилікофосфатні стекла, які у процесі термічної обробки характеризуються кристалізацією фосфатів кальцію. Бактерицидний ефект вказаних покриттів може бути забезпечений шляхом введення хімічно стійких бактерицидних наповнювачів, зокрема, цинк вмісних сполук, або шляхом спрямованої кристалізації фаз, які вміщують активні катіони, що здатні інгібувати патогенні мікроорганізми та не чинити негативного впливу на живий організм.

У результаті тісної співпраці дослідників ХНУМГ імені О. М. Бекетова та УкрНДІЕП розроблено склади бактерицидних склокерамічних матеріалів і покриттів та підтверджено ефективність їх дії відносно широкого спектру патогенних мікроорганізмів. Встановлено ефективність застосування розроблених композиційних матеріалів при одержанні покриттів для керамічної плитки, сталевих панелей та при виготовленні ендопротезів для кісткового ендопротезування.



# ВПЛИВ СИЛКАТНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА АДГЕЗІЙНО-МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ

**Н. В. Саснко<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент, **Р. О. Биков<sup>2</sup>**, канд. техн. наук,  
**Т. М. Обіженко<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент, **А. В. Скрипинець<sup>1</sup>**, канд. техн. наук

<sup>1</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
61002, Харків, вул. Сумська, 40;

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського,  
61000, Харків, вул. Чкалова, 17  
e-mail: [natause@ukr.net](mailto:natause@ukr.net)

Властивості лакофарбових покриттів (ЛФП) багато в чому залежать від характеру взаємодії матеріалу плівки з підложкою – типу зв'язків, що виникають між ними. Ступінь цієї взаємодії, пов'язаної з природою лакофарбового матеріалу, мінеральних наповнювачів і характером поверхні, що захищається, визначає повноту її змочування, яка проявляється у багатьох показниках покриттів: покривність, водопоглинання, адгезія і захисно-декоративні властивості [1, 2]. Для оцінки впливу силікатних наповнювачів на характер адгезійних взаємодій на межі розділу ЛФП визначали крайовий кут змочування за параметрами малої краплі, що лежить на площині. Кількісну величину адгезії ЛФП до бетону визначали методом відриву (згідно ISO 4624:2002).

На рисунку 1 представлені поверхні відгуку крайового кута змочування ( $\theta$ ) (а) та адгезійної міцності ( $\sigma_{\text{від}}$ , МПа) (б) ЛФП від ступеня наповнення алюмосилікатними мікросферами (МС) та гідрофобізованого аеросилу.

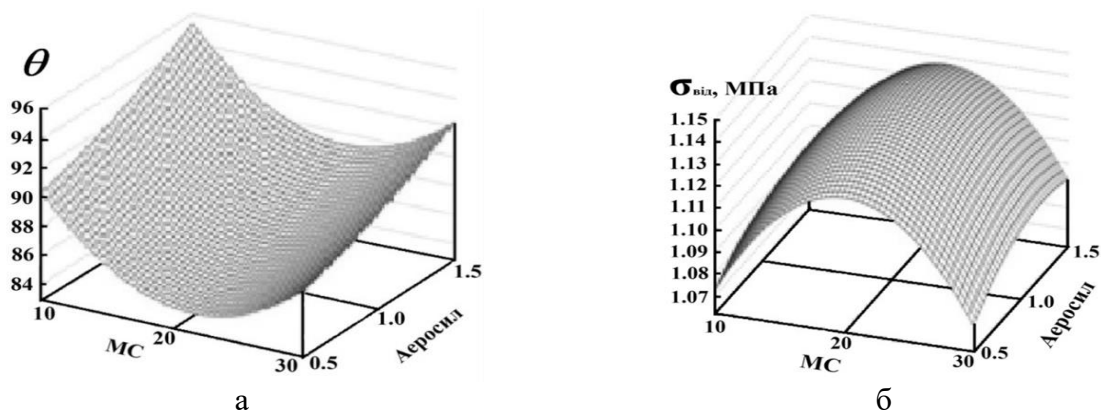


Рисунок 1 – Поверхні відгуку крайового кута змочування (а) та адгезійної міцності (б) ЛФП від вмісту силікатних наповнювачів

## Література

1. Барабаш Е.С., Попов Ю.В., Данченко Ю.М. Влияние модифицирующих добавок на адгезионную способность эпоксиаминных композиций (связующих) к алюмоборсиликатному стеклу и стали // Науковий вісник будівництва. – 2015. – № 4. – С. 122-128.
2. Saienko N.V., Bikov R.A., Popov Y.V., Demidov D.V., Basheer Younis. The effect of silicate fillers on adhesion and adhesion strength properties of water-based coatings // Key Engineering Materials Submitted. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. – 2020. – Vol. 864. – PP. 73-79.

# ІОННА ПРОВІДНІСТЬ ПОЛІМЕРНИХ ІОННИХ РІДИН ТА ІОННИХ РІДИН ІОНЕНОВОГО ТИПУ

О. С. Сverdlikovska, д-р хім. наук, О. В. Черваков, д-р техн. наук,  
**Б. В. Буркевич**, магістр

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,  
49005, Дніпро, пр. Гагаріна, 8  
e-mail: [o.sverdlikovska@gmail.com](mailto:o.sverdlikovska@gmail.com)

У даній роботі доведено, що синтезовані полімерні іонні рідини та іонні рідини іоненового типу (ППР та ІР) на основі похідних тетрагідро-1,4-оксазину та 1,2-епокси-4,7-діоксононен-8 з іонною провідністю  $\sim 10^{-1} \div 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$  у діапазоні температур склування від  $-140^\circ\text{C}$  до  $-16^\circ\text{C}$  мають більшу на п'ять-шість порядків іонну провідність у порівнянні з відомими світовими аналогами на основі полімерних іонних рідин ( $\sigma = 10^{-6} \div 10^{-10} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$ ;  $T_m = -8 \div 80^\circ\text{C}$ ) [1], що дозволяє доповнити ряд існуючих ефективних ППР та ІР сполуками з більш високим рівнем іонної провідності у діапазоні від  $-140^\circ\text{C}$  до  $+330^\circ\text{C}$ . На підставі результатів досліджень, можна сформулювати рекомендації для розробки нових полімерних іонних рідин іоненового типу (ППР) на основі морфоліну з високою іонною провідністю, узагальнити теорії існуючих знань обґрунтованого вибору структурно-хімічних характеристик носіїв для вирішення науково-прикладної проблеми розробки ППР та ІР з високою іонною провідністю зі збереженням їх рідкого стану в широкому діапазоні температур:

1. Іонна провідність ППР та ІР зростає зі збільшенням температури і зменшенням в'язкості й температури склування (плавлення);
2. Введення алільних і  $\beta$ -гідроксиетильних груп до четвертинного атома Нітрогену, наявність дибензилового фрагмента при катіонному центрі спричиняє зростання іонної провідності ППР та ІР при низькій температурі склування;
3. Введення неоднакових радикалів до четвертинного атома Нітрогену підвищує питому провідність порівняно з іонними рідинами іоненового типу, в яких ці радикали однакові;
4. Введення до основного ланцюга макромолекули ППР радикала алкілароматичної будови збільшує її іонну провідність порівняно з полімером аліфатичної будови;
5. Заміщення етиленового містка на групу  $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-$  у радикалі катіонної частини ППР та ІР приводить до зростання іонної провідності;
6. Зі зменшенням довжини ланцюга макромолекули полімеру іонна провідність ППР збільшується;
7. Зменшення радіуса аніона приводить до збільшення провідності ППР та ІР – високий рівень іонної провідності мають іонні рідини з аніоном хлору.

## Література

1. Shevchenko V.V., Gumennaya M.A., Stryutsky A.V., Klimenko N.S., Trachevskii V.V., Klepko V.V., Davidenko V.V. Reactive Oligomeric Protic Cationic Linear Ionic Liquids with Different Types of Nitrogen Centers // Polymer Science, Series B. 2018. – Vol.60. – No. 5. – P. 598-611.



# ІННОВАЦІЙНІ ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЛЕГКОБРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

**В. Ю. Тимофєєв<sup>1</sup>**, аспірант, **В. О. Стороженко<sup>2</sup>**, магістрант,  
**О. В. Саввова<sup>2</sup>**, д-р техн. наук, професор

<sup>1</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Куртичова, 2;*

<sup>2</sup>*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: [tvadim773@gmail.com](mailto:tvadim773@gmail.com)*

Аналіз ринку розробок передових керамічних бронематеріалів дозволив встановити, що ключовим фактором, що стимулює ріст ринку та попит на високоміцну кераміку є її висока конкурентна здатність за рахунок забезпечення високих експлуатаційних та технологічних властивостей та зниженої вартості. Домінування на ринку бронематеріалів корунду визначається його високими експлуатаційними характеристиками та зниженою вартістю; прогнозоване зростання попиту на карбід кремнію пов'язане з необхідністю вдосконалення захисту легкоброньованої техніки, зважаючи на підвищення рівня загрози та модернізації озброєння у світі.

Впровадження нових технічних рішень дозволить суттєво підвищити захищеність машин легкої вагової категорії від бронебійних снарядів й кумулятивних засобів ураження. Саме розробка композиційних матеріалів на основі кераміка у поєднанні зі сталевими та алюмінієвими сплавами, розробка та застосування наноматеріалів на основі карбиду бору й склокераміки дозволить вирішити нагальні проблеми підвищення обороноздатності країни. Так, застосування композитів на основі перфорованої сталеві броні, магнієвих сплавів марки Elektron 675, надвисокомолекулярного поліетилену, арамідних волокон із застосуванням керамічного покриття  $TiO_2/Al_2O_3$ , алюмінію армованого кевларовим волокном відкривають нові перспективи при створенні нових полегшених матеріалів для бронезахисту з високою балістичною стійкістю та зниженою вартістю.

При виробництві систем для локального захисту перспективним є створення керамічних матричних композитів шляхом армування матеріалу. Для вирішення проблеми підвищення стійкості матеріалу броні до багаторазових ударів обґрунтовано застосування високоміцної кераміки на основі SiC або  $B_4C$  з підвищеними показниками тріщиностійкості. Однак, значна вартість керамічних матеріалів та складність технології їх одержання обмежують їх використання як бронееlementів для легкоброньованої техніки та визначають пошук менш вартісних та технологічних альтернативних матеріалів, які зможуть одночасно виконувати роль руйнуючого та енергопогинаючого шару. Одним з найбільш перспективних матеріалів у цьому напрямку є композити на основі склокерамічних матеріалів. Аналіз пошуку заявок на розробку склокристалічних матеріалів у Міжнародній патентній базі DWPI дозволив

встановити, що з 1968 року компаніями було видано значну кількість патентів, які стосуються розробки та застосування таких матеріалів (рис. 1).

Розробка та впровадження сучасних вітчизняних наноматеріалів на основі склокераміки призначених для використання в надзорстких умовах експлуатації дозволить вирішити нагальну проблему забезпечення силових структур ефективними засобами захисту та підвищити конкурентну здатність вітчизняних бронематеріалів.



Рисунок 1 – Кількість патентів, які стосуються розробки склокераміки

Впровадження нових тенденцій при створенні ефективних композиційних матеріалів дозволить забезпечити ефективне співвідношення ціни та якості при порівнянні зі сталеву та керамічною бронєю закордонного виробництва. Перспективність реалізації вказаних положень підтверджена застосуванням у складі композиційних бронеелементів склокристалічних матеріалів на основі дисилікату літію та  $\beta$ -сподумену. Суттєвою перепоною для використання як бронеелементів зміцнених склокристалічних матеріалів на основі літійалюмосилікатних стекол є їх підвищена вартість за рахунок значного вмісту оксиду літію.

Аналіз ринку склокристалічних матеріалів визначає перспективність розробки високоміцних склокристалічних матеріалів на основі алюмосилікатних стекол з вмістом шпінелі, енстатиту,  $\beta$ -кордієриту, воластоніту на основі вітчизняної сировини. Однак, комерціалізація вказаних склокристалічних матеріалів, обмежується складністю технології, а саме: високими температурами синтезу та складністю формування завдяки їх високій в'язкості. Розробка інноваційних склокристалічних матеріалів на основі магнійалюмосилікатних стекол, які характеризуються формуванням самоорганізованої наноструктури в умовах низькотемпературної короткотривалої термічної обробки для елементів конструкції бронезахисту є важливою науковою та практичною задачею вітчизняних науковці та виробників, особливо в умовах воєнного стану.

# ВИГОТОВЛЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ МАТЕРІАЛІВ ЗІ ЗАСТОСУВАННЯМ В ЯКОСТІ ДОБАВОК КРЕМНЕЗЕМОВМІСНИХ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ДОБРІВ

М. О. Ткаченко, курсант, О. В. Христич, канд. техн. наук, доцент

*Національний університет цивільного захисту України,  
61023, Харків, вул. Чернишевська, 94  
e-mail: [el-green@ukr.net](mailto:el-green@ukr.net)*

При сучасному розвитку технологій будівельних матеріалів велика увага приділяється створенню нових видів і складів вогнетривких цементовмісних композицій, що володіють високою міцністю, вогнетривкістю, можливістю експлуатації в високотемпературних режимах. Актуальним є розвиток технологій нових будівельних матеріалів різних типів і призначень, який базується на застосуванні хімічних і мінеральних добавок, але висока вартість компонентів може обмежити їх застосування, адже традиційні бетони і будівельні розчини досить прості й недорогі, також можливо вирішення задач ресурсозбереження.

В даній роботі розглядається використання кремнеземовмісних відходів виробництва фосфорних добрив для застосування в сухих сумішах в складі вогнетривких бетонів як мінеральної добавки, яка є шламом комплексної переробки низькосортної сировини в фосфорні добрива.

Аналіз досліджування шламу відходів виробництва добрив дозволив зробити припущення про можливість його застосування як мінеральної добавки. За результатами сучасних фізико-хімічних методів аналізу встановлено, що мінеральна частина висушеного шламу представлена, в основному:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ,  $\text{K}(\text{Mg,Fe,Al})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ . Актуальним представлялося досліджувати сумісність даної добавки з сучасними видами вогнетривких цементів та ефективність впливу такої добавки на технічні властивості композицій.

Досліджено експериментально співвідношення компонентів композиції: цемент – 80÷90 мас. %, сухий шлам переробки концентрату для виробництва фосфорних добрив – 10÷20 мас. %. Були проведені фізико-механічні випробування композицій цементу з різною кількістю добавки. Випробування проводилися згідно стандартних методик дослідження в'язучих матеріалів. Експериментально доведено, що оптимальна кількість добавки, яка вводиться до складу матеріалу, знаходиться в межах від 5 мас. % до 10 мас. %.

Застосування в будівельній індустрії в якості активної добавки кремнеземовмісних відходів виробництва фосфорних добрив, повністю виправдовує вартість процесу утилізації і сприяє створенню безвідходного виробництва фосфорних добрив.

