

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



**ALGOL CHEMICALS SIA, RIGA, LATVIA
EMO FRITE COMPANY, CELJE, SLOVENIA
CM.PROJECT.ING GmbH, GERMANY
GOLDEN TILE CERAMIC GROUP
ПрАТ «ТРЕСТ ЖИТЛОБУД-1»**

**МАТЕРІАЛИ
Міжнародної науково-практичної
конференції
здобувачів вищої освіти
і молодих учених
«БЕКЕТІВСЬКІ ХІМІЧНІ ЧИТАННЯ.
ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА
КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ»**



Харків – 2025

УДК 54+628+66.017+502/504](06)

ISBN 978-966-695-618-0

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО

ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

ALGOL CHEMICALS SIA, RIGA, LATVIA

ЕМО FRITE COMPANY, CELJE, SLOVENIA

CM.PROJECT.ING GmbH, GERMANY

GOLDEN TILE CERAMIC GROUP

ПрАТ «ТРЕСТ ЖИТЛОБУД-1»

МАТЕРІАЛИ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ

«Бекетівські хімічні читання. Теорія та практика кризових ситуацій»

12–14 лютого 2025 р.

Харків – 2025

Редакційна колегія:

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

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

*Рекомендовано до видання Вченою радою Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова,
протокол № 7 від 28 лютого 2025 р.*

Б42 **Бекетівські** хімічні читання. Теорія та практика кризових ситуацій : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, Харків, 12–14 лют. 2025 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Algol Chemicals SIA (Riga, Latvia), EMO Frite Company (Celje, Slovenia) [та ін.] ; [редкол.: О. І. Пилипенко, О. І. Фесенко]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 200 с.

ISBN 978-966-695-618-0

У збірнику надані матеріали міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Бекетівські хімічні читання. Теорія та практика кризових ситуацій», що відбулася 12–14 лютого 2025 року в Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова. Збірник буде цікавим здобувачам освіти, науково та інженерним співробітникам, викладачам, які займаються дослідженнями у області хімічної технології та інженерії, хімічного матеріалознавства, виробництва будівельних матеріалів, електрохімії та корозії, питаннями екологічного моніторингу, нафтогазової і вугільної промисловості, сучасними тенденціями розвитку освіти за спеціальністю G1 «Хімічні технології та інженерія».

УДК 54+628+66.017+502/504](06)

© Колектив авторів, 2025

© Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2025

ISBN 978-966-695-618-0

Організаційний комітет

Голова оргкомітету

Білецький І. В. – д-р екон. наук, професор, в. о. ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна.

Заступники голови оргкомітету:

Бабаєв В. М. – д-р наук держ. упр., професор, голова Вченої ради ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна;

Сухонос М. К. – д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна;

Телюра Н. О. – канд. техн. наук, доцент, начальниця науково-дослідної частини ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна;

Планковський С. І. – д-р техн. наук, професор, директор Навчально-наукового інституту Енергетичної, інформаційної, та транспортної інфраструктури ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна;

Савова О. В. – д-р техн. наук, професор, завідувачка кафедри хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна.

Склад оргкомітету:

Казимиренко Ю. О. – д-р техн. наук, професор, професорка кафедри матеріалознавства і технології металів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна;

Корогодська А. М. – д-р техн. наук, професор, завідувачка кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Україна;

Федоренко О. Ю. – д-р техн. наук, професор, завідувачка кафедри кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Україна;

Oksana Shalygina – канд. техн. наук, доцент, представниця компанії «ЕМО FRITE D.O.O.», Республіка Словенія;

Antonina Kot – директорка «ALGOL CHEMICALS», Латвійська Республіка;

Maksym Gozha – провідний інженер CM.PROJECT.ING GmbH, Федеративна Республіка Німеччина;

Andrey Parsyegov – головний менеджер GLASURA S.R.O TORRESID GROPA, Чеська республіка;

Тобілко В. Ю. – канд. техн. наук, доцент; завідувачка кафедри хімічної технології кераміки та скла НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського, Україна;

Зайчук О. В. – д-р техн. наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи Українського державного університету науки і технологій, Україна;

Луцюк І. В. – д-р техн. наук, професор, заступник завідувача кафедри хімічної технології силікатів Національного університету «Львівська політехніка», Україна;

Свердліковська О. С. – д-р хім. наук, професор, професор кафедри технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів Українського державного університету науки і технологій, Україна;

Черваков О. В. – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції Українського державного університету науки і технологій, Україна;

Ромашко О. В. – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри нафтогазової інженерії і технологій ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна;

Бабіч О. В. – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцентка кафедри хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна;

Зайцева І. С. – канд. хім. наук, доцент, доцентка кафедри хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна;

Фесенко О. І. – канд. техн. наук, старший викладач кафедри хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна.

Секретар оргкомітету

Пилипенко О. І. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Україна.

СЕКЦІЯ 1

***ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ НОВИХ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
ТА ПОКРИТТІВ***

УДК 266.666.

НОВІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ВИСОКОМІЦНИХ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Тур Олег Георгійович,

аспірант,

Гожа Максим Миколайович,

аспірант,

Савцова Оксана Вікторівна,

доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри,

Шаповал Вікторія Миколаївна,

магістрантка,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Oleh.tur@kname.edu.ua

Зростаючі вимоги до експлуатаційних властивостей функціональних матеріалів, які обумовлені стрімким розвитком приладо- та машинобудування, стимулюють розвиток матеріалознавства та хімічної інженерії у напрямку створення високоміцних матеріалів з унікальною здатністю протистояти впливу змінних факторів навколишнього середовища та високошвидкісному динамічному впливу термо-механічних навантажень, які виникають внаслідок дії різно направлених чинників.

На сьогодні пріоритетне значення впровадження функціональних матеріалів у різні галузі науки та техніки визначається необхідністю забезпечення збереження здоров'я та життя людей та обороноздатності країни в умовах ведення бойових дій. Небезпечна дія уражуючих факторів на навколишнє середовище, соціум, інженерні конструкції, прилади та техніку посилюється в конфліктних ситуаціях й призводить до непоправної загрози. Потенціювання згубних факторів, які включають фізичні (ударна повітряна хвиля, гідродинамічна та сейсмічна хвилі тощо); хімічні (токсичні речовини і матеріали); біологічні (патогенні бактерії, віруси, гриби) [1] на тлі зростаючих соціально-політичних та військових дій, призводить до катастрофічних наслідків, які є точкою неповернення у низці руйнуючих неконтрольованих впливів людства.

На сьогодні важливим кроком формування соціальної держави для забезпечення потреб та інтересів людини є застосування smart-матеріалів, які відрізняються самоорганізованою структурою та унікальною здатністю до відновлення в умовах швидкісних динамічних навантажень за рахунок їх кластеризації з подальшим формуванням нанорозмірних кристалічних фаз.

Значним попитом користується склокераміка з високою міцністю і в'язкістю для ринків медицини, фармацевтики, побутової, промислової електроніки та радіотехніки, машино- та приладобудування, авіа- та ракетобудування [2].

Основні напрямки розробки склокераміки сьогодні реалізуються у наступних напрямках:

1) розробка нових складів склокераміки, які характеризуються ієрархічною нано- та мікроструктурою, яка відіграє ключову роль у досягненні виняткових високих механічних властивостей матеріалів. Прикладом може бути імітація градієнтно-пористої структури кістки та її фазового складу при розробці біоактивних склокристалічних матеріалів на основі гідроксиапатиту для заміщення кісткової тканини (рис. 1). Саме організація структури матеріалу з певною архітектонікою в подальшому визначає його експлуатаційні властивості: біосумісність, нетоксичність, біоактивність [2];

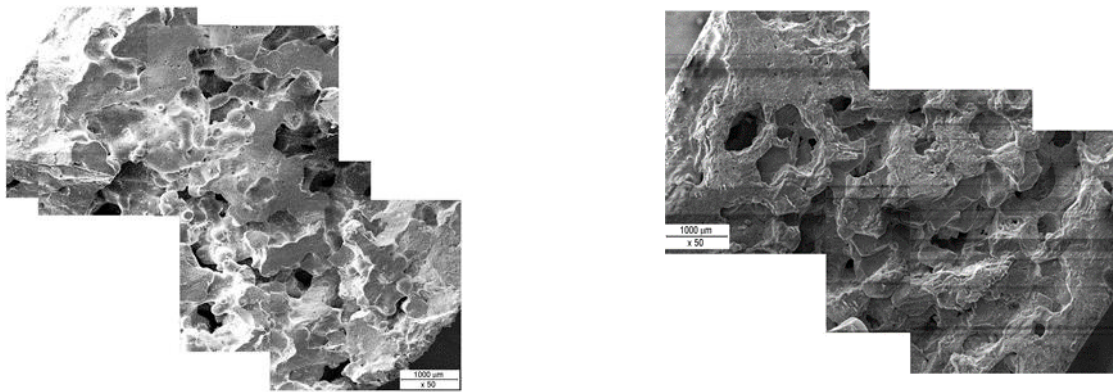


Рисунок 1 – Біоактивні склокристалічні матеріали з градієнтною пористою структурою [1]

2) застосування біоміметичного підходу під час проєктування нових видів склокераміки на основі відтворення структури й фазового складу геологічних матеріалів [3]. Такі високотехнологічні інженерні маршрути дозволяють проєктувати склокераміку зі структурою, яка є подібною до природних мінералів. Застосування методу дублювання мікроструктури та фазового складу природних апатитів, які схильні до гетеровалентного ізоморфного заміщення, дозволяє створити високоміцні скломатеріали, які міцно утримують у своїй структурі важкі метали та радіоактивні ізотопи. Такі скломатеріали на основі гідроксиапатиту є перспективними під час створення керамічних мембран для очищення води, іммобілізації радіоактивних відходів. Яскравим прикладом є заміщення фосфатних та гідроксильних груп карбонатними групами у складі синтетичного гідроксиапатиту (рис. 2), що сприяє наближенню властивостей матеріалу до складу природної кістки та, як наслідок, підвищенню його біосумісності;

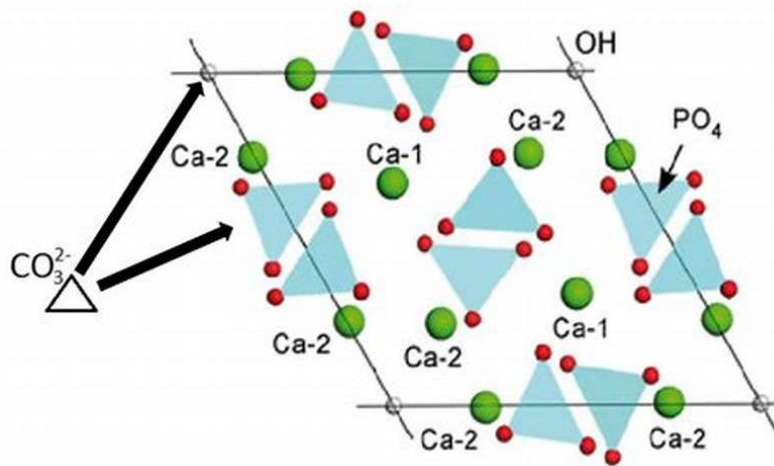
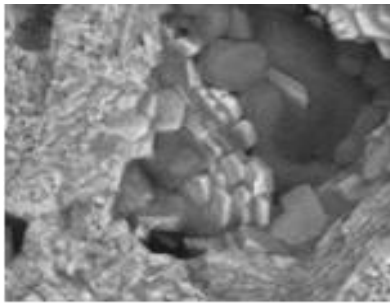


Рисунок 2 – Структура гідроксиапатиту та механізми заміщення

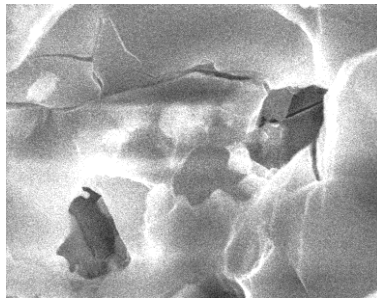
3) впровадження нових способів зміцнення склокераміки шляхом активізації посилюючих механізмів, за рахунок формування наноструктури, яка сприяє блокуванню тріщин шляхом реалізації ефекту розмірності. Цінним фактором відхилення та перекриття мікротріщин є формування дендритної структури кристалів, яка реалізується при кристалізації склокераміки на основі дисилікату літію (рис. 3, а). Іншим прикладом формування високоміцної структури з високою тріщиностійкістю є дрібне пластинчасте двійникування, яке спостерігається за формування твердих розчинів на основі кордієриту-моліту (рис. 3, б);

4) застосування нових підходів до плавлення, кристалізації та термічної обробки, які дозволяють реалізувати процеси фазової збірки в склокераміці визначають перспективність організації дисипативних структур в умовах низькотемпературної термічної обробки, які недоступні за допомогою традиційних методів обробки. Такі склокерамічні матеріали характеризуються високоміцною структурою завдяки низькотемпературному зародкоутворенню кристалічних фаз, які є близькими за хімічним складом до розплаву скла і тому при повторному нагріванні спостерігається адаптацію внутрішньої напруги, яка виникають на межі розділу склофаза кристал. Такі механізми фазоутворення є особливо цінними у ході формування оптично прозорих наноструктурованих склокерамічних матеріалів на основі твердих розчинів шпінелі (рис. 3, в).

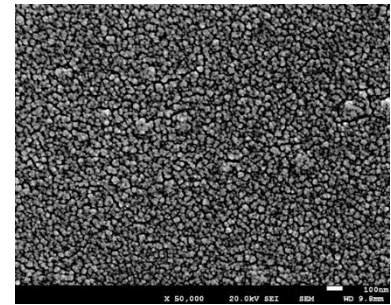
Для досягнення одночасно високої міцності та світлопроникності необхідно не лише сформувати кристали розміром $\leq 0,4$ мкм, але й забезпечити самоорганізацію структуру на нанорівні в структурі ситалу [4]. Дослідження вказують що інтенсивність самоорганізації підвищується із застосуванням внутрішніх та зовнішніх змін при варці та термічній обробці скломатеріалу.



а



б



в

Рисунок 3 – Структура високоміцних склокристалічних матеріалів на основі:
а – дисилікату літію; *б* – муліту-кордієриту; *в* – шпінелі

Отже, нові інженерні підходи, які спрямовані на підвищення в'язкості руйнування та ударної в'язкості наноструктурованих стекол з реалізацією синергії процесів їх самоорганізації відкриває широкі перспективи для створення високоміцної склокераміку з унікальною структурою та властивостями. Це дозволяє переосмислити розширити межі їх продуктивності.

Список використаних джерел

1. Дикань С. А., Зима О. Є. Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях. Університетський курс [Текст] : підручник для студ. вищ. навч. закл. Полтава : ТОВ «АСМІ», 2015. 242 с.
2. Пат. на винахід 107234 Україна, МПК (2014.01) А61К 33/00 А61К 33/06 (2006.01) А61К 33/30 (2006.01) А61К 33/04 (2006.01) А61К 33/08 (2006.01) А61Р 19/00. Пористий композиційний біоактивний склокристалічний матеріал / Савцова О. В., Брагіна Л. Л., Бабіч О. В. ; власник НТУ «ХП» (Україна). – № а 2012 15171 ; заявл. 29.12.2012.
3. Fu Q., Beall G. H., Smith C. M. Nature-inspired design of strong, tough glass-ceramics. *MRS BULLETIN*. 2017. Vol. 42. P. 223–225.
4. Savvova O. V., Voronov G. K., Topchiy V. L. [et al.]. Technology glass-ceramic materials on the lithium disilicate basis: achievements and development prospects. *Chemistry & Chemical technology*. 2018. Vol. 12. № 3. P. 391–399.

КОРОЗІЙНА ПОВЕДІНКА СПЛАВУ КОБАЛЬТ-ВАНАДІЙ В КИСЛОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Сахненко Микола Дмитрович,

доктор технічних наук, професор, професор,

Желавська Юлія Анатоліївна,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Проскуріна Валерія Олегівна,

кандидат технічних наук, доцент, старший викладач,

Зюбанова Світлана Іванівна,

науковий співробітник,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Valeriia.Proskurina@khpі.edu.ua

Електрохімічно нанесені покриття є однією з найефективніших технологій захисту металів і сплавів від корозії. Їхнє використання дозволяє покращити експлуатаційні характеристики матеріалів, зменшити втрати внаслідок корозійних процесів та забезпечити довговічність виробів у різноманітних агресивних середовищах. Серед різних типів покриттів особливий інтерес викликають сплави на основі кобальту (Co) [1], леговані ванадієм (V). Сплави Co-V мають унікальні властивості, такі як висока механічна міцність, термостабільність та здатність формувати пасивні оксидні плівки, які повинні ефективно захищати основу матеріалу від корозії, особливо в кислих середовищах [2]. Саме цей аспект їх поведінки і зумовив мету досліджень.

Покриття сплавом Co-V наносили на зразки зі сталі марки Ст.3 з цитратного електроліту у гальваностатичному режимі [3]. Корозійні дослідження проводили в розчині складу: $1 \text{ M Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ до $\text{pH} = 3$.

Корозійну стійкість отриманих покриттів оцінювали за допомогою аналізу поляризаційних залежностей, що включав реєстрацію катодних і анодних вольтамперограм у зоні потенціалу корозії. Густина струму корозії ($j_{\text{кор}}$) визначали екстраполяцією лінійних ділянок парціальних анодних і катодних залежностей в тафелівських координатах $\lg i - \Delta E$.

Результати досліджень корозійно-електрохімічної поведінки сплавів свідчать, що збільшення вмісту ванадію сприяє підвищенню корозійної стійкості покриття в порівнянні з чистим кобальтом (рис. 1). Це реалізується завдяки переходу компонентів покриття в пасивний стан, який забезпечується утворенням оксидних плівок кислотного характеру. За умови зростання вмісту

ванадію в сплаві потенціал корозії зсувається в позитивний бік, що призводить до зниження швидкості корозії.

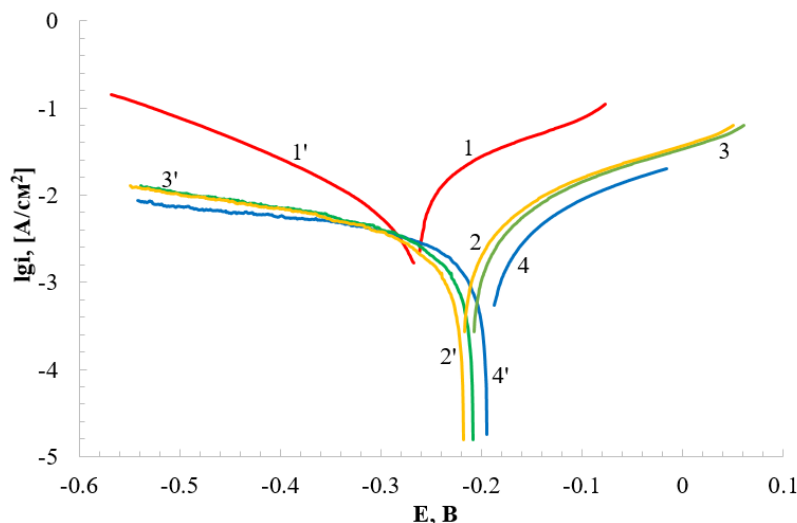


Рисунок 1 – Анодні (1, 2, 3, 4) і катодні (1', 2', 3', 4') поляризаційні залежності сформованих на сталі покриттів: 1, 1' – кобальтом; 2, 2' – сплавом Co-V_{0,1}; 3, 3' – сплавом Co-V_{0,3}; 4, 4' – сплавом Co-V_{0,6} у кислому середовищі

Хоча ванадій є відносно дорогим елементом, його додавання у невеликих кількостях забезпечує значне покращення захисних властивостей сплаву, що зменшує потребу в додаткових заходах антикорозійного захисту. Про це свідчить зменшення струмів корозії для сплавів Co-V з вмістом ванадію до 1 мас. % в порівнянні з покриттям чистим кобальтом (рис. 1).