# РОЗРОБКА МАС ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЕЛИКОФОРМАТНОГО КЕРАМОГРАНІТУ В УМОВАХ ЕНЕРГООЩАДНОГО ВИПАЛУ

О. Ю. Федоренко, д-р техн. наук, професор, С. В. Картишев, аспірант,  
М. С. Отрощенко, студент, О. В. Конєв, студент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: [kartyshev@ukr.net](mailto:kartyshev@ukr.net)

Натепер вітчизняні виробники керамограніту імпортують альбітові польові шпати. Натомість альтернативним джерелом флюсуючих матеріалів є лужні каоліни, запаси яких в Україні складають понад 40 млн. т. Метою даної роботи є визначення флюсуючої здатності лужних каолінів Майдан-Вільського, Дубрівського і Грузливецького родовищ та розробка з їх використанням мас для виготовлення великоформатного керамограніту.

Оцінку флюсуючої здатності лужних каолінів проводили з використанням методу фізико-хімічного аналізу за їх хімічним складом [1]. Суть методики полягає у графо-аналітичних розрахунках в системах породоутворюючих оксидів  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  і  $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  та визначенні характеристик плавкості і властивостей розплавів, що утворюються в заданих умовах термообробки. За результатами оцінки флюсуючої здатності лужних каолінів встановлено, що за температури енергоощадного випалу керамограніту (1150 °С) найбільша кількість розплаву (93,75 %) з порівняно низькою в'язкістю ( $10^{3,9}$  Па·с) і поверхневим натягом (0,276 Н/м) утворюватиметься при використанні збагаченого майдан-вільського лужного каоліну. За інтенсивністю флюсуючої дії досліджені лужні каоліни розташовуються в ряд: майдан-вільський збагачений > майдан-вільський незбагачений > дубрівський > грузливецький.

З урахуванням результатів прогнозу оцінки флюсуючої здатності лужних каолінів, спираючись на дослідження використання вітчизняної кварц-польовошпатової сировини в технології керамограніту [2] розроблено серії мас, із різним співвідношенням основних компонентів *глина: лужний каолін: доломіт* в наступних межах їх вмісту, мас. %: глина – 15÷60, лужний каолін 35÷80, доломіт 0÷7. Зразки готували за наближеною до заводської технологією, яка передбачала мокрий сумісний помел компонентів, часткове зволоження шлікеру для отримання прес-порошку з вологістю 5–6 %, напівсухе пресування під тиском 40 МПа, сушку до залишкової вологості не більше 0,5 % та випал в лабораторній щільовій печі за швидкісним режимом (витримка 15 хв за максимальної температури 1150 °С, загальна тривалість випалу 55 хв). Для випалених зразків визначали характеристики спікання, міцності та колірності. Визначено оптимальні склади мас, що забезпечують отримання керамограніту з високими експлуатаційними і естетичними властивостями: водопоглинання 0,12÷0,35 %, міцність при згині 32÷33 МПа, світлота 75÷81 %.

## Література

- 1 Федоренко О.Ю. Прогнозна оцінка флюсуючої здатності сировини для використання в технології клінкерних виробів // О.Ю. Федоренко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2007. – № 8. – С. 107–115.
- 2 Possibility of obtaining ceramogranite using quartz-feldspar raw material from Ukraine / [M. I. Ryshchenko, L. P. Shchukina, E. Yu. Fedorenko, K. N. Firsov] // Glass and Ceramics. – 2008. – Vol 65. – No. 1 – 2. P. 23-26.

## ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ЛІТІЙАЛЮМОСИЛІКАТНИХ СТЕКОЛ

**О. І. Фесенко, канд. техн. наук, В. В. Бітюцька, магістрант,  
О. В. Саввова, д-р техн. наук, професор, М. М. Гожа, студент, Т. В. Фалько, студентка**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: Oleksii.Fesenko@kname.edu.ua*

На сьогодні ринок високоміцних матеріалів спрямований на розширення сегменту композитів на основі силікатних матеріалів з високими фізико-хімічними та технологічними властивостями. Високоміцні композиційні керамічні та склокристалічні матеріали знайшли широке застосування як елементи для електроніки чи радіотехніки.

За останній час спостерігається суттєвий ріст попиту попит на високоміцні керамічні матеріали в медичній та військовій галузі, зокрема, для вирішення задач оборонного комплексу країни. Саме для вирішення нагальних матеріалознавчих задач у кризових ситуаціях необхідним є впровадження у виробництво конкурентоспроможних технологічних матеріалів на основі вітчизняної сировини.

В ХНУМГ імені О.М. Бекетова розроблено поліфункціональні склокристалічні матеріали на основі літійалюмосилікатних стекол, які характеризуються високими експлуатаційними властивостями та можуть бути використані при розробці стоматологічних протезів, бронезахисних конструкцій для індивідуального та локального захисту, зокрема, для осклування літаків, захисту стрілецької зброї та легкоброньованої техніки.

Розроблені ударостійкі композиційні матеріали на основі високоміцних літійалюмосилікатних склокристалічних матеріалів на основі дисилікату літію, які армовано оксидом цирконію стабілізованого оксидом ітрію або карбідом кремнію мають високі експлуатаційні властивості ( $KCU = 6,0$  кДж/м<sup>2</sup>;  $HV = 11,5$  ГПа;  $K_{IC} = 12,0$  МПа·м<sup>1/2</sup>) та можуть використовуватися як елементи при розробці композитів для локального бронезахисту легкоброньованої техніки.

Одночасна кристалізація дисилікату літію та гідроксиапатиту у складі літійалюмосилікатних стекол в умовах низькотемпературної термічної обробки дозволить забезпечити високі медико-біологічні та механічні властивості розробленого склокристалічного матеріалу та обґрунтувати перспективність його застосування як основи при розробці стоматологічних протезів вітчизняного виробництва.

Розробка та впровадження поліфункціональних склокристалічних матеріалів для військових цілей, у тому числі в медичну практику, дозволить вирішити нагальні проблеми обороноздатності країни, забезпечити захист військовослужбовців та цивільного населення та зберегти здоров'я нації в умовах воєнного конфлікту.

## АНГОВНІ ПОКРИТТЯ ТЕМНО-КОРИЧНЕВОГО КОЛЬОРУ З БУЗКОВИМ ВІДТІНКОМ ДЛЯ ЛИЦЬОВОЇ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ

О. С. Хоменко, канд. техн. наук, доцент

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,  
49005, Дніпро, пр. Гагаріна, 8  
e-mail: [elenahtks@ukr.net](mailto:elenahtks@ukr.net)*

В сучасному будівництві зростає попит на облицювальні матеріали з високими експлуатаційними та естетичними властивостями. До них відноситься ангобована керамічна цегла, яка набуває все більшої популярності, оскільки колірна різноманітність покриттів дозволяє втілювати будь-які дизайнерські рішення.

Актуальними сьогодні є будівельні вироби темних кольорів з різноманітними відтінками, тому за мету було поставлено розробити склад декоративного покриття темно-коричневого кольору з бузковим відтінком, яке можна було б застосовувати для ангобування керамічної цегли однократного випалу.

Основні компоненти ангобу було обрано з урахуванням їх ролі при спіканні та взаємодії з керамічним черепком, мас. %: глина світложгуча 10÷30, білий прозорого скла 15÷25, руда марганцева 45÷65. Глина світложгуча призначена для забезпечення реологічних властивостей ангобного шлікеру на стадії його приготування та адгезійного зчеплення з керамічною основою. Склобій – для інтенсифікації спікання керамічних матеріалів, а марганцева руда, окрім того, що додатково сприяє спіканню ангобного шару, також є основним джерелом насиченого темно-коричневого кольору покриття з бузковим відтінком.

Ангобні шлікери піддавали тонкому мокрому помелу до залишку на ситі № 0063 менше 0,5 %, при цьому властивості ангобу змінювались в межах: текучість 17÷22 с, усадка повітряна 1,7÷2,5 %, усадка вогнева (після випалу при 1050 °C) 2,0÷3,4 %, водопоглинання спеченого шару покриттів 3,5÷4,2 %.

Встановлено, що найбільш якісні зразки було отримано при мінімальному вмісті глини та максимальній кількості склобою і марганцевої руди у складі ангобу. При цьому найбільшої уваги потребує погодження усадочних процесів обох матеріалів на етапах сушіння і випалу. Керамічний напівфабрикат, виготовлений методом екструзії з пластичних мас, має значно більшу повітряну усадку, ніж ангобна композиція. Тому більш якісні покриття отримали при нанесенні на висушений виріб, а не на свіжозформований.

Таким чином, встановлено можливість отримання ангобних покриттів насичених темно-коричневих кольорів з бузковим відтінком, що дозволить розширити існуючий асортимент будівельної продукції.

## **СЕКЦІЯ 5**

***ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ.***

***КОРОЗІЙНА ТРИВКІСТЬ КОНСТРУКЦІЙНИХ  
МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ***



# RESEARCH CORROSION RESISTANCE OF SHS COATINGS IN SULFATE SOLUTIONS

**I. Kruhliak**, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department  
**D. Sereda**, Candidat of Technical Sciences, assistant professor,  
**M. Chechenin**, student

*Dniprovsky State Technical University,  
59002, Kamianske., Str. Dniprobudivska, 2  
e-mail: seredabp@ukr.net*

The technology of obtaining coatings in the conditions of self-propagating high-temperature synthesis (SHS), combined with chemical transport reactions, is devoid of these shortcomings and provides high (up to 95 %) stability of processing results. Sampling of the mother liquor of the sulfate department was performed. The choice of this environment is due to its high corrosion activity and propensity to provoke local types of corrosion damage.

The composition of the mother liquor is as follows: sulfuric acid – 3÷4 % of the mass; ammonium sulfate – 380÷458 g/l; chlorides – 1.8÷2.5 g/l; rhodanide – 0.1÷0.3 g/l; pyridine bases – 12÷15 g/l.

Laboratory electrochemical measurement of corrosion activity, which consists in removing potentiostatic curves, was used to monitor the corrosion activity of working solutions. Corrosion activity was determined by electrochemical method, based on potentiostat EP-20A, automatically controlled by a computer program. Measurements were performed in a glass three-electrode cell with separated electrodes with free access of oxygen to the cell. Values at the electrode potentials were measured relative to the saturated chloride of the silver electrode  $E^{\circ} = -0.222$  V. As an auxiliary electrode used a platinum plate, the working electrode was a sample of steel. The corrosion current was determined from the analysis of polarization curves, the transmission relationship between the electrode potential of the steel electrode and the dissolution current density of steel during polarization from an external source of direct electric current. The corrosion current density is proportional to the corrosion rate of the metal in the test medium, which was determined by extrapolating the Tafel sections on the obtained polarization curves to the value of the free corrosion potential.

Samples of the studied materials were installed in the most aggressive environments of the sulfate department. The test was performed in a saturator. It follows from the voltammetry that the protective coatings inhibit both the anode and cathode corrosion process. At a potential of +0.1 V, the maximum anode dissolution current is observed, which decreases to a potential of +0.8 V and a current of 0.8 mA/sm<sup>2</sup> (aluminotitan coatings in 15 % aqueous sulfuric acid solution). The corrosion rate calculated from voltammograms is  $22 \cdot 10^{-6} \div 55 \cdot 10^{-5}$  A/sm<sup>2</sup>.

## References

1. Nesterenko S.V., Troshin V.M., Bannikov L.P., Karchakova V.V. Improving the corrosion resistance of steel and alloys in coal-tar processing // Coke and Chemistry. 2016. – Vol. 59. – No. 10. – P. 389–395.

# CORROSION RESISTANCE OF COATINGS PRODUCED UNDER SHS CONDITIONS

**I. Kruhliak**, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department,  
**D. Sereda**, Candidat of Technical Sciences, assistant professor,  
**R. Ivjenko**, student

*Dniprovsky State Technical University,  
59002, Kamianske., Str. Dniprobudivska, 2  
e-mail: seredabp@ukr.net*

Among the technological processes an important place is occupied by technologies of saturation of the surface layer of steels with aluminum, chromium and silicon. However, it should be noted that this technology has a number of significant disadvantages, which include energy consumption, high duration of processing and in some cases the inability to obtain coatings with a high content of several saturating elements in the surface layer. high-temperature synthesis, largely devoid of these disadvantages and allows to obtain coatings with limited or minimal time of their formation. To increase corrosion resistance requires a coating containing elements that form passive films [1]. When tested in 15 % aqueous hydrochloric acid, the best resistance is shown by allylated coatings doped with chromium and titanium, having the following weight loss: 22.4 and 20.5 g/m<sup>2</sup>.

The obtained dependences) of the corrosion rate on the test time prove that in acids there is a passivation of coatings in contrast to unprotected carbon steel. The most aggressive medium of these acids is nitric acid. The protective effect of the experimental coatings reaches 95.19÷97.05 % in sulfuric acid, 92.72÷94.34 % in nitric acid and 93.12÷95.26 % in hydrochloric acid.

Comparative analysis of the corrosion resistance of protective SHS coatings and obtained in the isothermal conditions of HTO, shows that they have a weight loss of 1.9÷2.2 times less environments. It is also possible to assume the effect of electrochemical inhibition of anodic dissolution of metals at higher concentrations of alloying elements of doped AP in comparison with coatings obtained in isothermal conditions, which indicates the absence of microcracking.

It is known that mechanical stresses (in this case compressive residual stresses affect the corrosion behavior of metals due to the production of additional energy by the structural material due to the fact that the level of residual stresses in coatings obtained under thermal self-ignition SHS-charge is higher. The probability of microcracking of passive oxide films, which leads to increased corrosion resistance.

A comparative analysis of the corrosion resistance of protective SHS coatings and those obtained under isothermal conditions of chemical-thermal treatment shows that they have a weight loss of 1.9÷2.2 times less.

## References

1. Sereda I.V., Kruglyak I.V., Gaidaenko A.S., Nesterenko S.V., Bannikov S.V., Sereda D.B. Investigation. Collection of scientific works of DDTU. 2019. – № 1 (34). – P. 54–59.

# INFLUENCE OF ADHESION OF COATINGS OBTAINED UNDER SHS CONDITIONS ON CORROSION RESISTANCE OF STEELS

**I. Kruhliak**, Doctor of Technical Sciences, profesor,  
**D. Kruhliak**, Candidate of Technical Sciences, assistant professor, **O. Danilchenko**, student

*Dniprovsky State Technical University, 59002, Kamianske., Str. Dniprobudivska, 2*  
*e-mail: [seredabp@ukr.net](mailto:seredabp@ukr.net)*

At present, the main methods of applying a protective coating are galvanic discharges in electrolysis, gas-thermal spraying, or metallization, thermal diffusion saturation in powder, immersion in molten metal, plastering. The adhesive and diffusive metal coatings are distinguished by the type of metal layer protective compound. Surface saturation with aluminum, chromium, zinc and other elements refers to diffusion saturation with metals. The product, whose surface is enriched with these elements, gets valuable properties, which include high heat resistance, corrosion resistance, increased wear resistance and hardness. In this regard, for Ukraine, the development of new methods of chemical-thermal treatment is actual, it allows regulating the composition and structure of protective coatings, providing the necessary performance characteristics with the minimum time of their formation. Such technologies are based on the phenomenon of self-propagating high-temperature synthesis.