Сплави кобальту з додаванням ванадію, отримані електрохімічним методом, є перспективним матеріалом для захисту металів в умовах впливу агресивного кислого середовища, оскільки ванадій сприяє швидкому утворенню оксидного шару, який і захищає метал від подальшого окиснення.

Список використаних джерел

1. Nenastina T. [et al.]. Corrosion resistance of composite coatings based on the alloys of cobalt with refractory metals. *Materials Science*. 2021. Vol. 56. P. 634–641.
2. Manilevich F. [et al.]. Regularities of cathodic hydrogen evolution at an electrolytic Co-V alloy and its components. *Journal Research & Reviews in Electrochemistry*. 2014. Vol. 5. No. 5. P. 124–133.
3. Сахненко М. [та ін.]. Електрокаталітичні покриття кобальт-ванадій для реакції виділення водню. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2021. № 49. С. 67–72.

ФІЗИКИ-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛІТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Середенко В. В.

старший викладач,

Національний аерокосмічний університет

ім. М. Є. Жуковського, «ХАІ»

seredenkovikt@gmail.com

Каталітичне окиснення аміаку до оксиду азоту (II) є основою промислового способу одержання азотної кислоти. Як каталізатори даного процесу застосовують, в основному, сплави платини, родію і паладію. Нині гостро стоїть проблема заміни дорогих та дефіцитних платиноїдів високоефективними неплатиновими каталізаторами (ПК). Для досягнення цієї мети необхідні комплексні дослідження фізико-хімічних властивостей каталізаторів різного складу, структури та способу одержання [1].

Як каталізатори окислення аміаку досліджувалися, в основному, оксиди металів. Оксид заліза (III) як основа для створення ПК найбільш переважний, завдяки доступності, низькій вартості і високій селективності. У процесі роботи залізооксидний каталізатор піддається дезактивації. З метою підвищення термічної стійкості та селективності до оксиду заліза (III) вводять модифікуючі добавки, зокрема оксиди різних металів [2].

Незважаючи на численні дослідження наукових основ створення високоефективних каталізаторів не існує. Дані про зв'язок фізико-хімічних характеристик контактів з їхньою активністю та селективністю обмежені, що ускладнює прогнозування каталітичних властивостей систем різної природи [3].

Досліджено та визначено фазовий та хімічний склади каталізаторів систем $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--MeO}$, де Me – Co і Ni у широкому діапазоні вмісту MeO; їх фізико-хімічні та каталітичні властивості.

Залежності каталітичних і фізико-хімічних властивостей від складу системи $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--NiO}$ аналогічні подібним характеристикам системи $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--CoO}$. У цих двох системах утворюються суміші двох сполук: ферит металу та відповідний оксид. Каталітичні та фізико-хімічні властивості каталізаторів змінюються монотонно в залежності від хімічного та фазового складу, зокрема від кількісного співвідношення між феритною і однією з оксидних фаз (CoO , Fe_2O_3 для CoFe_2O_4 , NiO , Fe_2O_3). Ферити нікелю і кобальту, що утворюються в цих системах, мають аналогічний катіонний розподіл (структура зверненої

шпинелі) і близькі фізико-хімічні характеристики, мають близькі каталітичні властивості.

Встановлено, що ферити кобальту і нікелю зі структурою зверненої шпинелі характеризуються відносно низькими значеннями селективності по оксиду азоту (II) (22,5 % і 31,0 % за 1053 K відповідно). Вони можуть розчиняти утворюється на поверхні залізооксидвмісних оксидних каталізаторів в процесі його роботи магнетит, стабілізуючи роботу контактів.

Значення енергії зв'язку поверхневого кисню цих феритів розрізняються незначно (301,8 кДж/моль для NiFe_2O_4 і 320,5 кДж/моль для CoFe_2O_4) і значно перевищують енергію зв'язку каталізатор – кисень для залізооксидного контакту. Закономірно, що селективності NO цих двох феритів близькі.

Граничне навантаження і «проскок» аміаку через шар каталізатора в критичних умовах перебігу процесу окислення аміаку каталізатора є важливими характеристиками. Вони корелюють з величиною питомої поверхні контактів. Зі збільшенням питомої поверхні з'єднань їх граничне навантаження зростає, а «проскок» аміаку зменшується.

Граничне навантаження каталізаторів, як феритів, так і простих оксидних систем, збільшується зі зростанням їх питомої поверхні високу питому поверхню Ферит кобальту має достатньо низьке значення ($1,38 \cdot 10^3 \text{ м}^3 \text{ NH}_3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$) з відносно низькою питомою поверхнею ($1,2 \text{ м}^2/\text{г}$).

Індивідуально ферит нікелю і ферит кобальту не можуть використовуватися як каталізатори високотемпературного окислення аміаку через відносно низьку селективність за NO. Але в багатокомпонентних системах на основі оксиду заліза (III) добавки NiO можуть застосовуватись.

Отримані дані про фізико-хімічні та каталітичні властивості каталізаторів систем $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MeO}$, де Me – Co і Ni та взаємозв'язок між ними можуть бути використані в практиці створення вискоефективних неплатинових каталізаторів високотемпературного окислення аміаку.

Список використаних джерел

1. Роменський О. В., Каштанов О. Є., Осиченко Є. В. [та ін.]. Каталітичне окислення аміаку у виробництві азотної кислоти. *Хімічна промисловість України*. 2001. № 5. С. 3–4.
2. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л., ЛОБОЙКО О. Я., ГРИНЬ Г. І. [та ін.]. Технологія зв'язаного азоту: підруч. для студентів вищих навч. закл. – Х. : НТУ «ХПІ», 2007. 536 с.
3. Sadykov V. A., Isupova L. A., Zolotarskii I. A. Oxide catalysts for ammonia oxidation in nitric acid production: properties and perspectives. *Applied Catalysis A: General*. 2000. Vol. 204. Iss. 1. P. 59–87.

УДК 547.542

ПЕРЕДБАЧЕННЯ БУДОВИ МОЛЕКУЛ ГАЛОГЕНОПОХІДНИХ N-АЛКІЛНАФТАЛІМІДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КВАНТОВО-ХІМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ

Науменко Володимир Олександрович,

студент 3 курсу, групи ПХ-32,

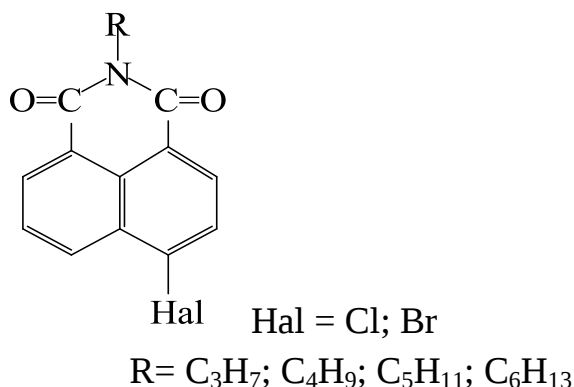
Куленко Олена Анатоліївна,

старший викладач,

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

chemikulenko@gmail.com

У ході дослідження закономірностей відновлення N-алкілнафталімідів та їх хлоро- і бромопохідних на ртутному катоді, ми провели квантово-хімічні розрахунки розподілу електронної густини та повної енергії молекул та їх аніон-радикалів.



Напівемпіричний метод PM3 [4], реалізований у програмному комплексі ORCA [2], нами був використаний для проведення квантово-хімічних розрахунків. Цей метод є ефективним для дослідження більшості органічних сполук, зокрема тих, що містять атоми Хлору та Броду [5], і не потребує значних обчислювальних ресурсів. Програма Avogadro [6] використовувалася для створення первинних моделей молекул, а отримані координати атомів слугували основою для пакету завдань для програми ORCA. Для кожної системи проводилася оптимізація геометрії з подальшим розрахунком повної енергії та зарядів на атомах (за методом Маллікена [2, 3]) для знаходження структури з мінімальною енергією.

З тридцяти двох систем, що розглядалися (16 молекул та 16 аніон-радикалів), на рисунках 1–3 наведено результати розрахунків зарядів на атомах для восьми з них.

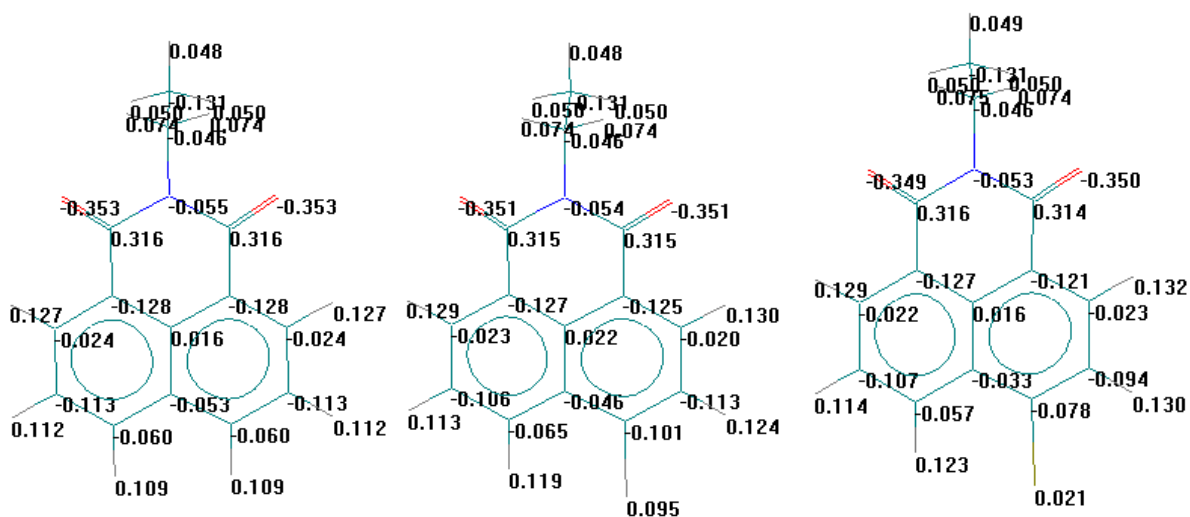


Рисунок 1 – Заряди на атомах (за Маллікеном) у молекулах *N*-етилнафталіміду та його хлор- і бромпохідних (зліва направо відповідно)

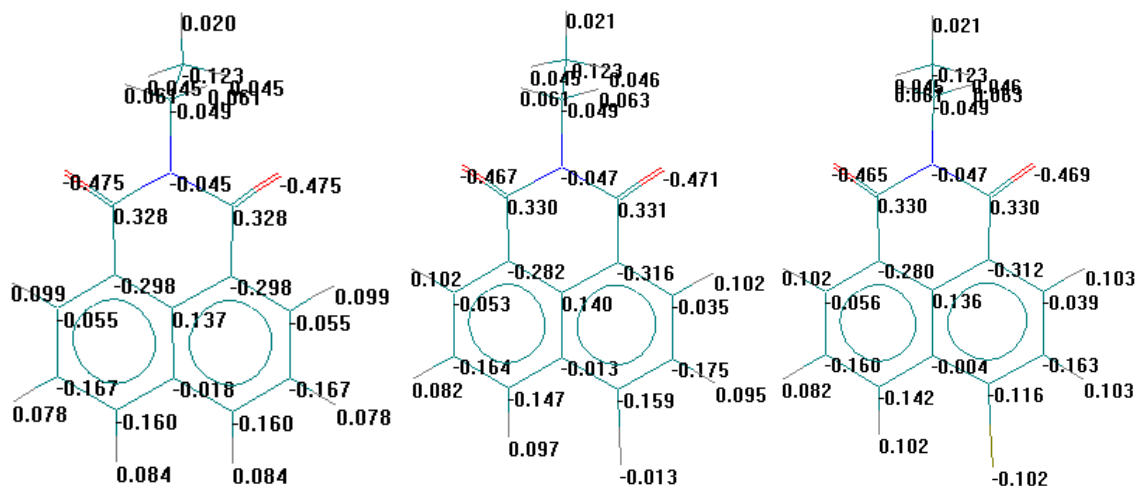


Рисунок 2 – Заряди на атомах (за Маллікеном) у аніонрадикалах *N*-етилнафталіміду та його хлор- і бромпохідних (зліва направо відповідно)

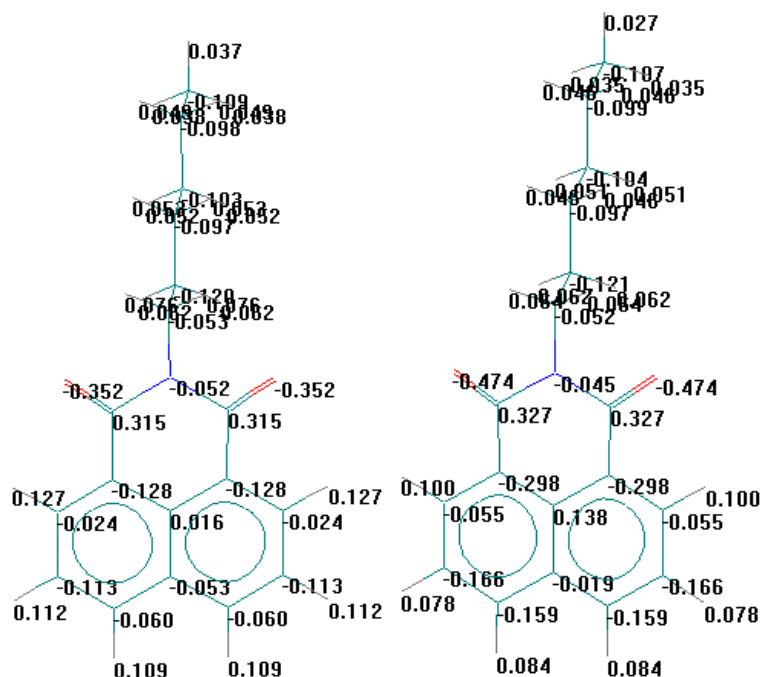


Рисунок 3 – Заряди на атомах (за Маллікеном) у молекулі (зліва) і аніон радикалі *N*-гексилнафталіміду

Аналіз результатів дослідження (рис. 1–3) свідчить про те, що як заміщення атома Гідрогену на Хлор або Бром у четвертому положенні нафталінового ядра, так і модифікація радикалів біля атома Нітрогену, не призводять до значних змін у розподілі електронної густини в імідному фрагменті $-\text{CO}-\text{NR}-\text{CO}-$. Таким чином, можна стверджувати, що перерозподіл електронної густини в цій області не є визначальним фактором, що впливає на зміну потенціалу півхвилі під час відновлення галогенпохідних *N*-алкілнафталімідів.

Дослідження розподілу зарядів у цих молекулах та їх відповідних аніон-радикалах виявило, що додатковий електрон розподіляється по всій когорті спряжених π -зв'язків. Найбільша концентрація негативного заряду спостерігається на атомах С-1 та С-8 нафталінового ядра, а також на атомах O_2 , де акумулюється більше половини всього надлишкового негативного заряду. Значне збільшення негативного заряду також фіксується на атомах С-4 та С-5 нафталінового ядра, а також на атомах Cl_2 або Br_2 у відповідних представників галогенопохідних *N*-алкілнафталімідів. Ця делокалізація електрона в аніон-радикалах, ймовірно, є основною причиною їх підвищеної стабільності всієї енергетичної системи.

Результати розрахунку повної енергії аніон-радикалів та молекул та наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вивчені енергетичні властивості молекул і відповідних аніон-радикалів галогенпохідних *N*-алкілнафталімідів та їх хлор- і бромпохідних та потенціали півхвилі відновлення цих сполук на ртутному катоді

R	X	Повна енергія (ккал/моль)		ΔE (ккал/моль)	ΔE (кДж/моль)	Потенціал $E_{1/2}$ (В)
		Молекула	Аніон-радикал			
C ₂ H ₅	H	-59444,93	-59493,03	-48,10	-201,1	0,88
	Cl	-66394,80	-66446,79	-51,99	-217,4	0,75
	Br	-67238,65	-67291,68	-53,03	-221,8	0,75
C ₃ H ₇	H	-62893,31	-62941,61	-48,30	-202,0	0,85
	Cl	-69843,17	-69895,35	-52,18	-218,2	0,76
	Br	-70687,03	-70740,24	-53,22	-222,5	0,78
C ₄ H ₉	H	-66341,85	-66390,22	-48,38	-202,3	0,9
	Cl	-73291,71	-73343,96	-52,25	-218,5	0,65
	Br	-74135,56	-74188,85	-53,28	-222,8	0,78
C ₅ H ₁₁	H	-69790,42	-69838,87	-48,45	-202,6	0,92
	Cl	-76740,28	-76792,60	-52,32	-218,8	0,81
	Br	-77584,14	-77637,49	-53,35	-223,1	0,79
C ₆ H ₁₃	H	-73239,00	-73287,49	-48,49	-202,8	0,95
	Cl	-80188,86	-80241,22	-52,36	-219,0	0,79
	Br	-81032,71	-81086,10	-53,39	-223,3	0,79

Як видно з таблиці 1, утворення аніон-радикалу є екзотермічним процесом, оскільки повна енергія зменшується при переході від молекули до аніон-радикалу. Різниця в енергії (ΔE) між незаміщеними молекулами та їх хлоро- і бромпохідними становить 16 кДж/моль та 20 кДж/моль відповідно. Більш висока стабільність аніон-радикалів галогенопохідних, ймовірно, зумовлена тим, що атом галогену сприяє делокалізації та приймає на себе значну частину (до 10%) заряду додаткового електрона.

Експериментально спостерігається зменшення потенціалу півхвилі внаслідок додаткової стабілізації аніон-радикала. Зі значень $E_{1/2}$, представлених в таблиці, видно, що потенціал відновлення галогенопохідних щонайменше на 0,1 В нижчий, ніж у відповідних незаміщених сполук.

Графічно залежність між енергією стабілізації аніон-радикалу та потенціалом відновлення речовини представлена на рисунку 4.

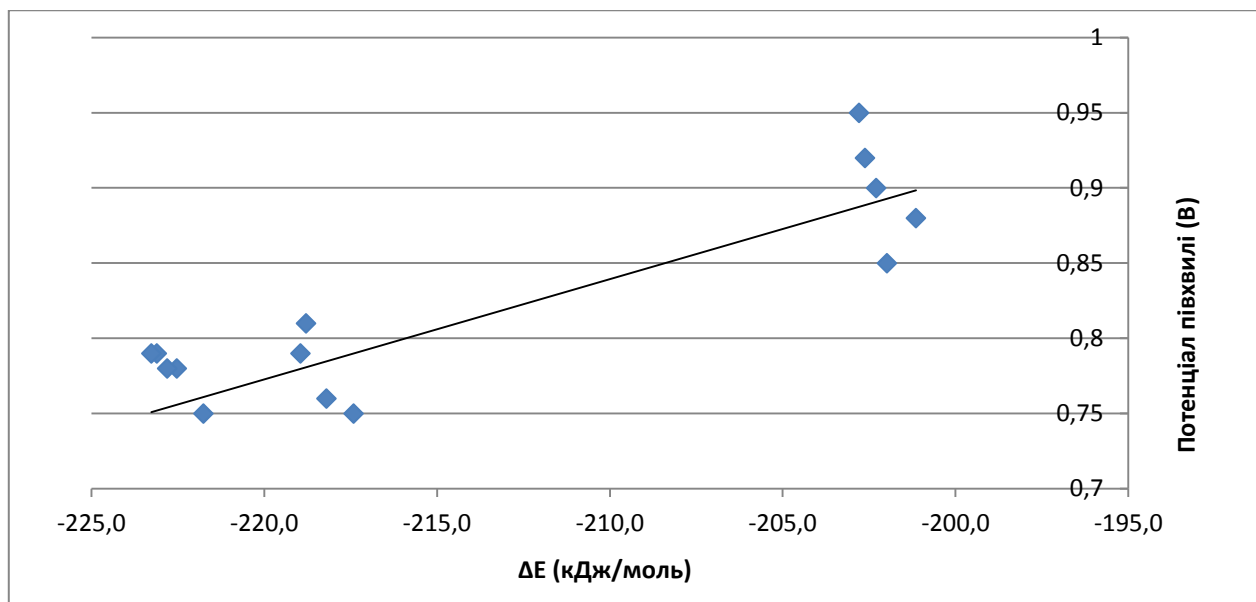


Рисунок 4 – Співвідношення між потенціалом відновлення речовини та розрахованою енергією стабілізації аніон-радикалу

Вплив алкільного радикалу на енергію стабілізації аніон-радикалу, за результатами розрахунків, є незначним. Відповідна зміна потенціалу відновлення настільки мала, що її неможливо зафіксувати експериментально через похибку вимірювання.