One of the main characteristics, which signifies the practicality of the coating, is adhesion (the quality of its adhesion to the material). The greatest high value of the bonding of aluminium-coated coatings was removed when alloyed with silicon. Adhesion on steel 45 with a growth of 5.7 (alloyed with silicon) up to 6.8 MPa (alloyed with titanium). In the case of the pairs with coverings taken away in isothermal minds, the thickness of the joint increased by 1.15÷1.27 times. The obtained results correlate with the indicator of the total brittle fracture score, which is 20÷25 % higher in isothermal coatings. This can be explained by the effect of prolonged heat treatment on the structural material, when obtaining coatings in isothermal conditions. When processing under SHS conditions, this effect is reduced to a much shorter time and in our conditions does not exceed 60 minutes, while to obtain the same thickness in isothermal conditions requires 2.5÷3 times more time.

Thus, it is established that the use of high-temperature synthesis increases the adhesion of the protective coating to the substrate. Analysis of the structure of coatings and the nature of the distribution of chromium, aluminum and alloying elements obtained using a scanning electron microscope Carl Zeis AG-SUPRA 40 WDS, showed that in alloy coatings obtained under SHS conditions, the coating limit and material is less pronounced. This fact indicates increased adhesion properties. The study of the nature of the change in microhardness in the thickness of the coatings found that there is a smooth change in microhardness. The gradient structure of the coating, where there are layers with low hardness, serves as a damper under shock dynamic loading, which does not lead to cracking and delamination of the surface.

## References

1. Surface strengthening of working materials in the conditions of complex influence of aggressive substances: monograph / B.P. Sereda, L.P. Bannikov, S.V. Nesterenko, O.S. Gaidaenko and others. DDTU, 2019. 173 p.
2. Zimon A.D. Adhesion of films and coatings / A.D. Zimon. – M.: Chemistry. – 1977. – 351 p.

# RESEARCH CORROSION RESISTANCE OF ALLOYED ALITATED COATINGS IN SULFATE SOLUTIONS

**I. Kruhliak**, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department  
**D. Sereda**, Candidat of Technical Sciences, assistant professor,  
**M. Vrublevskiy**, student

*Dniprovsky State Technical University,  
59002, Kamianske., Str. Dniprobudivska, 2  
e-mail: seredabp@ukr.net*

Corrosion resistance studies of austenitic, austenitic-ferritic steels and carbon steels with alloyed alloy coatings in the sulfate department of PJSC «Zaporizhkoks» were performed equal amounts (not less than 30 % each). Both of these phases are corrosion resistant due to their high chromium content. Advantages of DCS over austenitic corrosion-resistant steels (ACS) – higher strength and high corrosion resistance, as well as reduced steel cost due to the relatively low nickel content.

The corrosive aggressiveness of the medium in the collections of weak and strong circulation increases with increasing temperature as a result of the release of heat of dissolution, as well as due to the abrasive action of salt when feeding the supernatant after centrifugation. When concentrated sulfuric acid is introduced into the mother liquor without a distributor, a large local warming is observed and zones with very dangerous concentrations (75–40 %) of sulfuric acid are formed.

One of the most effective methods of creating coatings with high mechanical and physicochemical properties are diffusion surface alloying of metal under conditions of self-propagating high-temperature synthesis. The technology of obtaining coatings in the conditions of self-propagating high-temperature synthesis, combined with chemical transport reactions. The dissolution rate of steels (corrosion rate, A/cm<sup>2</sup>) in the mother liquor of the sulfate department Al-Cr (steel 45) –  $2 \cdot 10^{-6}$ , Al-Ti (steel 45) –  $3 \cdot 10^{-7}$ .

Cathodic polarization curves were removed from the potential of 1.0 V to the potential of free corrosion  $E_q$ . The value of free corrosion potential for steel Avesta 254SMO at 30 °C, is -0.25 V, at 60 °C -0.50 V. For steel DKS SAF 2507 at 30 °C is -0.28 V, at 60 °C -0.38 V. Anode polarization curves were removed from the free corrosion potential to the 1 V potential. Anode polarization curves are typical for passive steels. They have a maximum potential (Flade potential) followed by a passive region and an active region of dissolution from the passive state. Inverse anode polarization curves were removed from the 1 V potential to the free corrosion potential. Their characteristic feature is the region of their transition to the passive state (potentials 0.4÷0.0 V), which indicates the presence of a passive protective film on the steel surface. The magnitude of the corrosion current density for these steels was determined by extrapolation.

## References

1. Surface strengthening of working materials in the conditions of complex influence of aggressive substances: monograph / B.P. Sereda, L.P. Bannikov, S.V. Nesterenko, O.S. Gaidaenko and others. DDTU, 2019. 173 p.

## COMPARATIVE CORROSION RESISTANCE OF STRUCTURAL MATERIALS IN A PITCH GRANULATOR

**B. Sereda, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department,  
I. Belozor, graduate student, D. Shapoval, student**

*Dniprovsky State Technical University,  
59002, Kamianske., Str. Dniprobudivska, 2  
e-mail: seredabp@ukr.net*

Due to the clogging of the holes of the nozzle bar and filters with sediment decreases the volume of variable production. During the study, samples of sediments were taken, which were analyzed for group composition:

- content of insoluble toluene substances – 52 %;
- content of insoluble substances in quinolone – 37 %;
- ash – 3.5 %.

In addition, selected samples were analyzed on the microscope «Neophot-21» in reflected light, according to the method in reflected rays (polarized). Based on the results of the analysis of samples found: the content of insoluble in quinolone and toluene substances in the filter sludge sample before granulation (35.4 and 50 %) indicates the presence of highly paralyzed particles of  $27\div 48\ \mu\text{m}$ , formed, possibly by passing resin through tubular furnace, or during oxidation in a cube-reactor. High ash content of the precipitate on the filter before granulation (2.59 %) was noted, which is caused by the adhesion of ash particles on the sediments during filtration.

Ash particles with the correct pointed shape,  $5\div 30\ \mu\text{m}$  in size, which can cause abrasive wear have been identified. Microscopic studies of the precipitates from the filter before Legrand showed that the size of highly pyrolyzed particles was  $80\div 100\ \mu\text{m}$ .

One of the most effective methods of creating coatings with high mechanical and physicochemical properties are diffusion surface alloying of metal under conditions of self-propagating high-temperature synthesis.

The technology of obtaining coatings in the conditions of self-propagating high-temperature synthesis, combined with chemical transport reactions, is devoid of these shortcomings and provides high stability of processing results. Analysis of the test results of steel samples 45 with alloyed Cr, Ti, Si alloy coatings installed in the Legrand granulator showed high corrosion resistance of alloyed aluminum coatings obtained under SHS conditions.

### References

1. Surface strengthening of working materials in the conditions of complex influence of aggressive substances: monograph / B.P. Sereda, L.P. Bannikov, S.V. Nesterenko, O.S. Gaidaenko and others. DDTU, 2019. 173 p.

# RESEARCH CORROSION RESISTANCE OF STRUCTURAL MATERIALS IN RESIN ENVIRONMENTS

**B. Sereda, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department,  
D. Kiforuk, graduate student, A. Isakov, student**

*Dniprovsky State Technical University,  
59002, Kamianske., Str. Dniprobudivska, 2  
e-mail: seredabp@ukr.net*

Due to the difficulties of modeling corrosion processes and environments in the laboratory, the research methodology was based on determining the rate of corrosion in industrial conditions. Samples of various materials with a size of 60 × 60 mm, after degreasing and weighing, were hung in the apparatus of the existing units of the resin shop [1, 2].

After testing, the samples were removed from the apparatus, weight loss was determined and the average corrosion rate was calculated from it. The studied materials were: carbon steel (VSt.3), cast iron (SC15), chromium cast iron, steel 45 with alloy alloy coatings, alloy steels. One of the most effective methods of creating coatings with high mechanical and physicochemical properties are diffusion surface alloying of metal under conditions of self-propagating high-temperature synthesis. The technology of obtaining coatings in the conditions of self-propagating high-temperature synthesis, combined with chemical transport reactions, is devoid of these shortcomings and provides high stability of processing results.

Corrosion test results (corrosion rate, mm/year) samples of witnesses in the evaporator of the resin distillery Al – Cr (steel 45) – 0.015, Al – Ti (steel 45) – 0.016, Al – Si (steel 45) – 0.017, 08X13 – 0.01, 12X18H10T – 0.00517. Based on the results it was found that it is possible to replace alloy steels with steel 45 with alloyed Cr, Ti, Si alloy coatings.

The study of the corrosion activity of resin fractions showed that the most aggressive is the anthracene fraction. The rate of corrosion of steel decreases with the height of the column as the temperature decreases, except, perhaps, the naphthalene fraction, where the corrosion rate is higher than in the absorption fraction. This pattern is most likely related to the reactivity of sulfur compounds with increasing temperature and their concentration in the fractions of coal tar.

## References

1. Nesterenko S.V., Troshin V.M., Bannikov L.P., Karchakova V.V. Improving the corrosion resistance of steel and alloys in coal-tar processing // *Coke and Chemistry*. 2016. – vol. 59. – No. 10. – P. 389–395.
2. Sereda B.P., Gaidaenko O.S. Formation of alloy coatings on structural materials for coke production // *Scientific notes: a collection of scientific works of LNTU*. 2019. – № 66. – P. 298–301.

## **CORROSION RESISTANCE OF ALITIATED COATINGS IN ARSENIC-SODA ENVIRONMENT**

**B. Sereda, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department,  
A. Prolomov, graduate student, A. Kyslyy, student**

*Dniprovsky State Technical University,  
59002, Kamianske., Str. Dniprobudivska, 2  
e-mail: seredabp@ukr.net*

Traditional technologies of chemical-heat treatment are characterized by high energy consumption and duration of processes. One of the most effective methods of creating coatings with high mechanical and physicochemical properties are diffusion surface alloying of metal under conditions of self-propagating high-temperature synthesis. The technology of obtaining coatings in the conditions of self-propagating high-temperature synthesis (SHS), combined with chemical transport reactions, is devoid of these shortcomings and provides high (up to 95 %) stability of processing results. Among the technological processes an important place is occupied by technologies of saturation of the surface layer of steels with aluminum, chromium and silicon. However, it should be noted that this technology has a number of significant disadvantages, which include energy consumption, high duration of processing and in some cases the inability to obtain coatings with a high content of several saturating elements in the surface layer. SHS – high-intensity exothermic interaction of chemical elements in the condensed phase, capable of involuntary propagation in the form of a combustion wave. Solutions of arsenic-soda sulfur contain corrosion activators: chloride, rhodanides, sulfates, but in addition to these solutions contain arsenic compounds that are corrosion inhibitors. This circumstance provokes ulcerative corrosion in places with low content of adsorbed inhibitor.

Studies have shown that in the upper part of the arsenic-soda solution, which contains (g/l): arsenic oxide – up to 17, sodium thiosulfate – 280, sodium rhodanide – 120, sodium chloride – up to 2, sodium carbonate – up to 18. Vertical apparatus with stirring device. Arsenic-soda solution containing 270 g/l: arsenic sulfate and free sulfuric acid up to 0.7÷1.3 g/l, pH – from 3 to 7.

The results of corrosion gravimetric tests of samples of various structural materials in aggressive environments of arsenic-soda desulfurization PJSC «Zaporozhkoks» (mixer neutralizer arsenic-soda desulfurization, test time – 700 hours, (g/m<sup>2</sup>)) Vst 3 – 2.4, 0.8X13 – 2.3, Al – Cr (steel 20) – 0.26, Al – Ti (steel 20) – 0.27, Al – Si (steel 20) – 0.28, 12X18H10T – 0.15. Based on the above data, steady are steels 10X17H13M2T, 10X17H13M3T. Austenitic steel 12X18H10T are subject to point and ulcerative corrosion. Alloy materials also show high corrosion resistance under these conditions and can be used to protect carbon steel.

### **References**

1. Surface strengthening of working materials in the conditions of complex influence of aggressive substances: monograph / B.P. Sereda, L.P. Bannikov, S.V. Nesterenko, O.S. Gaidaenko and others. DDTU, 2019. – 173 p.



# INFLUENCE OF RESIDUAL STRESSES OF ALLOY COATINGS OBTAINED WITH THE USE OF COMPLEX POWDER CHARGES ON THE CORROSION RESISTANCE OF STEELS

**B. Sereda, Doctor of Technical Sciences, profesor,**

**D. Sereda, Candidat of Technical Sciences, assistant professor, D. Hrystenko, student**

*Dniprovsky State Technical University,  
59002, Kamianske., Str. Dniprobudivska, 2  
e-mail: seredabp@ukr.net*

Protective coatings, which are obtained by thermal self-ignition using complex powder charges, lead to changes in the phase and chemical composition of alloyed alloy coatings, which causes residual stresses. During the cooling of the reactor, as a result of the elastic interaction of alloyed alloy coatings and structural material, due to thermal effects, thermal expansion is observed. All this leads to the appearance of residual stresses on the surface. Tensile residual stresses in the surface are particularly harmful to metal products that operate under alternating loads. Such stresses contribute to the destruction of fatigue. Harmful effects of residual stresses affect the increase in the total chemical activity of the metal. The level of residual stresses increases with increasing difference in temperature conditions and thermophysical properties of the structural material and alloy coating. In order to influence the nature of the residual stress distribution, alloyed alloys were alloyed. The value of residual stresses in the alloy coating is also affected by the ratio of the volume of the coating and the core. It is established that compressive stresses occur on the surface of steel 45, which reach 170÷200 MPa during titanium doping, 210÷240 MPa during chromium doping, 90÷120 MPa during doping with silicon. As the process temperature increases, the residual compressive stresses decrease. Residual stresses largely determine the possibility of practical use of structural materials. The size, sign and nature of their distribution affect the strength of adhesion of the coating to the material.

Residual stresses arising in the surface of the part, lead to micro cracks, chips and destruction of the coating. Increasing the concentration of alloying elements in alloy coatings, leads to an increase in their level compared to known alloy coatings obtained under stationary conditions. The study shows that the process temperature affects the magnitude and nature of the distribution of residual stresses. As the temperature of the SHS process increases, the level of residual compressive stresses on the surface decreases. It is established that the residual compressive stresses within the coating on steel, associated with a gradient of volumetric changes at the boundary between the alloyed alloy coatings, which have the phases:  $(Cr,Fe)_{23}C_6$ ,  $Fe_2Al_5$ ,  $FeAl$  i  $Fe_3Al$  alloyed Ti,  $TiAl_3$ ,  $Ti_3Al$ ,  $TiAl$ ,  $(FeAl)_3Si$  and –  $\alpha$ -solid solution of chromium, aluminum, silicon in iron.