Список використаних джерел

1. Анікін В. Ф., Федько Н. Ф. Синтез проміжних продуктів ацилювання первинних амінів нафталевими ангідридами. *Вісник Одеського національного університету. Серія хімія*. 2003. Т. 8. Вип. 7. С.40–45.
2. Ведута В. В. Стереохімія приєднання бромів до аценафтилену та його похідних : автореф. дис. канд. хім. наук: 02.00.03. НАН України, Фіз.-хім. ін-т ім. О. В. Богатського. О., 2000. 16 с.
3. Зінчук В. К. Фізико-хімічні методи аналізу. Львів : ЛНУ, 2008. 362 с.
4. Стрижак П. Є. Квантова хімія. К. : «Києво-Могилянська академія», 2009. 458 с.
5. Федько Н. Ф. Методи синтезу похідних нафталіміду та їх використання як аналітичних реагентів. *Вісник ОНУ*. 2007. Том 12. Вип. 10. С. 82–88.
6. Федько Н. Ф., Ведута В. В. Синтез продуктів імідування 4,5-дизаміщених нафталевих ангідридів ароматичними амінокислотами : збірник наукових праць: XVIII наукова конференція «Львівські хімічні читання – 2021». Львів, 31 травня – 02 червня 2021 року. Львів : Видавництво від А до Я, 2021. С. 347.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ БІОСУМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОТЕЗУВАННЯ КІСТОК ЛЮДИНИ

Фесенко Олексій Ігорович,

кандидат технічних наук, старший викладач,

Тюріна Оксана Ігорівна,

здобувачка освіти другого (магістерського) рівня,

Цапко Ігор Сергійович,

здобувач освіти першого (бакалаврського) рівня,

Климов Максим Володимирович,

здобувач освіти третього рівня,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Oleksii.Fesenko@kname.edu.ua

Історія розвитку матеріалів для протезування втрачених тканин, органів та кінцівок має славетну історію, яка почалась, ще за часів Стародавнього Єгипту. Як і в інших областях науки і техніки, деякі винаходи знаходили свій розвиток та застосування, а деякі, так і залишились на узбіччі історії.

Серед внутрішніх систем та органів, для яких людство накопичило найбільшу кількість розробок матеріалів для заміщення можна виділити 4 групи, а саме: крупні кістки, тазо-стегновий суглоб, щелепно-лицьова та зорова системи. В залежності від рівнів розвитку суспільства, економіки держави та медичного забезпечення населення, системи захисту навколишнього середовища, здоров'я нації та інших факторів на різних етапах розвитку суспільства та в різні часові проміжки серед пацієнтів може домінувати потреба у тих чи інших матеріалах.

За останні три роки в Україні, у зв'язку із широкомасштабним вторгненням країни-агресора, постійним обстрілом цивільної інфраструктури та широким застосуванням зброї масового ураження, зросла кількість пацієнтів (військового контингенту та цивільного населення), як і потреба в неевартісних та ефективних біосумісних матеріалів для заміщення втрачених чи пошкоджених кісткових тканин і в першу чергу кісток нижніх кінцівок.

Метою даної роботи є визначення особливостей розробки біосумісних матеріалів для протезування кісток людини.

При проектуванні інноваційних біосумісних матеріалів для заміщення втраченої чи пошкодженої кісткової тканини, на сучасному рівні розвитку науки і техніки, дотримуються трьох ключових принципів – відтворення неорганічного складу природної кістки, її структури та максимальне наближення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей матеріалу до

відповідних показників кістки. За останні п'ять-сім десятиліть, в області відтворення складу природної кістки та її властивостей досягнуто значних результатів [1–3], а ось проблема відтворення структури природної кістки набула інтенсивного розвитку лише в останні два десятиліття [4, 5]. Це пов'язано, в першу чергу, зі складною та ієрархічною будовою кісток скелету людини, адже вони є живою тканиною, яка росте, змінюється, відновлюється та оновлюється. В організмі людини скелетна система (рис. 1), до якої входять усі кістки виконує ряд важливих функцій, які визначають, як форму кісток, так і їх структуру (рис. 2).

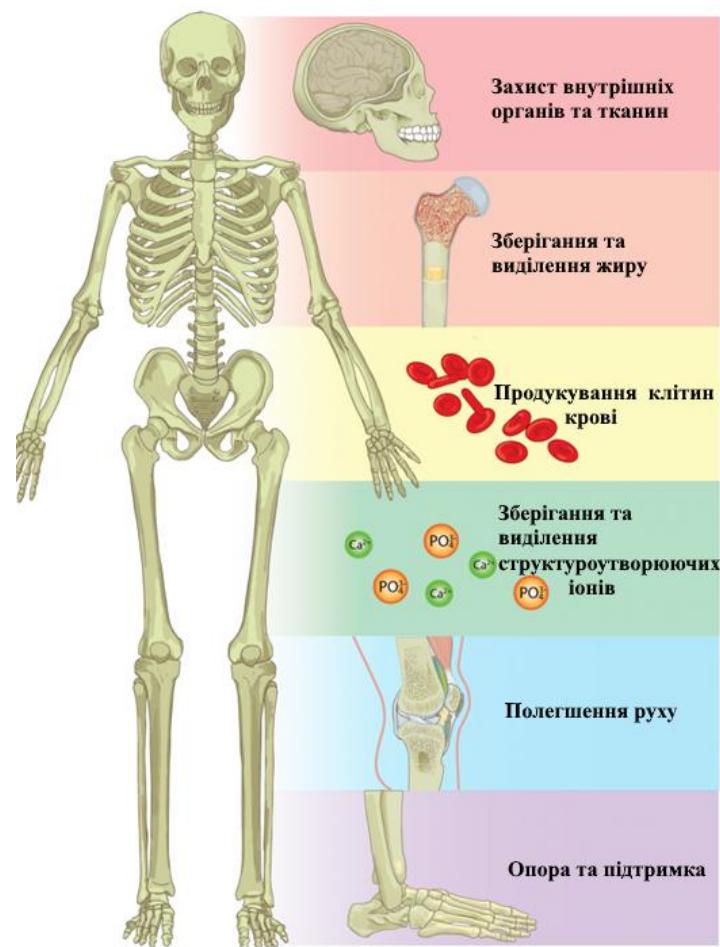


Рисунок 1 – Основні функції скелету людини [6]

Кісткова тканина відноситься до сполучного типу тканин оскільки вона містить відносно мало клітин і велику кількість позаклітинного матриксу. Сам же матрикс складається на 1/3 із колагенових волокон і на 2/3 з кристалів апатитів, які розміщені на поверхні колагенових волокон. Кристали апатитів утворюються в процесі рекристалізації фосфатів та карбонатів кальцію та можуть вміщувати домішки інших неорганічних солей, зокрема гідроксиду, фториду чи сульфату магнію. Кристали апатитів, зокрема гідроксиapatиту,

який є основним представником неорганічної складової природної кістки, надають кісткам твердість і міцність, а колагенові волокна – пружності та гнучкості.

<i>Тип</i>	<i>Особливості будови</i>	<i>Функції</i>	<i>Приклади</i>
Довга кістка 	Форма циліндра, довжина більша за ширину	Рух, опора	Стегнова, великогомілкова, малогомілкова, плесна, плечова, ліктьова, променева, п'ясткові кістки, фаланги
Коротка кістка 	Кубоподібна форма, приблизно однакова за довжиною, шириною та товщиною	Забезпечує стабільність, підтримку, водночас дозволяючи деякий рух	Зап'ястки, плесна
Плоска кістка 	Тонка і вигнута форма	Точки прикріплення м'язів, протектори внутрішніх органів	Грудна кістка, ребра, лопатки, кістки черепа
Неправильної форми 	Складна форма	Захист внутрішніх органів, рух, опора	Хребці, кістки обличчя
Сезамоподібна кістка 	Маленький і круглий; вбудовані в сухожилля	Захищають сухожилля від надмірних зусиль, дозволяють ефективно працювати м'язам	Колінна чашечка

Рисунок 2 – Типи кісток, їх особливості та функції

Довга кістка складається із двох частин, які поєднані метафізом [6]:

- діяфіз, який має форму порожнистого трубчастого стрижня, зовнішні стінки якого складаються з щільної і твердої компактною кістки, який проходить між проксимальним і дистальним кінцями кістки (рис. 3, а). Усередині нього знаходиться медулярна порожнина заповнена кістковим мозком (рис. 3, б, в);
- епіфіз, який представлений більш широким відділом на кожному кінці кістки, який заповнений зсередини губчастою кісткою (рис. 3, г).

До складу більшості кісток організму людини входять, як компактна, так губчаста кісткові тканину, але їх розподіл і концентрація змінюються залежно від загальної функції кістки. Хоча обидва типи кісткової тканини складаються з однакових матеріалів матриці та клітин, але їх структура та, як наслідок властивості, кардинально різні. Компактна кістка є щільною (малопористою) та забезпечує конструкційну міцність кістки, а губчаста кістка має значну

кількість пор, які заповнюють об'єм кістки, та здатність до структурної перебудови, в залежності від функціонального призначення кістки.