Diffusion coatings obtained under conditions of thermal self-ignition of SHS-charges have significant advantages over other types of coatings, as their bond strength with the base metal, due to the penetration of alloying elements into the crystal lattice of the material, significantly exceeds the bond strength of other coatings.

## References

1. Surface strengthening of working materials in the conditions of complex influence of aggressive substances: monograph / B.P. Sereda, L.P. Bannikov, S.V. Nesterenko, O.S. Gaidaenko and others. DDTU, 2019. 173 p.
2. Burkin S.P. Residual stresses in metal products: textbook / S.P. Burkin, G.V. Shimov, E.A. Andryukov. - Yekaterinburg: Publishing House of the Ural University. – 2015. – 248 c.

# ГАЛЬМУВАННЯ ПРОЦЕСІВ НАКИПОУТВОРЕННЯ ТА КОРОЗІЇ ТЕПЛОБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ ОБЛАДНАННЯ КОНДЕНСАЦІЙНИХ ТУРБІН

**Л. П. Банніков<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, **С. В. Нестеренко<sup>2</sup>**, канд. техн. наук, доцент,  
**О. В. Жарова<sup>1</sup>**, стар. наук. спів., **В. В. Ліпошко<sup>2</sup>**, студентка

<sup>1</sup>Державне підприємство «Український Державний науково-дослідний вуглекислотний інститут (УХІН)», 61023, Харків, вул. Весніна, 7;

<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: <sup>1</sup>ukhinbannikov@gmail.com, <sup>2</sup>nesterhnamg@gmail.com

Спосіб запобігання карбонатних відкладень на теплообмінних поверхнях шляхом подачі в водооборотний цикл біологічно очищених фенольних стічних вод був випробуваний на коксохімічних підприємствах. Експериментальні дані та досвід експлуатації показали, що при використанні для підживлення очищених фенольних стічних вод утворення карбонатних відкладень на поверхні теплообміну відсутнє, але проявляється збільшення швидкості корозійних процесів. Зазначений факт пояснюється наявністю у фенольних водах солей амонію, які шляхом обмінної реакції з гідрокарбонатом кальцію переводять карбонатну жорсткість у некарбонатну. Очищені стічні води коксохімічного виробництва після біохімічного очищення потрапляють в ставок-накопичувач. За своїм складом вони не містять гідрокарбонат-іонів, але містять значну кількість амонійних солей. З збільшенням частки технічної води для підживлення оборотних систем збільшується вірогідність утворення накипу на теплообмінному обладнанні. Завданням цього дослідження було вибір оптимального складу (співвідношення) технічної та стічної води зі ставка-накопичувача для підживлення циклу охолодження теплообмінних поверхонь обладнання конденсаційних турбін. Хімічний склад води приведений в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати аналізу зразків вод

Показники	Вода зворотного циклу	Ставкова вода	Технічна вода
pH	7,12	6,21	8,47
Сухий залишок, мг/л	690	2990	670
Лужність, мг-екв/л	0,2	0,3	3,9
Жорсткість загальна, мг-екв/л	9,0	16,0	6,0
Вміст $Cl^-$ , мг/л	184	551	61

Результати досліджень різних складів підживлювальних вод різними методами показують доцільність введення в підживлювальну свіжотехнічну воду 10÷15 % ставкової води для зниження інтенсивності накипоутворення. Таким чином використання ставкової води є ефективним і не приводить до пришвидшення швидкості процесів корозії обладнання. Гальмування процесів утворення відкладень пов'язано з процесами адсорбції органічних речовин на поверхні кристалів  $CaCO_3$  та дією амонійних солей.

# ЕЛЕКТРОДНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

**Ю. К. Гапон**, канд. техн. наук, **М. А. Чиркіна**, канд. техн. наук, доцент

*Національний університет цивільного захисту України  
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94  
e-mail: yuliano4kah21@gmail.com*

XXI століття характеризується інтенсивним розвитком промисловості, транспорту, енергетики, індустріалізацією сільського господарства. Найбільшими забруднювачами поверхневих та підземних вод є: електроенергетика – 43 %; комунальне господарство – 19,5 %; сільське господарство – 16,6 %; чорна металургія – 9 %; хімія та нафтохімія – 3 %; інші – 8,9 %. Хімічне забруднення є зміна природних хімічних властивостей води з допомогою збільшення вмісту у ній шкідливих домішок як неорганічних (мінеральні солі, кислоти, луги, глинисті частки), і органічних (нафтопродукти, нафту, ПАР, пестициди, органічні залишки) [1].

До електрохімічних методів обробки води відносяться процеси анодного окислення та катодного відновлення, електрокоагуляції, електрофлокуляції та електродіалізу. При проходженні стічної води через міжелектродний простір електролізера відбувається електроліз води, поляризація частинок, електрофорез, окислювально-відновлювальні процеси, взаємодія продуктів електролізу один з одним. В процесах електрохімічного окиснення речовини, що знаходяться в стічній воді, повністю розпадаються з утворенням  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  та води або утворюються простіші та менш токсичні речовини, які можна видаляти іншими методами. Як аноди використовують нерозчинні матеріали: графіт, магнетит, діоксиди свинцю, марганцю, рутенію, іридію, які в індивідуальному вигляді або у вигляді бінарної сполуки з діоксидом титану наносять на титанову основу (ОРТА та ін.). Досить рідко, враховуючи дорожнечу матеріалу, застосовують платину або платинований титан (ПТА). Катоди виготовляють із матеріалів, що забезпечують тривалий термін служби: молібден, сплав вольфраму із залізом або нікелем, так само з графіту, нержавіючої сталі інших металів, покритих молібденом, вольфрамом або їх сплавами.

У цій роботі показаний процес осадження тернарного сплаву Co–Mo–W, який наносять на сталеву підкладку з комплексних полілігандних електролітів при постійному ( $j = 2\div 8 \text{ А/дм}^2$ ) або імпульсному ( $j = 4\div 20 \text{ А/дм}^2$ ) густинах струму. Процес проводиться при нагріванні електроліту ( $t = 20\div 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ) та безперервному перемішуванні.

## Література

1. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Іщенко В.А. та ін. Нормування інгредієнтного забруднення: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 253 с.
2. Hapon Y., Chyrkina M., Tregubov D., Romanova O. Co-Mo-W galvanochemical alloy application as cathode material in the industrial wastewater treatment processes // Materials Science Forum . – 2021. – 1038. – P. 251–257.

# КОРОЗИЙНА СТІЙКІСТЬ МЕТАЛ-СКЛЯНИХ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ДО АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

**Ю. О. Казимиренко<sup>1</sup>, д-р техн. наук, професор, О. В. Дрозд<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент, О. О. Карпасюк<sup>2</sup>, студент**

<sup>1</sup>*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 54025, Миколаїв, пр-т Героїв України, 9;*

<sup>2</sup>*Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, 73003, Херсон, пр-т Ушакова, 44  
e-mail: <sup>1</sup>[u.a.kazimirenko@gmail.com](mailto:u.a.kazimirenko@gmail.com), <sup>2,3</sup>[oksanadrozid183@gmail.com](mailto:oksanadrozid183@gmail.com)*

Корозійний захист конструкцій суден для перевезення небезпечних вантажів є важливою науково-технічною проблемою, вирішення якої забезпечить їх надійну експлуатацію. При транспортуванні насипних речовин, таких як аміачна селітра, у багатьох випадках спостерігається порушення герметичності упаковок: це створює реальний ризик для екіпажу судна та робітників порту і призводить до корозійних пошкоджень трюмів та транспортного обладнання. Ефективним засобом захисту сталевих поверхонь вважаються лакофарбові композиції, проте їх застосування у трюмних приміщеннях обмежено через горючість та низьку адгезійну міцність. Альтернативним заходом є нанесення електродугових метал-скляних покриттів, їх конкурентоспроможність розглянуто у роботі [1]. Покриття наносяться тонким шаром (до 0,5÷1 мм) на поверхню із сталі Ст.3 за допомогою електродугового напилення суцільнотягнутих дротів марок Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70) і Св-АМг5 (ГОСТ 7871-75); як наповнювачі (об'ємною кількістю до 30 %) додаються скляні порошки або мікросфери натрійсилікатного складу. Актуальною задачею є дослідження процесів корозійної стійкості покриттів в умовах тривалого перебування у середовищі аміачної селітри.

Постановка експериментів полягала у повному зануренні зразків у аміачну селітру протягом 120÷150 днів при температурі 18±2 °С. Процеси корозійного руйнування досліджено за ознаками зміни кольору та текстури поверхні покриттів, за допомогою мікроскопічного і рентгеноструктурного аналізу та порівнянням результатів з еталонними зразками, вимірюванням маси зразків. Встановлено, що на поверхні покриттів утворюється окисна плівка, яка запобігає їх руйнуванню, корозійні пошкодження мають локальний характер, є найбільш характерними для покриттів на основі Св-08Г2С і полягають в утворенні поверхневої пористості; суттєвих змін маси зразків та викришування скляних включень не спостерігається. Одержані результати розширюють наукові уявлення про розвиток корозійних процесів в структурно-неоднорідних композиціях при їх експлуатації в умовах хімічно активних речовин.

## Література

1. Казимиренко Ю.А. Перспективы применения металл-стеклянных электродуговых покрытий для коррозионной защиты судовых конструкций при перевозке опасных грузов // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. 2019. – № 1. – С. 17–22.

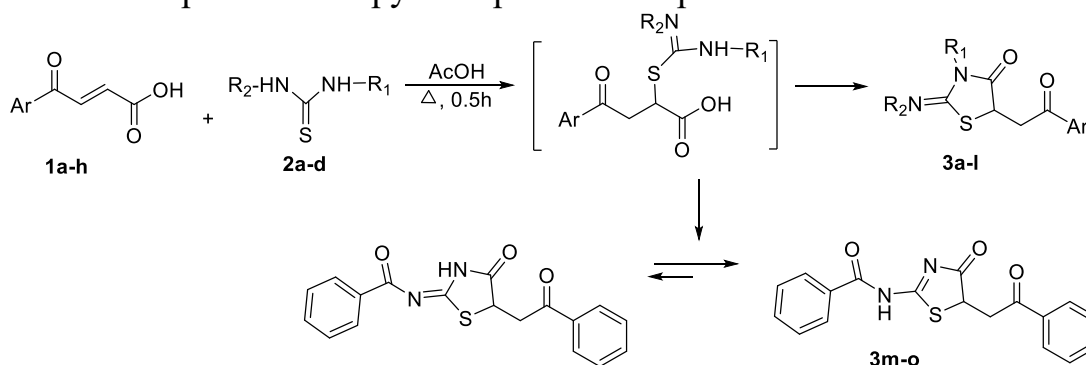
# СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИКОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ 2-ІМІНО(АМІНО)ТІАЗОЛІДИН-4-ОНІВ

**Н. М. Колос, д-р хім. наук, професор, М. В. Назаренко, інженер**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, Харків, пл. Свободи, 6;*

*НВО «Снамін», 02094, Київ, вул. Червоноткацька, 78,  
e-mail: [kolos\\_n@ukr.net](mailto:kolos_n@ukr.net), [nikolajnazarenko1988@gmail.com](mailto:nikolajnazarenko1988@gmail.com)*

Похідні тіазолідин-4-онів виявляють різноманітну фізіологічну активність. Серед них знайдено анальгетики та протизапальні засоби, фунгіциди, інгібітори циклооксигенази-2, противірусні та протиракові агенти. Повідомлялося також і про антикорозійні властивості похідних цього класу сполук [1]. Синтетичні підходи до синтезу 2-імінотіазолідин-4-онів засновані, як правило, на реакціях тіосечовини і її похідних з біелектрофільними реагентами. Так, взаємодія (*E*)-4-арил-4-оксобут-2-єнових кислот з тіосечинами є достатньо зручним методом формування тіазолідинового циклу. 2-Іміно(аміно)тіазолідин-4-они **3a-h** з високими виходами були одержані шляхом конденсації ароїлакрилових кислот **1a-h** і моно- та дизаміщених тіосечин **2a-e** при нагріванні в крижаній оцтовій кислоті протягом 15÷30 хв. Першою стадією процесу формування тіазолідинового циклу є утворення адуктів Міхаєля за  $\alpha$ -положенням активованого подвійного зв'язку за участю таутомерної тіольної форми тіосечини. Це зумовлено вищими електронноакцепторними властивостями карбонільної групи порівняно з карбоксильною.



**1,3a-h:** a Ar=Ph, b Ar=4-MeC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, c Ar=3,4-(Me)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>, d Ar=2,4-(Me)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>, e Ar=4-EtC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, f Ar=4-PhC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, g Ar=4-EtOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, h Ar=4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>. **2a-d:** a R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=Me, b R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=Ph, c R<sub>1</sub>=Ph, R<sub>2</sub>=C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>, d R<sub>1</sub>=H, R<sub>2</sub>=PhCO. **3a-h:** R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=Me; **3i,j** R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=Ph i Ar = Ph, j Ar = 4-MeC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; **3k,l**, R<sub>1</sub>=C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>, R<sub>2</sub>=Ph, k Ar=4-Me-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, l R=Ar=3,4-(Me)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>, **3m-o** R<sub>1</sub>=H, R<sub>2</sub>=PhCO, Ar= 4-MeC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, **3n** Ar=3,4-(Me)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>, **3o** Ar =4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>.

Показано, що у випадку дизаміщених тіосечовин утворюються (*E*)-3-*R*-(2-*R*-іміно)-5-оксо-2-фенілетил)тіазолідин-3-они **3a-k**, тоді як для бензоїлтіосечовини рівновага зміщується в сторону амідної форми. Цей факт пов'язаний з різною рухливістю протонів аміногрупи в утворенні проміжної тіольної форми та наступній таутомеризації. Попередні дослідження вказують що синтезовані сполуки, що вміщують фенільні радикали в положеннях 2,3 циклу, є потенційними інгібіторами корозії металів.

## Література

1. Вишневський Р.М., Литвин Б.Л., Федорів А.С. Циклічні та ациклічні аміни, як потенційні інгібітори корозії металів. Фізика і хімія твердого тіла. – 2009. – Т. 10. – № 2. – С. 332-346.

# ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ МЕТОД ВИЛУЧЕННЯ ЗАЛІЗА З ВІДПРАЦЬОВАНИХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СУЛЬФО-КИСЛОТНОГО ТРАВЛЕННЯ СТАЛІ

**К. М. Кравченко, аспірант, Г. Г. Тульський, д-р техн. наук, професор**

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: k.n.kravchenko92@gmail.com*

Електрохімічний метод вилучення заліза з водних розчинів не є належно дослідженим та широко застосовуваним. Застосуванню електрохімічного відновлення іонів заліза перешкождала низька рентабельність цього процесу. Застосування електрохімічного відновлення іонів заліза з одночасною регенерацією сульфатної кислоти відпрацьованих розчинів травлення заліза є затребуваним процесом, який спрямований на створення замкненого циклу використання сульфатної кислоти в процесах хімічного травлення заліза у металургійному виробництві, гальванічних виробництвах, при підготовці поверхні сталі для інших технологічних процесів (хімічна обробка металів, одержання гальванічних покриттів тощо) [1].

У водних розчинах сульфатної кислоти залізо існує у вигляді іонів  $Fe^{2+}$  та  $Fe^{3+}$ . При взаємодії залізних деталей з розчинами сульфатної кислоти у процесі хімічного травлення утворюються іони  $Fe^{2+}$ . Однак при їх взаємодії з киснем повітря відбувається окиснення іонів  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$ .

Залізо з кислих розчинів відновлюється разом з утворенням водню. Однак, враховуючи перенапругу суміщених процесів відновлення протонів і  $Fe^{2+}$  на залізному катоді, вихід за струмом виділення водню може наблизитися до 100 %. В залежності від співвідношення концентрації іонів заліза і катодної густини струму залізо може катодно осаджуватись у вигляді компактного осаду або порошку. Такий осад заліза має значні внутрішні напруження, які призводять до його крихкості та відшарування від поверхні катода.

Балансове дослідження проводили у трикамерному електролізері. За результатами було обґрунтовано катодну густину струму у діапазоні  $0,20 \div 0,25 \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$  для регенерації модельного водного розчину (моль·дм<sup>-3</sup>) : 0,5 заліза (II) сульфату, 0,5 сульфатної кислоти для діапазону температур  $290 \div 293 \text{ К}$ . Вихідний досліджуваний розчин подавали у середню камеру. Катодна густина струму складала  $0,25 \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$ , робоча площа анода і катода –  $85 \text{ см}^2$ . На катоді зі сталі 08Х12Н10Т одержали компактний осад заліза, який відшарувався. Аналіз катодного осаду показав наявність в залізі 0,065 % водню. Вихід за струмом відновлення заліза склав 92 %.

## Література

1. Кравченко К.М., Тульський Г.Г. Обґрунтування вибору матеріалів аноду для регенерації сульфатно-кислотних розчинів. Матеріали інтернет-конференції молодих вчених «Перспективи хімії в сучасному світі», 24 листопада 2021 р., Житомир. – Житомир : Видавництво ЖДУ ім. І. Франка, 2021. – С 57–59.

# ТИТАН-ДІОКСИДМАРГАНЦЕВИЙ АНОД ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ СУЛЬФАТНО-КИСЛОТНИХ РОЗЧИНІВ ТРАВЛЕННЯ СТАЛІ

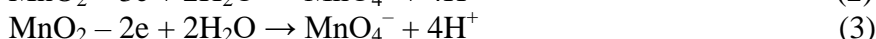
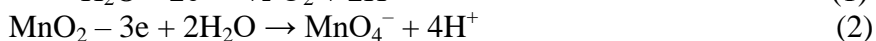
**К. М. Кравченко**, аспірант, Г. Г. Тульський, д-р техн. наук, професор

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002 Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: k.n.kravchenko92@gmail.com*

Розуміння механізмів процесів та кінетичних закономірностей окремих електродних процесів дозволяє зробити висновки для визначення оптимальних технологічних показників для регенерації сульфатно-кислотних розчинів обробки сталі [1]. Стійкість у сульфатних розчинах відзначають для платинових і діоксид-свинцевих анодів. Зазначені аноди найпоширеніші, але мають недоліки: для платини – велика вартість; для діоксид-свинцевих – стійкість компонента PbO<sub>2</sub>, який обмежується рН ≥ 0,5, що відповідає концентрації сульфатно-кислотних розчинів.

Титан-діоксидмарганцевий анод (ТДМА), що використовували для проведення досліджень, має ряд переваг перед існуючими – високу стійкість у всьому діапазоні концентрацій сульфатно-кислотних розчинів, меншу собівартість в порівнянні з платиновими, невелику товщину і разом з цим високу електропровідність і механічну міцність. Використання ТДМА при регенерації сульфо-кислотних розчинів є ефективним, даний анод мало зношується, а отже, довговічніше зазначених вище діоксид свинцевих та платинових анодів.

При анодній поляризації ТДМА можливо протікання наступних суміщених реакцій:



Рівноважні потенціали для цих реакцій, мають вигляд:

$$E_{\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2}^{\text{P}} = 1,23 - 0,059\text{pH} \quad (4)$$

$$E_{\text{MnO}_2/\text{MnO}_4^-}^{\text{P}} = 1,695 - 0,078\text{pH} + 0,029 \log C_{\text{MnO}_4^-} \quad (5)$$

$$E_{\text{MnO}_2/\text{MnO}_4^{2-}}^{\text{P}} = 2,26 - 0,118\text{pH} + 0,029 \log C_{\text{MnO}_4^{2-}} \quad (6)$$

Тривала працездатність ТДМА обумовлюється надійністю контакту двоокису марганцю із титаном. Надійність контакту у свою чергу залежить від конструкції ТДМА, а саме невеликою товщиною та разом з цим високою електропровідністю та механічною міцністю. При виготовленні такого анода враховувалось, що його можна регенерувати після закінчення строку служби шляхом видалення залишків та їх повторного нанесення та активації.

## Література

1. Кравченко К.М., Тульський Г.Г., Школьнікова Т.В. Обґрунтування технологічних показників електродних процесів у розчинах сульфатної кислоти. Електрохімія сьогодення: здобутки, проблеми та перспективи: колективна монографія. – Київ: МПБП «Гордон», 2021. – С. 187–188.



# МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СХИЛЬНОСТІ ДО КОРОЗІЙНОГО РУЙНУВАННЯ ПЛАСТИНЧАСТИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ

**С. В. Нестеренко**, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: nester.hnamg@gmail.com*

Широке впровадження пластинчастих теплообмінників в народному господарстві показує на високу працездатність даних апаратів. Аналіз причин руйнування пластин показує, що основною є щілинна корозія, яка викликана активацією металу в вузькому зазорі «метал–метал» пластинчастого теплообмінника. Механізм виникнення і розвитку щілинної корозії конструкційних матеріалів тісно пов'язаний з активацією через пітінг або щілину і визначається роботою потужного гальванічного елемента «анод–дно пітінгу», «катод–пасивна поверхня, що не зазнала активації».

На цій основі була розроблена прискорена електрохімічна методика оцінки корозійної стійкості конструкційних матеріалів для вибору матеріалів для конструювання пластинчастих теплообмінників (розбірних, напіврозбірних, зварних блокових). Суть методики полягає в спеціально розробленому електроді, в якому визначається потенціал активованого металу у щілині.

Наприклад, досліджуючи анодну поведінку сталей 12Х13Г18Д, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т в воді одного з оборотних циклів з вмістом іонів хлору 20 мг/л, іонів  $SO_4^{2-}$  – 40 мг/л та  $pH = 8$  при температурі 50 °С встановлено, що на стінці сталь 12Х13Г18Д кородує вже при потенціалі вільної корозії  $\Delta E = E_{рп} - E_{вільн.к.} < 0,05$  В. Також виразковому руйнуванню піддається сталь 12Х18Н10Т у щілині. При дослідженні тільки сталь 10Х17Н13М2Т має достатню стійкість до активації у щілині.

Основні електрохімічні параметри активації металів у щілині приведені в таблиці 1, де:  $E_{вільн. кор.}$  – потенціал вільної корозії;  $E_{реп. щіл.}$  – потенціал репасації щілини;  $E_{піт.}$  – потенціал пітінгоутворення;  $E_{акт.}$  – потенціал активації щілини.

Таблиця 1 – Параметри активації металів в щілині

МАРКА МАТЕРІАЛУ	ПОТЕНЦІАЛИ, В					
	$E_{вільн.кор.}$	$E_{шт.}$	$E_{реп.шт.}$	$E_{акт.,}$ ЩІЛИНА	$E_{реп.,}$ ЩІЛИНА	$\Delta E =$ $E_{реп.щіл.} - E_{вільн.кор.}$
10Х17Н13М2Т	0,04	1,1	0,42	0,37	0,37	0,09
12Х18Н10Т	-0,015	1,0	0,25	0,25	-0,11	-0,09
12Х13Г18Д	0,015	0,2	-0,15	0,05	-0,05	-0,2

Різниця потенціалів репасації в щілині та потенціалу вільної корозії є основою при виборі корозійностійких матеріалів для виготовлення пластинчастих теплообмінників.

# КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ НОВИХ АУСТЕНІТНО-ФЕРИТНИХ СТАЛЕЙ У КОКСОХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

**С. В. Нестеренко**, канд. хім. наук, доцент,  
**Г. І. Гуріна**, канд. хім. наук, доцент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: nester.hnamg@gmail.com*

Вивчено корозійну стійкість дуплексних сталей ДКС SAF 2507, 254 SMO в найбільш агресивних сірчаноокислотних середовищах цехів уловлювання. Гравіметричні випробування проводили згідно з ГОСТ 9908-85. Дослідження проводили як за умов коксохімзаводів, і у лабораторних умовах. ДКС фірми Sandvik застосовуються в середовищах, де стандартні АКС (AISI 316, AISI 316Ti) мають недостатню стійкість, наприклад, хлоридвмістких розчинах. Внаслідок низького вмісту вуглецю і наявності нікелю ДКС мають гарну зварюваність. Однак через можливість виділення при нагріванні небажаних надлишкових фаз та зниження порога холодостійкості в зоні термічного впливу зварних з'єднань вони мають обмежений температурний інтервал експлуатації від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Легування сучасних ДКС азотом стабілізує аустеніт, і в цьому відношенні азот замінює нікель. Крім того, азот підвищує міцність та опір пітингової корозії. Супер-ДКС добре протистоять ерозійній корозії, у тому числі під впливом високошвидкісних потоків рідин, що містять кристали солей. Двофазна структура краще протистоїть корозійному впливу, тому що аустеніт та ферит гальванічно захищають один одного.

На основі електрохімічних випробувань, а також досліджень циклічної вольтамперометрії показано, що дані матеріали володіють високою стійкістю до точкової та виразкової корозії в технологічних середовищах сульфатних відділень, агресивних середовищах миш'яково-содового сіроочищення та коксового цеху. Дані агресивні середовища мають в своєму складі значну концентрацію активаторів корозії ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{HCNS}$ ,  $\text{Cl}^-$ ). Висока корозійна стійкість цих матеріалів визначається значною стійкістю пасивних плівок молібденовмісних сталей. На основі досліджень за розробленою методикою було показано, що дуплексні сталі X25N7AM4 і Avesta 254 SMO добре протистоять точковій та щілинній корозії. Стійкість цих сталей значно вища ніж традиційних матеріалів: 0X23N28M3Д3Т, 10X17N13M2Т, 12X18N10Т, які використовуються в даний час для виготовлення теплообмінного обладнання. Результати корозійних гравіметричних випробувань зразків різних сталей в агресивних середовищах миш'яково-содової сіроочищення ПАТ «Запорозжкокс» показують, що дуплексні сталі виявляють високу корозійну стійкість.

Таким чином дуплексні сталі можуть широко використовуватися для виготовлення трубопроводів води у баштах гасіння коксу, технологічних середовищах сульфатних відділень, а також для обладнання миш'яково-содового сіроочищення.

## ЗНИЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ

**С. В. Нестеренко<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент,  
**Д. Ф. Донський<sup>2</sup>**, канд. техн. наук, доцент, **О. М. Козін<sup>2</sup>**, аспірант

<sup>1</sup>*Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17;*

<sup>2</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний Україна інститут»  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2  
e-mail: nester.hnamg@gmail.com*

Певні сполуки сірки повинні контролюватися до вкрай низьких рівнів у зріджених газах, щоб запобігти корозії. Стандартним випробуванням на корозійну активність зрідженого газу є випробування на корозію міді (ASTM D-1838). У цьому тесті полірована мідна смуга занурюється в зразок продукту на одну годину при 100 °F (38 °C). Потім тест-смужка порівнюється з чотирма кольоровими класифікаціями стандартів ASTM. Специфікації для зрідженого газу передбачають, що продукт не повинен перевищувати смугу № 1, що вказує на продукт, який не викликає корозію.

У даній роботі було проведено дослідження та розроблено рекомендації щодо підвищення ефективності очищення зрідженого газу від меркаптанів та сірководню при застосуванні лужного промивання (розчином NaOH) в умовах промислового добування зрідженого газу на установці ТЦСК УПГГК «АТ Укргазвидобування», с. Базилівщина. Для розробки рекомендацій використовували методи аналітичного контролю, корозійні випробування, методи циклічної вольтамперометрії, методи сучасної ІЧ-спектроскопії, сучасної хроматомаспектрометрії. Показано, що склад зрідженого газу не постійний і інколи до нього входять карбонілсульфід COS, постійним є наявність CS<sub>2</sub>. Крім того в газі є значна присутність CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>S. Кількість CO<sub>2</sub> досягає 3,4÷3,6 г/кг. Меркаптани в зрідженому газі знаходяться у кількості 0,6÷0,7 мас. %. Доведено присутність диетилсульфооксиду та тіацикланів у зрідженому газі. Промивка 10÷20 % лугом (NaOH) приводить до значного зменшення кількості сірковмісних сполук в зрідженому газі. Добре відмиваються сульфооксиди, сірководень, а також частково COS і CS<sub>2</sub>. Необхідно відмітити, що COS повільно гідролізується з утворенням CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>S. Тому, на практиці для контролю процесу необхідно підтримувати надлишкову лужність і, тим більш, не допускати появи бікарбонатів в промивній рідині. Падіння концентрації вільного луку (NaOH) є сигналом до підготовки заміни розчину. Рекомендується мати деякий запас вільного луку у промивному розчині (більше 10 г/л). Рекомендовано інтенсифікувати змішування луку та скрапленого газу за допомогою розробленого виносного змішувача статичного типу, а ємності ОЖ-1 (V = 25 м<sup>3</sup>) і СЕ-1 (V = 12 м<sup>3</sup>) використовувати для відстою. Для ефективного осушення зрідженого газу, а також фільтрації від сульфїду заліза показано використання фторопластових фільтрів. Дані рекомендації були впроваджені у «АТ Укргазвидобування».

# ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ КОРОЗІЇ МЕТАЛУ ПІД ШАРОМ ТАМПОНАЖНОГО КАМЕНЮ

С. В. Нестеренко, канд. техн. наук, доцент, В. В. Ліпошко, студент

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: nester.hnamg@gmail.com

Сучасні електрохімічні методи встановлюють способи прискореного визначення та критерії оцінки захисної дії цементного каменю, виготовленого з тампонажного розчину по відношенню до сталеві поверхні. Метод визначення заснований на оцінці пасивуючого дії цементного кільця по відношенню до сталеві поверхні і отриманні залежності густини струму від поляризуючої напруги (потенціодинамічний метод).

Тампонажну суміш для зразків готують згідно з заданою рецептурою і технології досліджуваного цементного каменю. З тампонажної суміші формують зразки розмірами 40×40×160 мм.

В умовах лабораторії була визначена швидкість корозії сталі К55 під шаром тампонажних бетонів з різними антикорозійними добавками у пластовій воді (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати визначення швидкості корозії сталі К55 під шаром цементного каменю в пластовій воді

Зразок	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Розтічність, м	Міцність при вигині, МПа, через 2 доби тужавіння			В/Ц	Швидкість корозії, г/(м <sup>2</sup> ·год)	
			50 °С, 20МПа	75 °С, 30 МПа	100 °С, 40 МПа		Електрохі- мічний метод	Гравімет- ричний метод*
Цементний камінь	1,25	0,19	0,9	11,1	11,9	0,80	0,4	0,2

\*Гравіметричні вимірювання проводили на неармованих зразках.

Для проведення вимірювань потенціодинамічним методом застосовували потенціостат ЕР-20 А, автоматично керований програмою за допомогою комп'ютера.

Вимірювання проводили в скляній трьохелектродній комірці з розділеними електродами. Значення електродних потенціалів вимірювалися за насиченим хлорид-срібним електродом.

Густина корозійного струму пропорційна швидкості корозії металу в досліджуваному середовищі, яку визначали екстраполяцією Тафельських ділянок на отриманих поляризаційних кривих до значення потенціалу вільної корозії. Зразком для випробування є бетонний зразок зі стрижнем зі сталі К55.

# ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ОКИСЛЕННЯ ГЕКСАМІНУ У РОЗЧИНІ ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ

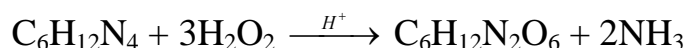
**Б. В. Павлов**, аспірант, Г. Г. Тульський, д-р техн. наук, професор

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002 Харків, вул. Курличова, 2  
e-mail: tgg@kpi.kharkov.ua*

Гексаметилен трипероксид діамін або НМТД є вибухонебезпечною органічною хімічною сполукою, вперше синтезованою Леглером у 1885 р. Теоретична структура гексаметилену трипероксиду діаміну або НМТД показує, що він є нестабільною сполукою, як й інші органічні пероксиди. НМТД є чутливим до ударів, тертя та нагрівання. Додавання іонів важких металів до розчину, що містить НМТД, призводить до прискореного розкладання НМТД, що супроводжується вибухом.

Відомо про одержання НМТД при взаємодії гексаміну з розчином концентрованого пероксиду водню в присутності лимонної або оцтової кислоти при перемішуванні реакційної суміші з одночасним охолодженням. Вихід за речовиною при такому способі синтезу становить до 60 % [1].

Електрохімічне окислення гексаміну проводили з використанням платинового аноду. До складу розчину додавали лимонну кислоту. Зростання густини струму при вольтамперних дослідженнях відбувалось при потенціалах утворення пероксиду водню. Це дозволяє запропонувати наступний узагальнений механізм окислення гексаміну до НМТД:



через утворення проміжного карбоніл-іону.

Результати балансових досліджень показали, що зі збільшенням тривалості електролізу зростає вихід за цільовою речовиною. При цьому НМТД, маючи низьку розчинність у водних розчинах, випадає у осад, що дозволяє відокремлювати його від електроліту, а електроліт, після корегування концентрації за гексаміном, спрямовувати знову на електроліз.

Таким чином, застосування електрохімічного методу окислення гексаміну дозволяє розробити безвідходну замкнену технологію електрохімічного синтезу НМТД. Розроблений електрохімічний метод окислення гексаміну дозволить використовувати весь пероксид водню, що синтезується та виключити утворення залишків гексаміну, який не прореагував.

## Література

1. Тюркер Л. Органические взрывчатые вещества на основе пероксидов. / Earthline Journal of Chemical Sciences // – 2021. – Vol. 6 (2), – P. 165–208. <https://doi.org/10.34198/ejcs.6221.165208>

## ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ МІДНО-ЦИНКОВИХ СПЛАВІВ У СУЛЬФАМАТНО-СУЛЬФАТНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ

О. І. Пилипенко, канд. техн. наук, доцент, І. С. Зайцева, канд. хім. наук, доцент,  
Т. Д. Панайотова, канд. хім. наук, доцент, В. М. Шаповал, студентка

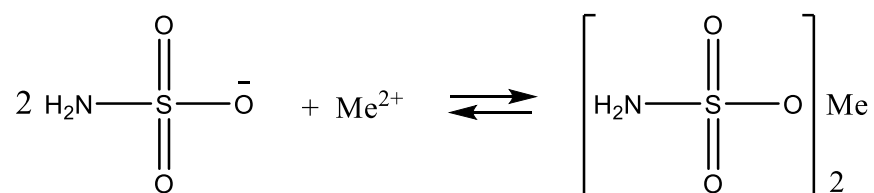
*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
61002 Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: Oleksiy.Pylypenko@kname.edu.ua*

Мідно-цинкові сплави (латуні) використовують в промисловості для виготовлення широкої номенклатури виробів та деталей. У процесі їх виготовлення утворюється велика кількість відходів у вигляді висічки, ливарних залишків, стружки; також такими відходами є елементи виробів, що вийшли з ладу за тих чи інших причин. Переробку відходів латуні проводять металургійним способом шляхом переплавлення металу з додаванням до розплаву чистих компонентів сплаву для коригування його складу. Цей спосіб має ряд недоліків, серед яких слід зазначити великі витрати енергії, потрібної для плавки, окиснення розплаву з утворенням шлаку, необхідність використання флюсів і додавання чистих міді та цинку для одержання після плавки латуні заданого складу. Проблемним є використання металургійної переробки у випадку відходів складних багатокомпонентних латуней або наявності на їх поверхні гальванічних покриттів металами. Зазначені проблеми можна вирішити якщо використати електрохімічний спосіб переробки латунних відходів.

Електрохімічний спосіб полягає у анодному розчиненні відходів сплаву у розчині електроліту. При цьому відбувається окиснення компонентів сплаву, які у вигляді іонів надходять до розчину. Катодний процес полягає у відновленні іонів металу з утворенням його осаду на катоді. Внаслідок значної різниці стандартних потенціалів міді і цинку на катоді відбувається відновлення лише іонів міді. Виділення металевого цинку на катоді буде супроводжуватись паралельним виділенням водню і стане можливим лише за умови повного відновлення іонів  $\text{Cu}^{2+}$ . Електроліт для електрохімічної переробки латуні має бути недорогим та забезпечувати досить високу швидкість переробки з одночасним одержанням осаду міді задовільної якості. З цієї точки зору найбільш оптимальними мають бути нітратні, хлоридні або сульфатні електроліти, як такі, що забезпечують високу розчинність солей цинку та міді та досить дешеві. Однак кожен з них має певні недоліки.

Нітратні електроліти характеризуються високою розчинністю нітратів міді та цинку, але анодний процес в них проходить з пасивацією сплаву, а відновлення міді ускладнюється суміщеним процесом відновлення нітрат-іонів. Хлоридні електроліти мають високу корозійну агресивність та досить вартісні. Перспективним є використання сульфатних електролітів, оскільки сульфати міді і цинку добре розчиняються у воді, що дозволяє проводити переробку з досить високою швидкістю. При роботі сульфатних електролітів проявляється їх суттєвий недолік, який полягає в тому, що зростання маси розчиненої латуні приводить до накопичення сульфату цинку у розчині з наступним зменшенням розчинності сульфату міді та погіршення якості осаду. Це обумовлює необхідність періодичної заміни всього розчину або його частини.

Вказаний недолік в значній мірі можна подолати, якщо для переробки латуні використовувати не сульфатні, а змішані сульфатно-сульфаматні електроліти, оскільки сульфамати міді і цинку мають високу розчинність. У чистому вигляді сульфаматні електроліти використовувати не можна, тому що анодний процес в них супроводжується пасивацією латуні з поступовим закисленням розчину і його виходом з ладу. Пасивації можна уникнути при додаванні сульфат-іонів, які є гарними активаторами латуні і обумовлюють активне розчинення сплаву. Не менш цікавим є й можливість утворення комплексних сполук іонів міді і цинку у таких розчинах, оскільки це приведе до покращення якості отриманого катодного осаду металу, що дійсно спостерігається при проведенні експерименту. Для оцінки вірогідності протікання процесів комплексоутворення доцільно провести квантовохімічні розрахунки енергій комплексоутворення, які дозволять пояснити дослідні дані. Здійснено оптимізацію геометрії комплексів аніону сульфамінової кислоти з катіонами цинку та міді (II), Методом ROHF у базисі 3-21G(d,p) розраховано енергії комплексоутворення катіонів  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{Zn}^{2+}$  з сульфаміновою кислотою – як різниця між повними енергіями комплексів з сумою енергій катіону і ліганду. Для розрахунку прийнято, що реакція відбувається за наступним рівнянням:



Розрахункові дані підтверджуються результатами, наведеними у роботі [1], згідно яких іони  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{Zn}^{2+}$  утворюють комплексні сполуки з сульфаміновою кислотою, в яких вони зв'язані з сульфамат-аніоном через атом Оксигену та координують два кислотних залишки (рис. 1).

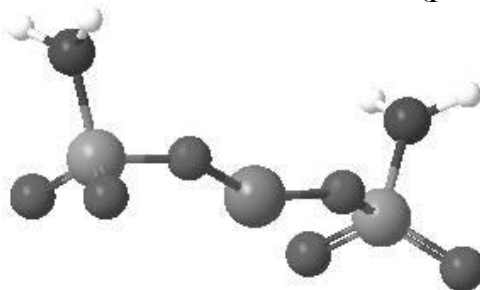


Рис. 1. – Просторова модель комплексу цинку з сульфаміновою кислотою.  
Атом цинку розташований у центрі симетрії моделі

Результати розрахунків енергії зв'язків змодельованих комплексних сполук показали, що енергії реакцій комплексоутворення між катіонами  $\text{Zn}^{2+}$  і  $\text{Cu}^{2+}$  з аніоном сульфаматної кислоти близькі за значеннями. Це дозволяє пояснити експериментальні дані, згідно яких при електролізі сульфаматно-сульфатних розчинів відбувається утворення щільного осаду міді, який не містить цинку, що цілком співвідноситься з електрохімічними властивостями цих металів.

#### Література

1. Dupont D., Renders E., Raiguel S., Binnemans K. New metal extractants and super-acidic ionic liquids derived from sulfamic acid // Chemical Communications. 2016. – Vol. 52. – P. 7032–7035.



## ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ПОЛІРУВАННЯ ЛАТУНІ У ФОСФАТНО-БУТАНОЛЬНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ

**О. І. Пилипенко**, канд. техн. наук, доцент, **Т. Д. Панайотова**, канд. хім. наук, доцент,  
**С. С. Щербина**, студент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
61002 Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: Oleksiy.Pylypenko@kname.edu.ua*

Електрохімічне полірування (ЕП) проводять з метою одержання згладженої поверхні металу, яка характеризується відсутністю товстих оксидних плівок, сторонніх включень, концентраторів напруг. Принцип ЕП полягає в тому, що метал підключається до позитивного полюса джерела живлення у розчині відповідного електроліту. Згладжування поверхні відбувається внаслідок анодного розчинення поверхневого шару металу, причому особливістю процесу є переважне розчинення мікроставів профілю. ЕП використовують для підготовки деталей перед нанесенням покриттів або осаджених гальванічних покриттів, видалення задирок і рисок, заточки інструменту, приготування металографічних шліфів, в мікроелектроніці та декоративній обробці.

Для ЕП латуні переважне поширення мають електроліти на основі фосфатної кислоти. Це пояснюється властивостями електролітів цього типу до яких слід віднести невисоку агресивність та можливість регенерації. Розчинена на аноді мідь переважно осаджується на катоді і частково випадає у вигляді шламу на дно ванни, що спрощує регенерацію електроліту і робить можливим повторне використання металу. Для покращення якості ЕП до фосфатного електроліту вводять добавки неорганічних та органічних сполук, які покращують його експлуатаційні характеристики. З неорганічних речовин цього типу слід відмітити хромовий ангідрид і сульфатну кислоту; органічні сполуки-добавки – це спирти, аміни, аміди, карбонові кислоти. Особливо перспективними добавками до полірувальних електролітів є спирти, зокрема бутиловий спирт, який має гарні поверхнево-активні властивості та дозволяє істотно підвищити якість ЕП латуні.

Проведені дослідження дозволили встановити, що поляризаційні залежності латуні мають форму, характерну для металів, схильних до переходу у пасивний стан. Результати гравіметричних вимірювань дозволили встановити, що підвищення густини струму  $j_a$  і концентрації бутанолу  $c$  обумовлює зниження виходу за струмом реакції розчинення латуні. Якість ЕП латуні залежить від складу електроліту та робочої  $j_a$ . У розчинах з  $c > 60$  об. % спирту ЕП незадовільне. На поверхні залишаються шліфувальні смуги з великою кількістю точок локального травлення. Краще ЕП спостерігається у розчинах, що містять 15÷30 об. % спирту, однак це супроводжується знятим більшого шару металу. Підвищення  $j_a$  викликає зменшення якості ЕП в розчинах з високим вмістом бутанолу, однак при зменшенні вмісту спирту цей вплив нівелюється.

# ОДЕРЖАННЯ ОКСИДНИХ ПЛІВОК НА ТИТАНОВОМУ СПЛАВІ ВТ6 МЕТОДОМ АНОДНОГО ОКИСЛЕННЯ У РОЗЧИНАХ СУКЦИНАТНОЇ КИСЛОТИ

О. І. Пилипенко<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, Т. Д. Панайотова<sup>1</sup>, канд. хім. наук, доцент,  
Ю. І. Тур<sup>2</sup>, канд. техн. наук, стар. наук. співр., П. Є. Яковлева<sup>1</sup>, студентка

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17;

<sup>2</sup>НДЛ ФРХБз та ЕБ ВІТВ НТУ «ХПІ»,  
61098, Харків, вул. Полтавський шлях, 192  
e-mail: [Oleksiy.Pylypenko@kname.edu.ua](mailto:Oleksiy.Pylypenko@kname.edu.ua)

Титан та титанові сплави є одними з найзатребуваніших матеріалів сучасної техніки. Таке пов'язано з унікальним поєднанням їхніх властивостей, які включають корозійну стійкість, високу питому міцність, низьку густину, можливість механічного оброблення. Для виготовлення механічно навантажених деталей, наприклад медичних імплантатів широко використовують титановий сплав ВТ6, який має сприятливе поєднання міцнісних характеристик і технологічних властивостей. При використанні титанових сплавів іноді виникає проблема, пов'язана з корозійною стійкістю виробів. Небезпека корозії сплаву полягає у можливості поверхневого руйнування виробу з утворенням металевих частинок, що можуть викликати запальні процеси у тканинах; небажаним є утворення розчинних сполук Ванадію, які є токсичними для організму людини.

У роботі проведено дослідження процесів анодного окислення сплаву у розчинах сукцинатної кислоти з метою формування на поверхні металу оксидних плівок, що мають забезпечити глибоку пасивацію сплаву з одночасним утворенням функціонального покриття. Досліджена поведінка сплаву за анодної поляризації за результатами чого встановлено, що в цих умовах сплав пасивується внаслідок протікання процесів його поверхневого окислення. Результати стаціонарних вимірювань процесів формування оксидних плівок у гальваностатичному режимі дозволили встановити вплив концентрації електроліту, густини струму оксидування, кінцевого значення напруги на комірці на цей процес.

Показано, що анодне окиснення сплаву у сукцинатних електролітах приводить до утворення на поверхні зразків інтерференційно-забарвлених оксидних плівок бар'єрного типу. Швидкість окиснення у діапазоні густини струму  $j_a = 2 \div 5 \text{ mA/cm}^2$  прямо пропорційна значенню  $j_a$ . Величина максимальної для даних умов товщини плівки визначається значенням напруги на комірці та не залежить від концентрації електроліту та густини струму електролізу.

Одержані результати пояснюються тим, що утворення плівок відбувається за наявності певного градієнту потенціалу, який забезпечує міграцію іонів через оксид. Збільшення заданого значення напруги приводить до пропорційного збільшення максимальної товщини оксиду, яка зумовлює тривалість стаціонарного електролізу.

# ФАКТОРИ КОРОЗІЙНОГО РУЙНУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ГАЗОПРОВОДІВ ТА ЇХ ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА

**В. С. Седак**, канд. техн. наук, доцент, **С. В. Нестеренко**, канд. техн. наук, доцент,  
**О. М. Слатова**, старший викладач

*Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: vssedak48@gmail.com*

Оцінка реального технічного стану внутрішньобудинкових газопроводів для підвищення їх надійності – досить актуальне завдання. Технічне діагностування внутрішньобудинкових газопроводів може вирішити проблему їх безпечної експлуатації та істотно знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій, особливо газопроводів, прокладених через залізобетонні конструкції. Механізм розвитку пошкоджень на внутрішніх газопроводах в даний час досить добре вивчений. Досвід показує, що основним пошкоджуючим фактором внутрішніх газопроводів є електрохімічна корозія зовнішньої поверхні трубопроводу, що виникає внаслідок його зволоження або зволоження футляра в місцях переходу через будівельні конструкції будівель (стіни, міжповерхові перекриття). При цьому швидкість корозійного ураження металу трубопроводу в першу чергу залежить від інтенсивності зволоження його поверхні. Аналіз кількості витоків з причин корозії стиків внутрішньоквартирних газопроводів (рис. 1) за 2003–2015 рр. показує, що надмірне зростання витоків газу цього типу може привести до значних аварій.



Рисунок 1 – Динаміка та прогноз витоків газу від корозії труб в квартирах

На підставі багаторічного досвіду експлуатації внутрішніх газопроводів було встановлено, що ступінь корозійного ураження газопроводу або його футляра в місцях переходів газопроводу через будівельні конструкції, протікає найбільш інтенсивно. Необхідне впровадження інноваційних сучасних технологій, модернізацію мереж на основі розроблених програм капітального ремонту, заміни газових кранів на кульові, зношеного устаткування на сучасні прилади з автоматикою безпеки, вибір схеми газопостачання по одноступеневій схемі, виготовлення мереж з мідних труб, будинкових регуляторів тиску з електромагнітними клапанами і термокранами для надійного регулювання тиску газу і забезпечення безаварійних ситуацій, що значно підвищить рівень безпеки газопостачання, а роботу газової служби зробить більш надійною та ефективною.

# ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕАЛІЗАЦІЇ КАТОДНОГО ЗАХИСТУ ТРУБОПРОВОДІВ ТА РЕЗЕРВУАРІВ

А. Д. Тертишник<sup>1</sup>, С. В. Нестеренко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>ТОВ «Елмет»

61020, Харків, вул. Коростельська, 34-А;

<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17  
e-mail: nester.hnamg@gmail.com

Широке застосування електрохімічного захисту трубопроводів і свердловин стало можливим завдяки розробці і освоєнню спеціального обладнання – мережевих катодних станцій, протекторів, електродренажних установок, анодних заземлювачів, а також засобів механічних трудомістких робіт на трасах трубопроводів. Економічна ефективність катодного захисту трубопроводів в значній мірі визначається надійною і довговічною роботою анодного заземлення. У даній роботі наводяться дані розроблених енергоефективних технологій фірми ТОВ «Елмет» по реалізації катодного захисту (проектування, будівництво, пусконаладжувальні роботи та обслуговування засобів ЕХЗ (електрохімзахисту). Опір розтікання струму анодного заземлення становить 50÷70 % загального опору електричного кола установки катодного захисту (УКЗ), що значною мірою компенсує витрати електроенергії. З наведених даних можна зробити висновок, що створення надійних і довговічних заземлювачів – дуже актуальне завдання електрохімічного захисту. Це завдання може бути вирішене підбором існуючих і розроблених нових корозійностійких матеріалів і довговічних конструкцій заземлювачів і заземлюючих контурів, що забезпечують ощадливу роботу УКЗ з максимальними міжремонтними періодами. Проектуючи системи електрохімзахисту, потрібно враховувати всі плюси і мінуси матеріалів заземлювачів. Лише правильне розуміння процесів при анодному захисті дозволяє проектувальникам ЕХЗ грамотно підібрати анодний заземлювач відповідно до властивостей матеріалу і середовища, в якій він буде працювати надалі, а також дати правильний прогноз з приводу періоду експлуатації. Вперше в Україні освоєно використання феросилідових анодів. Практично доведено, що при використанні коксо-мінерального активатора значно знижується перехідний опір за рахунок підвищення електропровідності заповнювача при анодного простору, збільшуються геометричні розміри струм відвідного об'єкта і стабілізується перехідний опір анод – ґрунт.

ТОВ «Елмет» розроблений імпульсний перетворювач автоматичного управління ШАУ призначений для перетворення змінного струму в випрямлений постійний струм з можливістю автоматичного регулювання за кількома параметрами. Основою перетворювачів є високочастотний транзисторний інвертор, розроблений на базі новітніх досягнень силової електроніки.

# ЗМІСТ

## Секція 1

### *Актуальні інноваційні напрями розвитку об'єктів цивільної інженерії*

<i>Teliura N. O., Olijnik O. O., Lomakina O. S. METHODOLOGY FOR CHOOSING ENVIRONMENTAL SAFETY PRIORITIES OBJECTIVES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CIVIL ENGINEERING FACILITIES.....</i>	4
<i>Teliura N. O., Virchenko V. I. THE INCREASING OF AN ECOLOGICAL SAFETY OF CIVIL ENGINEERING FACILITIES OF UKRAINE VIA JUSTIFIED CHOICE FOR IMPLEMENTATION PRIORITY TECHNOLOGIES IN SETTLEMENTS.....</i>	5
<i>Shevchenko A., Shevchenko T. FEATURES OF DEHYDRATION OF SEWAGE SLUDGE ON A SCREW DEHYDRATOR.....</i>	6
<i>Гуріна Г. І., Богомол Б. О., Симченко Н. В., Мартинова Н. А., Бражник Г. О. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ІННОВАЦІЙНИХ АЛКІДНИХ ОЛІГОМЕРІВ...</i>	7
<i>Гуріна Г. І., Богомол Б. О., Симченко Н. В., Мартинова Н. А., Погуляй К. В. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ УРАЛКІДНОГО ЛАКУ.....</i>	8
<i>Гуріна Г. І., Богомол Б. О., Симченко Н. В., Мартинова Н. А., Яковлева П. Є. ІННОВАЦІЙНІ ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ ГРУП “SB” ТА “WB” З НИЗЬКИМ ВМІСТОМ ЛЕТКИХ РЕЧОВИН.....</i>	9
<i>Гуріна Г. І., Бражник Д. А., Богомол Б. О., Симченко Н. В., Мартинова Н. А. НОВІ ПРОТИКОРОЗІЙНІ ПІГМЕНТИ НА ОСНОВІ МОНТМОРИЛОНІТУ.....</i>	11
<i>Дегтяр М. В. ПРОБЛЕМА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....</i>	12
<i>Душкін С. С., Шевченко Т. О. ВИЛУЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ ГУМІНОВІСНИХ РЕАГЕНТІВ.....</i>	13
<i>Сердюк А. Г., Шевченко Т. О. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ СПОРУД БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ.....</i>	14
<i>Сорокіна К. Б., Гончаренко В. В. ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ В СИСТЕМАХ ВОДНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ.....</i>	15
<i>Сорокіна К. Б., Науменко Д. П. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЮВАННЯ МАЛОКАЛАМУТНИХ ЗАБАРВЛЕНИХ ВОД.....</i>	16
<i>Чуб І. М., Благодарна Г. І. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ ПРИ СКЛАДАННІ ПРАВИЛ ПРИЙМАННЯ СТИЧНИХ ВОД У МІСЬКУ КАНАЛІЗАЦІЙНУ МЕРЕЖУ.....</i>	17

## Секція 2

### *Актуальні питання хімії та екології*

<i>Shtamburg V. G., Anishchenko A. A., Kravchenko S. V., Mazepa A. V., Rusanov E. B. SYNTHESIS OF NEW KINDS OF N-ALKOXYHYDANTOINS.....</i>	21
<i>Shtamburg V. G., Klots E. A., Kravchenko S. V. SYNTHESIS OF NEW PHOSPHORUS CONTAINING DERIVATIVES OF N-HYDROXYUREA.....</i>	22

<i>Tverdokhlib M. M.</i> USAGE OF NANOMATERIALS AS SORBENTS FOR WATER PURIFICATION.....	23
Zaitseva I., Pylypenko O., Panayotova T., Bulavina D. SEARCH FOR THE OPTIMAL ORGANIC LIGANDS FOR EXTRACTION OF HEAVY METALS.....	24
<i>Бабіч О. В., Зінченко І. В., Шостенко О. Ю., Кононенко К. С., Ангіна Л. С.</i> ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЛОКАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ПОКРАШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	25
<i>Бабіч О. В., Саввова О. В., Зінченко І. В., Тюріна О. І., Короткий А. В.</i> РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПОПЕРЕДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТРАНСКОРДОННИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОМАТЕРІАЛІВ.....	26
<i>Баранова А. О., Білоусов М. В.</i> ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ ТА РЕГІОНІВ.....	27
<i>Воронов Г. К., Єфімова А. В., Зайцева І. С., Пилипенко О. І., Фесенко О. І., Шаповал В. М.</i> МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОДИ КЕРАМІЧНИМ МІНЕРАЛІЗАТОРОМ.....	28
<i>Голуб Л. С.</i> АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ.....	30
<i>Груздова В. О., Колошко Ю. В.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ СОЛЯНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	31
<i>Дейнека К. Ю.</i> ЕФЕКТИВНІСТЬ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ АВТОКОЛИВНОГО ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ В БАРАБАННОМУ МЛІНІ.....	32
<i>Зінченко І. В., Саввова О. В., Цапко Н. С.</i> ЗАСТОСУВАННЯ КЕРАМІЧНИХ НАНОФІЛЬТРІВ ПРИ СТВОРЕННІ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	33
<i>Козуб С. М., Козуб П. А., Лук'янова В. А.</i> ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОВІДБИВАЮЧИХ ПОКРИТТІВ, ЯК МЕТОД БОРОТЬБИ З ГЛОБАЛЬНИМ ПОТЕПЛІННЯМ.....	36
<i>Козуб П. А., Лук'янова В. А., Козуб С. М.</i> ВИКОРИСТАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ З РЕТРОРЕФЛЕКТОРНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ.....	37
<i>Колос Н. М., Марченко К. В.</i> СИНТЕЗ ТА ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЯ 3-ЗАМІЩЕНИХ ТЕТРАГІДРОІНДОЛ-4-ОНІВ.....	38
<i>Літовка А. І., Білоусов М. В.</i> ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ.....	39
<i>Літовка А. І., Лялюк С. Д.</i> ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОГО КОМПЛЕКСУ.....	40
<i>Лук'янова В. А., Козуб П. А., Козуб С. М.</i> БІБЛІОТЕКА ЗОБРАЖЕННЯ АТОМАРНОГО РІВНЯ НАЙБІЛЬШ ВАЖЛИВИХ КЛАСІВ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН.....	41
<i>Лук'янова В. А., Козуб П. А., Козуб С. М.</i> МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ УФ ПРОМЕНІВ.....	42
<i>Мартинюк М. М., Козуб П. А., Козуб С. М., Томаровська В. О.</i> ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА ОСНОВІ КВІТІВ ТА ЛИСТА ГЕРАНІ.....	43
<i>Мартинюк М. М., Удовіченко Є. М., Козуб П. А., Козуб С. М.</i> ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАСЛА ШИПШИНІ.....	44

<i>Морозова Л. Ю., Козуб П. А., Козуб С. М.</i> ТРИДІАПАЗОННИЙ ФОТОКОЛОРИМЕТР ДЛЯ ШКІЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ.....	45
<i>Мурадова В. Х., Козуб П. А., Козуб С. М.</i> ТЕХНОЛОГІЯ ШВИДКОЇ ОЦІНКИ СВІЛЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИМІЩЕНЬ.....	46
<i>Яковлев В. В., Дмитренко Т. В.</i> ПРО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОТОЧНОГО БІОТЕСТУВАННЯ ДЖЕРЕЛЬНИХ ВОД МІСТА ХАРКІВ.....	47
<i>Яцков М. В., Корчик Н. М., Беседюк В. Ю.</i> ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПЕРЕРОБКИ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ.....	48
<i>Яцков М. В., Корчик Н. М., Буденкова Н. М., Мисіна О. І.</i> ІНТЕГРОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФЕРУМОВМІСНИХ ВОДНИХ СИСТЕМ.....	49