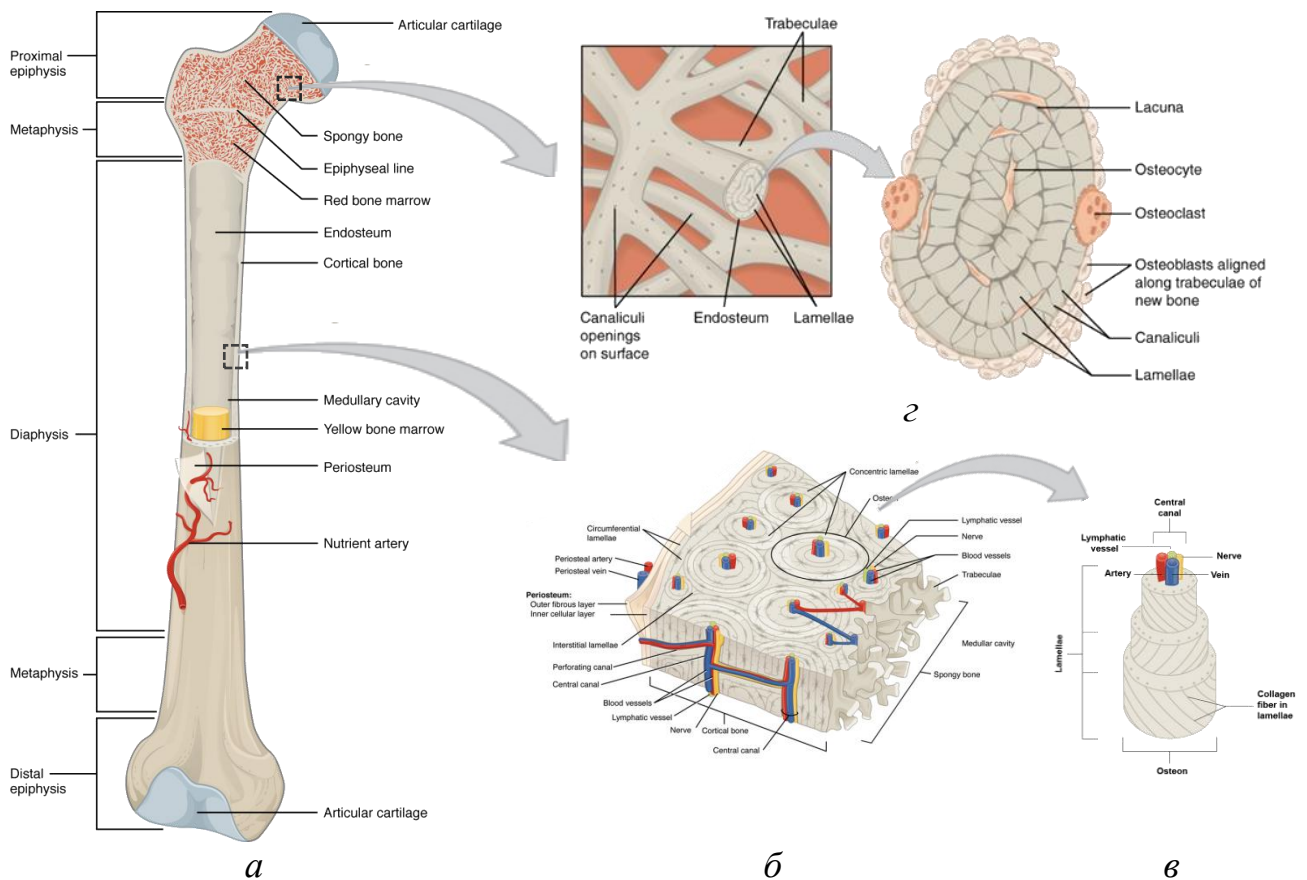


Рисунок 3 – Будова довгої кістки та структура її складових [6]

На мікрорівні компактна кістка являє собою високоорганізоване розташування концентричних кіл (рис. 3, б) – остеонів – структурних одиниць цього типу кістки, схожих на стовбур дерева. Кожне кільце остеона (рис. 3 в) декількох шарів лемелей (пластинок), які складається з колагену та кальцифікованого матриксу [6]. Перпендикулярне розташування колагенових волокон у сусідніх шарах лемелей забезпечують стійкість усього остеону до скручування. Центральна частина кожного остеона має порожнину через яку проходять кровоносні судини, нерви та лімфатичні судини. Наявність каналців у просторі між ламелями та остеонами дозволяє забезпечити транспортування, поміж непроникного матриксу, поживних речовин до спеціальних клітин – остеоцитів, які відповідають за процеси ремінералізації кістки.

За аналогією із компактною кісткою, губчаста кістка також містить ламелі. Проте характер їх розташування кардинально інший – вони формують видовжені та хаотично розміщені трабекули, які складають тривимірну мережу матриксних шипів (рис. 3, г). Хоч і на перший погляд, ця мережа є хаотичною, проте вони формуються вздовж ліній напруг при навантаженні кістки для

перерозподілення навантаження до більш міцної компактної кістки. Крім передачі навантаження губчаста кістка дозволяє зменшити масу кістки, а її пористість в деяких кістках містить червоний кістковий мозок, який забезпечує процес кровотворення.

Саме тому, для відтворення структури природної кістки необхідним є створення біосумісного матеріалу придатного до створення виробів із різним типом пористості та з заданим характером розміщення пор. У різних наукових роботах, в яких автори досліджували різні типи кісткових тканин можна зустріти різні вимоги до пористості таких матеріалів, але в найбільш широкому діапазоні їх можна сформулювати наступним чином: компактна кістка з пористістю від 10 до 30 об. % та з діаметром пор від 5 до 100 мкм, губчаста – від 70 до 90 об. %, від 100 до 1000 мкм.

Забезпечення необхідної пористості матеріалів дозволить відтворити необхідні функціональні властивості кістки та створити умови для протікання природних процесів її відновлення, що дозволить скоротити період реабілітації пацієнтів, збільшити кількість успішних імплантацій та зменшити кількість ампутацій кінцівок.

Отже, на основі проведених досліджень, можна зробити висновок, що одним із основних факторів розробки ефективних біосумісних матеріалів для протезування кісток є можливість створення на їх основі матеріалів з функціональною пористістю.

Список використаних джерел

1. Іванченко Л. А., Фальковська Т. І., Даниленко Н. В. [та ін.]. Структура та деякі властивості високопористої склокераміки, яка вміщує біологічний гідроксиапатит. *Порошкова металургія*. 1999. № 9. С. 24–31.
2. Jones J. R. Review of bioactive glass: from Hench to hybrids. *Acta Biomater*. 2013. Vol. 9. No 1. P. 4457–4486.
3. Саввова О. В., Воронов Г. К., Фесенко О. І. [та ін.]. Біоактивні матеріали для регенерації кісткової тканини : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 142 с.
4. Willerth S. M., Sakiyama-Elbert S. E. Approaches to neural tissue engineering using scaffolds for drug delivery. *Adv. Drug. Deliv. Rev.* 2007. Vol. 59. No 4–5. P. 325–338.
5. Belyakov A. V., Lukin E. S., Safronova T. V. [et al.]. Porous materials made from calcium phosphates (Review). *Glass Ceram.* 2008. Vol. 65. P. 337–339.
6. Bone Tissue and the Skeletal System. (Режим доступу: <https://open.oregonstate.education/aandp/chapter/6-1-the-functions-of-the-skeletal-system/>).

ПОРИСТІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ БАГАТОШАРОВОЇ СТРУКТУРИ

Кольцова Ярослава Іванівна,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,
Український державний університет науки і технологій
ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет»
kolyariv@ukr.net

Важливим напрямком підвищення енергозбереження та забезпечення енергоефективності теплозахисних конструкцій будівель і споруд є застосування пористих теплоізоляційних матеріалів, зокрема, піноскла. Піноскло за ефективним поєднанням фізико-технічних та експлуатаційних властивостей не має альтернативи серед широкого спектру сучасних теплоізоляційних матеріалів. Але висока вартість сировинних матеріалів та подорожчання енергоносіїв для здійснення технологічних процесів спучування скломаси обумовлюють низький рівень економічної рентабельності виробництва та підвищену вартість, що вимагає розробки і впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Перспективним напрямком вирішення техніко-економічних проблем виробництва піноскломатеріалів будівельного призначення є розробка технологій, які передбачають мінімальне використання природних сировинних матеріалів із переважним застосуванням вторинних і техногенних продуктів виробництв різних галузей промисловості, хіміко-мінералогічний склад яких сприяє інтенсифікації процесів газоутворення і забезпечує формування пористої та механічно міцної структури матеріалу.

Незважаючи на існуючий досвід щодо використання різних видів утилізованої сировини [1, 2], технологія отримання піноскломатеріалів залишається складною та енергоємною, а проблема підвищення конструктивних властивостей піноскломатеріалів при збереженні їх низької об'ємної ваги є актуальною практичною задачею.

У даній роботі з метою підвищення теплоізоляційно-конструкційних властивостей піноскломатеріалів запропоновано створення багатошарової структури композиту, в якій кожний шар буде відрізнятись за щільністю і механічною міцністю, а комбінація шарів виробу з градієнтною структурою дозволить спрямовано регулювати формування комплексу необхідних фізико-механічних властивостей за рахунок варіювання виду і кількості композиційних сумішей окремих шарів.

Для виготовлення дослідних пористих склокристалічних матеріалів (ПСКМ) використовували бій скла, а як газоутворювачі – суглинки та шлаки

металургійних підприємств в різних кількостях. Сировинні суміші готували сухим помелом у кульовому млині. Випал зразків здійснювали в інтервалі температур 750–850 °С. Встановлено, що найбільш оптимальною структурою з точки зору однорідності ($K_n = 0,27\text{--}0,39$) та низької об'ємної ваги (330 кг/м³) є зразок, який складається з трьох шарів.

Для дослідного матеріалу визначали міцність на стиск при прикладенні навантаження вздовж шарів та перпендикулярно. Результати досліджень показали, що при однаковій об'ємній вазі матеріалу при прикладенні навантаження вздовж шарів зразків їх міцність на стиск є більшою (в середньому 3,97 МПа), ніж при прикладенні перпендикулярно – в середньому 2,19 МПа. Це пояснюється тим, що середній шар, який містить в якості газоутворювача мартенівський шлак, має менший коефіцієнт неоднорідності і приймаючи на себе основне навантаження здійснює йому більший опір, не даючи руйнуватися іншим шарам, які є менш міцними та більш неоднорідними за пористістю. При цьому два зовнішні шари, які містять в якості газоутворювача суглинок, маючи малу об'ємну вагу (290 кг/м³) та низький коефіцієнт теплопровідності (0,05 Вт/(м·град)) будуть чинити опір теплопередачі. Коефіцієнт теплопровідності такого шаруватого матеріалу становить 0,056 Вт/(м·град).

Таким чином, проведеними дослідженнями показана можливість отримання шаруватих ПСКМ з підвищеною міцністю та низькими об'ємною вагою і теплопровідністю за одностадійним режимом випалу з використанням недефіцитної природної та вторинної сировини.

Список використаних джерел

1. Guo Y., Zhang Y., Huang H. [et al.]. Novel glass ceramic foams materials based on red mud. *Ceramics International*. 2014. № 40 (5). P. 6677–6683.
2. Fernandes H. R., Tulyaganov D. U., Ferreira J. M. F. Preparation and characterization of foams from sheet glass and fly ash using carbonates as foaming agents. *Ceramics International*. 2009. № 35 (1). P. 229–235.

КЕРОВАНА РОЗЧИННІСТЬ БІОАКТИВНИХ СТЕКОЛ – ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ЇХ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Македонська-Білих Олександра Миколаївна,

аспірантка,

Хоменко Олена Сергіївна,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Український державний університет науки і технологій

o.m.makedonska-bilykh@ust.edu.ua

o.s.khomenko@ust.edu.ua

Розробка біоактивних стекол з керованою розчинністю є актуальним напрямком у регенеративній медицині, де необхідне заміщення та відновлення кісткової тканини пацієнтів [1, 2]. Основною проблемою під час розробки та застосуванні таких біостекел є забезпечення оптимальної швидкості розчинення матеріалу, щоб він підтримував регенерацію тканини без передчасної деградації [3]. Супутнім фактором є також те, що підвищена розчинність може знижувати механічні властивості матеріалу і обмежувати його застосування в навантажених ділянках скелета.

Класичні склади біоактивних стекол лежать в оксидній системі $\text{SiO}_2\text{--Na}_2\text{O--CaO--P}_2\text{O}_5$ [1, 4] у якій кожен оксид відіграє значиму роль: SiO_2 забезпечує формування аморфної структури та утворення гідроксиapatиту (основного мінералу кістки), CaO сприяє іонному обміну та стимулює ріст кісткової тканини, Na_2O підвищує розчинність біоскла у біологічних рідинах і сприяє утворенню активного шару, а P_2O_5 необхідний для мінералізації та взаємодії з біологічними рідинами. Корегування фізико-хімічних, механічних та біологічних властивостей біостекел частіше за все здійснюють модифікацією їх складів оксидами різних металічних елементів [4, 5].

Метою роботи було поставлено дослідити вплив модифікуючих оксидів на температуру варки, розчинність і здатність до утворення гідроксиapatиту у біостеклах. В якості базового було обрано скло S53P4, до якого вводили SrO , ZnO та B_2O_3 (понад 100 %) як сумісно, так і окремо. Результати наведені в таблиці 1.

Введення SrO до 5 мас. % дозволило знизити температуру варки скла з 1360 до 1320 °C. Більш ефективними виявились добавки B_2O_3 до 10 мас. % та ZnO до 5 мас. % – температури варки стекол знизились відповідно до 1270 і 1295 °C. Всі стекла були однорідні і прозорі.

Природа модифікуючих оксидів чинить безпосередній вплив і на біологічну активність дослідних стекол. Так, найбільшу розчинність за 14 діб

витримки у розчині Рінгера мали біостекла, до яких вводили максимальну кількість B_2O_3 – втрати маси біоскла складали до 10,4 мас. %, та $B_2O_3 + SrO$ – втрата маси до 5,2 мас. % відповідно. Наявність оксидів стронцію і цинку стримувала розчинення біостекол і стимулювала утворення гідроксиапатиту.

Таблиця 1 – Характеристики активності дослідних біостекол

№ скла	Температура варки, °C	Вміст оксидів (понад 100 %), мас. %			Характеристики активності*	
		SrO	B_2O_3	ZnO	Втрата маси, %	Наявність Ha
базове	1360	–	–	–	2,9	+
3	1320	5,0	–	–	3,2	+++
4	1308	2,5	5,0	–	5,2	+
5	1270	–	10,0	–	10,4	+
8	1283	–	5,0	2,5	4,1	+
9	1308	–	–	5,0	3,0	++

«+» наявність і інтенсивність утворення гідроксиапатиту

* після 14 діб витримки у розчині Рінгера

Таким чином, біоактивні стекла з керованою розчинністю мають значний потенціал у медицині: їх розробка та впровадження потребують подолання низки наукових і технологічних викликів. Проте для таких напрямків, як дитяча ортопедія та системи доставки ліків, де незамінною є керована розчинність, дані дослідження можуть стати суттєвим підґрунтям.

Список використаних джерел

1. Chandra G., Pandey A. Biodegradable bone implants in orthopedic applications: a review. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*. 2020. Vol. 40. Iss. 2. P. 596–610.
2. Vallet-Regi M., Salinas A. J. Mesoporous bioactive glasses for regenerative medicine. *Mater. Today Bio*. 2021. No. 11. P. 100121.
3. Савцова О. В., Воронов Г. К., Фесенко О. І. [та ін.]. Біоактивні матеріали для регенерації кісткової тканини: навч. посібник : Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 2021, 142 с.
4. Savvova O. V., Fesenko O. I., Voronov H. K. [et al.]. Study of mineralization of lithium calcium phosphosilicate glass ceramics in vivo during bone tissue regeneration. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2023. No. 4. P. 83–93.
5. Савцова О. В., Бабіч О. В., Фесенко О. І. [та ін.]. Біологічно-активні склокристалічні матеріали медичного призначення: монографія. Харків : ТОВ «ПЛАНЕТА-ПРИНТ», 2018. 132 с.

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ОДЕРЖАННЯ БІОСУМІСНИХ ІМПЛАНТАТІВ НА ОСНОВІ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Бабіч Олена Вікторівна,
кандидат технічних наук, доцент, старший дослідник,
Тимошук Максим Ігорович,
аспірант,
Фірсов Сергій Сергійович,
аспірант,
Гопко Андрій Олексійович,
аспірант,
Лиска Анастасія Сергіївна,
бакалавр,
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
Anastasiia.Lyska@kname.edu.ua

Розробка нових видів біосумісних імплантатів для заміщення та відновлення кісткової тканини є сучасним напрямком розвитку біоматеріалознавства та актуальною задачею науки і технології у світі. Для України в сучасних умовах військових дій направлення спрямоване на розробку та впровадження нових вітчизняних біосумісних імплантатів є особливо актуальним і важливим.

На сьогоднішній день у більшості випадків використовуються біоактивні імплантати імпортного походження, а саме керамічні матеріали, які мають ряд недоліків, основні з яких це – невідповідні механічні властивості до таких для кістки та відносно тривалий термін зрощування, що впливатиме на якість, ефективність та період реабілітації. Кераміка має нижчі механічні властивості у порівнянні з полімерами і металевими імплантатами, але на відміну від них вищу біоактивність і біосумісність [1].

З погляду на літературні дані доцільним вирішенням цієї проблеми є синтез біоактивних склокристалічних матеріалів на основі кальційсилікофосфатних стеклов, з скороченим строком зрощування з кісткою під дією і статичного і динамічного навантаження [2].

Сам механізм взаємодії біостеклов з живою кістковою тканиною має 12 стадій, перші п'ять з яких проходять швидко на поверхні матеріалу завдяки інтенсивному іонному обміну, резорбції структури, полімеризації силікагелю та процесу хемосорбції. Перелічені процеси приводять до утворення (кристалізації) поверхневого шару гідроксиапатиту, який є високобіологічно активним завдяки своєму складу та структурі, які є відповідними до біологічного апатиту (мінеральна фаза кістки). Подальші процеси, включаючи

адсорбцію факторів росту та синхронізовану послідовність клітинних подій, які приводять до утворення нової кісткової тканини [3].

За дослідженнями [4] допінг біоактивних скломатеріалів різними іонами (CuO , ZnO , Ag_2O , Fe_2O_3 , TiO_2 , SrO , MgO , CoO тощо) сприяє більш ефективному протіканню ангиогенезу або остеогенезу, що приводить до покращених властивостей для конкретних застосувань. Використання склокераміки на основі біоактивних стекол є перспективним напрямком для регенерації кісток завдяки поєднанню властивостей: склоподібної матриці до резорбції у фізіологічних розчинах та кристалічних фаз – армування структури матеріалів, що є необхідним при одержанні імплантату для навантажувальних ділянок кістки.

Під час розробки біоактивних склокристалічних матеріалів необхідним етапом є проектування відповідного складу вихідних стекол для подальшого отримання в процесі термічної обробки біоактивних кристалічних фаз та кристалічних фаз, які відповідають за підвищення механічні властивості [5].

Дослідження розчинності біосумісних склокристалічних матеріалів проводять з метою встановлення фізико-хімічних процесів формування апатитоподібного шару на їх поверхні *in vitro* для прогнозування можливої поведінки дослідних матеріалів в умовах середовища організму *in vivo*.

У рамках цієї роботи було проведено порівняльний аналіз резорбції *in vitro* та механічних властивостей (K_{1C}) вихідного біоактивного скла системи $\text{Li}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{ZrO}_2-\text{TiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ та склокристалічного матеріалу, синтезованого на його основі.