### **Секція 3**

#### ***Питання розвитку нафтогазової технології та інженерії***

<i>Fidchunov A., Borisenko O., Miroshnichenko D., Kravchenko S.</i> MOVEMENT OF COKE IN THE DRY COKE QUENCHING PLANT DURING ITS UNLOADING.....	51
<i>Miroshnichenko D., Malik I.</i> PREDICTION OF THE HEATS OF COMBUSTION OF PLANT RAW MATERIALS BASED ON THE ELEMENTAL ANALYSIS DATA.....	52
<i>Mikina N. V., Miroshnichenko D. V.</i> COKING OF STAMPED COAL BATCH. YIELD OF CHEMICAL PRODUCTS.....	53
<i>Аббуд М. Б., Фик М. І.</i> КОГНИТИВНИЙ КОНЦЕПТ ГЕОТЕРМАЛЬНО-БІОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З КАСКАДНОЮ СХЕМОЮ ДОГРІВАННЯ ТЕПЛОНОСІЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО КОНТУРУ.....	54
<i>Банніков Л. П., Банніков А. Л., Нестеренко С. В., Гуріна Г. І.</i> ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОГЛИНАЛЬНИХ МАСЕЛ ІНІЦІУВАННЯМ СМОЛОУТВОРЕННЯ.....	55
<i>Банніков Л. П., Нестеренко С. В., Банніков А. Л.</i> ВПЛИВ РЕЗИНОГЕНІВ НА ЯКІСТЬ ПОГЛИНАЛЬНОГО МАСЛА ПРИ УЛОВЛЮВАННІ БЕНЗОЛУ З КОКСОВОГО ГАЗУ.....	56
<i>Банніков Л. П., Нестеренко С. В., Савченко В. В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ІСНУЮЧИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ В'ЯЗКОСТІ ДО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОЇ СМОЛИ.....	57
<i>Дорошенко Я. В.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ В НАПРЯМКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	58
<i>Жарова О. В., Нестеренко С. В., Карчакова В. В.</i> МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД ВІДКЛАДЕНЬ ЗВОРТНОГО ЦИКЛУ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	59
<i>Наливайко О. І., Ткачов В. О., Ромашко О. В., Сотиров С.</i> НОВІТНІ МЕТОДИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ НАФТОВІДДІЧІ В УМОВАХ ОБВОДНЕННЯ НАФТОВИХ ПРОДУКТИВНИХ ПЛАСТІВ.....	60
<i>Нестеренко С. В., Без'язичний В. Ф.</i> ОТРИМАННЯ СОРТОВИХ МОТОРНИХ ПАЛИВ НА ОСНОВІ НИЗКООКТАНОВИХ ФРАКЦІЙ ГАЗОВОГО ТА НАФТОВОГО КОНДЕНСАТІВ.....	61



<i>Орловський В. М., Білецький В. С.</i> ТЕРМОСТІЙКІ ТАМПОНАЖНІ СУМІШІ ДЛЯ ГЛИБОКИХ СВЕРДЛОВИН.....	62
<i>Воловецький В. Б., Грудз В. Я., Щирба О. М.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РУЙНУВАННЯ ПІНИ У ГАЗОРІДИННОМУ ПОТОЦІ.....	63
<i>Яцкевич О. О., Донський Д. Ф.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИН З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОБІОТИ НАДЛИШКОВОГО ПЛУ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	64

**Секція 4**  
**Хімія. Інноваційні дослідження**  
**у сфері матеріалознавства та нанотехнологій**

<i>Fogelberg J., Kot A. G., Rohozhyn R. S., Gurina G. I.</i> INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY URALKYD MATERIALS.....	66
<i>Борисенко О. М., Шабанова Г. М., Логвінков С. М.</i> СИСТЕМА MgO–Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> –FeO–TiO <sub>2</sub> – ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ПЕРИКЛАЗОШПІНЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	67
<i>Боровець З. І., Луцюк І. В.</i> ОСОБЛИВОСТІ ФАЗОВОГО СКЛАДУ ЗОЛО-ШЛАКОВИХ ВІДПАДКІВ ТЕС.....	68
<i>Брусенцева Т. В., Цапко Н. С.</i> ПЕРСПЕКТИВНІ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ НАФТО- ТА ГАЗОВИДОБУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ.....	69
<i>Воронов Г. К., Єфімова А. В., Фесенко О. І., Зайцева І. С., Саввова О. В., Тур О.</i> КОМПОЗИЦІЙНІ КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МІНЕРАЛІЗАТОРІВ ПИТНОЇ ВОДИ.....	70
<i>Воронов Г. К., Покроєва Я. О., Коваленко С. О., Саввова О. В., Шалигіна О.В.</i> ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КЕРАМІЧНИХ ПЛИТ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	72
<i>Гордєєв Ю. С.</i> СКЛОУТВОРЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ СТЕКОЛ В SrO–Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> –B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> –SiO <sub>2</sub> СИСТЕМІ.....	74
<i>Гуріна Г. І., Богомол Б. О., Симченко Н. В., Мартинова Н. А., Булавіна Д. А.</i> ВПЛИВ ДЕТОНАЦІЙНИХ НАНОАЛМАЗІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ.....	75
<i>Гуріна Г. І., Богомол Б. О., Симченко Н. В., Мартинова Н. А., Полумисний В. В.</i> ОПТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ДЕТОНАЦІЙНИМИ НАНОАЛМАЗАМИ.....	77
<i>Дейнека К. Ю.</i> ЕФЕКТИВНІСТЬ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ АВТОКОЛИВНОГО ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ В БАРАБАННОМУ МЛІНІ.....	79
<i>Калішенко Ю. Р., Амеліна О. А., Зайчук О. В.</i> ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ ЦЕЛЬЗІАНОВОЇ КЕРАМІКИ МОДИФІКОВАНОЇ СКЛОМ В СИСТЕМІ BaO – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – SiO <sub>2</sub> .....	80

<i>Картишев С. В., Федоренко О. Ю., Капко В., Отрощенко М. С.</i>	
РОЗРОБКА ПОКРИТТІВ ДЛЯ КЕРАМОГРАНІТНИХ СТІЛЬНИЦЬ.....	81
<i>Корогодська А. М., Шабанова Г. М., Дев'ятова Н. Б.</i>	
РОЗРОБКА ТАМПОНАЖНИХ ЦЕМЕНТІВ ТА РОЗЧИНІВ	
З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	82
<i>Левченко Є. П., Черваков О. В., Свердліковська О. С., Черваков Д. О.</i>	
ДИЕТАНОЛАМІН БОРАТНІ МОДИФІКАТОРИ	
ВОДНОДИСПЕРСІЙНИХ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ.....	83
<i>Лихолат (Кольцова) Я. І.</i>	
ПОРИСТІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ	
НА ОСНОВІ ТЕРМООБРОБЛЕНИХ КОМПОЗИЦІЙ	
«СКЛОБІЙ–ПАЛИВНИЙ ШЛАК–ЗОЛА-УНЕСЕННЯ».....	84
<i>Макруха Т. О., Довженко Д. В.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ	
ПЕРЕДРЕКРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ	
НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ Х12.....	85
<i>Саввова О. В., Фесенко О. І., Зінченко І. В., Довгопол А. В., Тур О.</i>	
БАКТЕРИЦИДНІ СКЛОКЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ПОКРИТТЯ	
АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОГО ТА МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	86
<i>Саєнко Н. В., Биков Р. О., Обіженко Т. М., Скрипинець А. В.</i>	
ВПЛИВ СИЛКАТНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА	
АДГЕЗІЙНО-МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ.....	87
<i>Свердліковська О. С., Черваков О. В., Буркевич Б. В.</i>	
ІОННА ПРОВІДНІСТЬ	
ПОЛІМЕРНИХ ІОННИХ РІДИН ТА ІОННИХ РІДИН ІОНЕНОВОГО ТИПУ.....	88
<i>Тимофєєв В. Ю., Стороженко В. О., Саввова О. В.</i>	
ІННОВАЦІЙНІ ШЛЯХИ	
УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЛЕГКОБРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ....	89
<i>Ткаченко М. О., Христин О. В.</i>	
ВИГОТОВЛЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ	
МАТЕРІАЛІВ ЗІ ЗАСТОСУВАННЯМ В ЯКОСТІ ДОБАВОК	
КРЕМНЕЗЕМОВМІСНИХ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ДОБРИВ.....	91
<i>Федоренко О. Ю., Картишев С. В., Отрощенко М. С., Конєв О. В.</i>	
РОЗРОБКА МАС ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЕЛИКОФОРМАТНОГО	
КЕРАМОГРАНІТУ В УМОВАХ ЕНЕРГООЩАДНОГО ВИПАЛУ.....	92
<i>Фесенко О. І., Бітюцька В. В., Саввова О. В., Гожя М. М., Фалько Т. В.</i>	
ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ	
НА ОСНОВІ ЛІТІЙАЛЮМОСИЛКАТНИХ СТЕКОЛ.....	93
<i>Хоменко О. С.</i>	
АНГОБНІ ПОКРИТТЯ ТЕМНО-КОРИЧНЕВОГО КОЛЬОРУ	
З БУЗКОВИМ ВІДТІНКОМ ДЛЯ ЛИЦЬОВОЇ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ.....	94

## **Секція 5**

### **Електрохімічні процеси і технології.**

#### **Корозійна тривкість конструкційних матеріалів в умовах експлуатації**

<i>Kruhliak I., Sereda D., Chechenin M.</i>	
RESEARCH CORROSION RESISTANCE	
OF SHS COATINGS IN SULFATE SOLUTIONS.....	96

<i>Kruhliak I., Sereda D., Ivjenko R.</i> CORROSION RESISTANCE OF COATINGS PRODUCED UNDER SHS CONDITIONS.....	97
<i>Kruhliak I., Kruhliak D., Danilchenko O.</i> INFLUENCE OF ADHESION OF COATINGS OBTAINED UNDER SHS CONDITIONS ON CORROSION RESISTANCE OF STEELS.....	98
<i>Kruhliak I., Sereda D., Vrublevskiy M.</i> RESEARCH CORROSION RESISTANCE OF ALLOYED ALITIATED COATINGS IN SULFATE SOLUTIONS.....	99
<i>Sereda B., Belozor I., Shapoval D.</i> COMPARATIVE CORROSION RESISTANCE OF STRUCTURAL MATERIALS IN A PITCH GRANULATOR.....	100
<i>Sereda B., Kiforuk D., Isakov A.</i> RESEARCH CORROSION RESISTANCE OF STRUCTURAL MATERIALS IN RESIN ENVIRONMENTS.....	101
<i>Sereda B., Prolomov A., Kyslyy A.</i> CORROSION RESISTANCE OF ALITIATED COATINGS IN ARSENIC-SODA ENVIRONMENT.....	102
<i>Sereda B., Sereda D., Hrystenko D.</i> INFLUENCE OF RESIDUAL STRESSES OF ALLOY COATINGS OBTAINED WITH THE USE OF COMPLEX POWDER CHARGES ON THE CORROSION RESISTANCE OF STEELS.....	103
<i>Банніков Л. П., Нестеренко С. В., Жарова О. В., Ліпошко В. В.</i> ГАЛЬМУВАННЯ ПРОЦЕСІВ НАКИПОУТВОРЕННЯ ТА КОРОЗІЇ ТЕПЛООБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ ОБЛАДНАННЯ КОНДЕНСАЦІЙНИХ ТУРБІН.....	104
<i>Гапон Ю. К., Чиркіна М. А.</i> ЕЛЕКТРОДНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД.....	105
<i>Казимиренко Ю. О., Дрозд О. В., Карнасюк О. О.</i> КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ МЕТАЛ-СКЛЯНИХ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ДО АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ.....	106
<i>Колос Н. М., Назаренко М. В.</i> СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИКОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ 2-ІМІНО(АМІНО)ТІАЗОЛІДИН-4-ОНІВ.....	107
<i>Кравченко К. М., Тульський Г. Г.</i> ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ МЕТОД ВИЛУЧЕННЯ ЗАЛІЗА З ВІДПРАЦЬОВАНИХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СУЛЬФО-КИСЛОТНОГО ТРАВЛЕННЯ СТАЛІ.....	108
<i>Кравченко К. М., Тульський Г. Г.</i> ТИТАН-ДІОКСІДМАРГАНЦЕВИЙ АНОД ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ СУЛЬФАТНО-КИСЛОТНИХ РОЗЧИНІВ ТРАВЛЕННЯ СТАЛІ....	109
<i>Нестеренко С. В.</i> МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СХИЛЬНОСТІ ДО КОРОЗІЙНОГО РУЙНУВАННЯ ПЛАСТИНЧАСТИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ.....	110
<i>Нестеренко С. В., Гуріна Г. І.</i> КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ НОВИХ АУСТЕНІТНО-ФЕРИТНИХ СТАЛЕЙ У КОКСОХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	111
<i>Нестеренко С. В., Донський Д. Ф., Козін О. М.</i> ЗНИЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ.....	112
<i>Нестеренко С. В., Ліпошко В. В.</i> ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ КОРОЗІЇ МЕТАЛУ ПІД ШАРОМ ТАМПОНАЖНОГО КАМЕНЮ.....	113
<i>Павлов Б. В., Тульський Г. Г.</i> ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ОКИСЛЕННЯ ГЕКСАМІНУ У РОЗЧИНІ ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ.....	114
<i>Пилипенко О. І., Зайцева І. С., Панайотова Т. Д., Шаповал В. М.</i> ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ МІДНО-ЦИНКОВИХ СПЛАВІВ У СУЛЬФАМАТНО-СУЛЬФАТНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ.....	115

<i>Пилипенко О. І., Панайотова Т. Д., Щербина С. С.</i> ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ПОЛІРУВАННЯ ЛАТУНІ У ФОСФАТНО-БУТАНОЛЬНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ.....	117
<i>Пилипенко О. І., Панайотова Т. Д., Тур Ю. І., Яковлева П. Є.</i> ОДЕРЖАННЯ ОКСИДНИХ ПЛІВОК НА ТИТАНОВОМУ СПЛАВІ ВТ6 МЕТОДОМ АНОДНОГО ОКИСЛЕННЯ У РОЗЧИНАХ СУКЦІНАТНОЇ КИСЛОТИ....	118
<i>Седак В. С., Нестеренко С. В., Слатова О. М.</i> ФАКТОРИ КОРОЗІЙНОГО РУЙНУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ГАЗОПРОВІДІВ ТА ЇХ ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА..	119
<i>Тертишник А. Д., Нестеренко С. В.</i> ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕАЛІЗАЦІЇ КАТОДНОГО ЗАХИСТУ ТРУБОПРОВІДІВ ТА РЕЗЕРВУАРІВ.....	120

*Навчальне видання*

# **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

***МАТЕРІАЛИ***

*міжнародної науково-практичної конференції,  
присвяченої 100-річчю ХНУМГ імені О. М. Бекетова*

*(7 червня 2022 року)*

*Матеріали конференції наведено в авторській редакції  
мовою оригіналу*

Відповідальний за випуск *І. С. Зайцева*

Технічний редактор *О. І. Фесенко*

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: [rektorat@kname.edu.ua](mailto:rektorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.