Дослідження матеріалів *in vitro* проведено у 4 розчинах: дистильована вода (ДВ) протягом 30 діб, буферний розчин лимонної кислоти (ЛК), як експрес-метод – 5 діб, 10 % розчин альбуміну (РА) – 30 діб та модельний розчин організму (МРО) – 30 діб. Тріщиностійкість (K_{1C}) визначали за ISO 9385-2013.

Одержані дані свідчать (табл. 1), що наявність кристалічної фази, яка міцно зв'язує лужні та лужноземельні катіони, суттєво знижує розчинність у ДВ та ЛК, при цьому приріст маси після витримки в МРО майже однаковий для дослідних матеріалів за рахунок включення до процесів біоактивної кристалічної фази. Значне підвищення тріщиностійкості матеріалів K_{1C} , яке визначає довговічність склокристалічних матеріалів як імплантатів, для склокристалічного матеріалу у порівнянні з вихідним склом вказує на перспективність використання склокристалічного матеріалу для подальших досліджень направлених на створення біосумісного імплантату для ендопротезування.

За результатами порівняльний аналізу резорбції *in vitro* та механічних властивостей (K_{1C}) вихідного біоактивного скла системи $\text{Li}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{ZrO}_2-\text{TiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ та склокристалічного матеріалу синтезованого на його основі, встановлено, що наявність одночасно біоактивних кристалічних фаз та фаз армуючих структуру кристалічних фаз у структурі склокристалічного матеріалу сприяє формуванню апатитоподібного шару на поверхні *in vitro* та підвищення механічних властивостей з $1,25 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ до $2,15 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, що є необхідним при одержанні імплантату для навантажувальних ділянок кістки.

Таблиця 1– Резорбція та механічні властивості дослідних матеріалів

Матеріали	Втрати маси, мас. %			Приріст маси (МРО), мас. %	K_{1C} , $\text{МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$
	ДВ	РА	ЛК		
Вихідне скло	0,13	0,2	0,18	0,15	1,25
Склокристалічний матеріал	0,06	0,15	0,09	0,13	2,15

Список використаних джерел

1. Fiume E., Barberi J., Verné E. [et al.]. Bioactive glasses: from parent 45S5 composition to scaffold-assisted tissue-healing therapies. *J. Funct. Biomater.* 2018. № 9(1). 24.
2. Savvova O., Fesenko O., Hopko A. [et al.]. Influence of structure of the scaffold based on glass-ceramic materials on mechanical properties bone tissue engineering. *Smart Technologies in Urban Engineering Lecture Notes in Networks and Systems.* 2023. P. 413–425.
3. Martelli A., Bellucci D., Cannillo V. Additive manufacturing of polymer/bioactive glass scaffolds for regenerative medicine: a review. *Polymers.* 2023. № 15(11). 2473.
4. Ningsih H. S., Liu Yu-C, Chen J.-W. [et al.]. Effects of strontium dopants on the in vitro bioactivity and cytotoxicity of strontium-doped spray-dried bioactive glass microspheres. *Journal of Non-Crystalline Solids.* 2022. Vol. 576. 121284.
5. Savvova O. V., Fesenko O. I., Voronov H. K. [et al.]. Study of mineralization of lithium calcium phosphosilicate glass ceramics in vivo during bone tissue regeneration. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii.* 2023. №. 4. P. 83–93.

ВЛАСТИВОСТІ КАЛЬЦІЄВО-ФОСФАТНОГО СКЛА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО ХІМІЧНОГО СКЛАДУ

Голеус Віктор Іванович,

доктор технічних наук, професор, професор,

Тищенко Данило Владиславович,

студент,

Український державний університет науки і технологій

holvik22@gmail.com

У сучасній медицині під час лікування захворювань та травм кісткової тканин широко використовуються керамічні, скловидні та склокристалічні кальцієво-фосфатні матеріали. Технологія одержання таких біоактивних матеріалів постійно вдосконалюється. Тому, під час розробки нових біосумісних матеріалів для кісткового ендопротезування та іншого функціонального призначення в медицині, корисною є узагальнена інформація про залежність властивостей кальцієво-фосфатного скла від його хімічного складу [1].

Мета роботи – експериментально-статистичними методами розробити математичні моделі для розрахунку фізико-хімічних властивостей кальцієво-фосфатного скла в залежності від його хімічного складу (табл. 1).

Для узагальнюючого опису залежності властивостей скла від його складу обрано формулу адитивності: $y = \sum a_i \cdot x_i$, де y – розрахункове значення властивості, a_i – адитивний коефіцієнт, x_i – вміст оксидного компонента в молярних долях. Значення адитивних коефіцієнтів розраховували методом множинної кореляції [2] з використанням експериментальних даних про хімічний склад і властивості скловидних матеріалів, які оприлюднені в електронній базі даних SciGlass [3].

Таблиця 1 – Хімічний склад дослідних стекол та їх властивості

№ з/п	Властивості скла	Межі вмісту компонентів у склі, мол. %								Граничні значення властивостей
		P ₂ O ₅	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	ZnO	Na ₂ O	
1	Молярний об'єм V, см ³ /моль	20–77	0–27	0–33	0–19	0–30	20–55	0–20	0–33	28–52,5
2	ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7$, 1/К	29–80	0–20	0–35	0–15	0–25	20–55	0–30	0–30	62–196
3	Температура склування t_g , °С	35–70	0–8	0–35	0–15	0–25	20–57	0–25	0–35	330–610
4	Мікротвердість H, ГПа	20–70	0–30	0–20	0–12	0–30	20–55	–	0–33	2,1–6,7
5	Модуль Юнга E, ГПа	32–70	0–15	0–35	0–10	0–30	25–55	–	0,22	16–84

У таблиці 1 подано інформацію про хімічний склад і властивості стекол, які були використані для розрахунку значень адитивних коефіцієнтів (табл. 2).

Таблиця 2 – Значення адитивних коефіцієнтів для розрахунку властивостей скла

№ з/п	Оксидний компонент скла	Молярний об'єм V_i , см ³ /моль	ТКЛР $\alpha_i \cdot 10^7$, 1/K	Температура склування t_{gi} , °C	Мікротвердість H_i , ГПа	Модуль Юнга E_i , ГПа
1	P ₂ O ₅	61,5	75,9	373,0	1,4	-3,9
2	SiO ₂	35,8	34,0	516,5	8,7	87,5
3	B ₂ O ₃	25,2	7,8	841,9	19,4	-36,9
4	Al ₂ O ₃	28,2	-38,3	1236,1	17,0	293,7
5	MgO	12,0	65,4	750,3	12,4	133,5
6	CaO	13,0	134,3	676,7	5,5	110,3
7	ZnO	11,1	51,6	212,8	—	—
8	Na ₂ O	20,2	390,0	42,1	2,5	142,4
9	Середньоквадратичне відхилення розрахункових значень властивостей від експериментальних					
	S_x	±0,5	±7,0	±17	±0,45	±3,5

Статистичний аналіз розроблених математичних моделей показав, що вони є адекватними і дають можливість оцінювати значення властивостей скла із середньоквадратичними відхиленнями розрахункових значень від експериментальних не більшими ніж ті, що вказані у таблиці 2. Вказана точність є достатньою для вирішення технічних задач, пов'язаних з розробкою нових складів біоактивних скловидних та склокристалічних матеріалів.

Список використаних джерел

1. Саввова О. В., Воронов Г. К., Фесенко О. І. [та ін.]. Біоактивні матеріали для регенерації кісткової тканини : навч. посібник ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 2021, 142 с.
2. Голеус В. І., Салей А. А. Властивості борно-силікатного скла та покриттів на його основі: монографія. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ. 2023, 139 с.
3. База даних SciGlass-7.7 [Електронний ресурс]: MDL Information System. – Shrewsbury: Institute of Theoretical Chemistry, 2009. (Режим доступу: <http://www.sciglass.info>).

ЕВКРИПТИТО-СПОДУМЕНОВІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Бражник Григорій Олександрович,

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,

Саввова Оксана Вікторівна,

док-р. техн. наук, проф., професорка, завідувачка кафедри,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Grygorii.Brazhnyk@kname.edu.ua

Подолання перешкод, що викликані обставинами знаходження України в надзвичайних умовах сьогодення, неможливість забезпечення контролю ефективного функціонування приладів електричного та електронного контролю потребує створення нових, нетрадиційних методів їх удосконалення. Для досягнення цієї мети необхідною стає розробка нових матеріалів, які відповідають певним технічним вимогам до матеріалів, які забезпечують ефективне їх використання. Хімічна стійкість, вологостійкість, міцність за стискання, на розрив, вигін, термічна стійкість, теплопровідність та нагрівостійкість є тими характеристиками матеріалів, що враховуються при їх використанні в якості діелектриків. Визначальною характеристикою, яка вказує на принципову можливість використання матеріалу є термічна стійкість, яка істотно залежить від значення термічного коефіцієнту лінійного розширення фаз (ТКЛР) та структури матеріалу.

Технологічна реалізація створення мікрокристалічної структури, малої кількості пор, порожнеч, крупних дефектів надає перевагу використання склокристалічних матеріалів для діелектричної ізоляції електричних приладів перед іншими. Проектування фазового складу склокристалічного матеріалу, вказує на раціональність використання фаз сподумену та евкриптиту, які характеризуються низькими значеннями ТКЛР за температур до 1 200 °С: для β-сподумену він складає близько $(+9 \cdot 10^{-7})$ 1/°С, а для β-евкриптиту досягає $(-90 \cdot 10^{-7})$ 1/°С [1].

Мета роботи полягала в розгляді особливостей будови діаграми стану системи $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ для подальшого використання при розробці матеріалів евкриптито-сподуменового складу.

На рисунку 1 наведена діаграма стану системи $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, на якій вказано подвійні сполуки, окрім Li_5AlO_4 , а також потрійні сполуки. Для останньої характерно утворення неперервних твердих розчинів з SiO_2 , у разі сподумену К-ряд сподуменових (кінцевий член ряду кітит) розчинів, у разі евкриптиту О-ряд евкриптитових (кінцевий член ряду кварц) твердих розчинів.

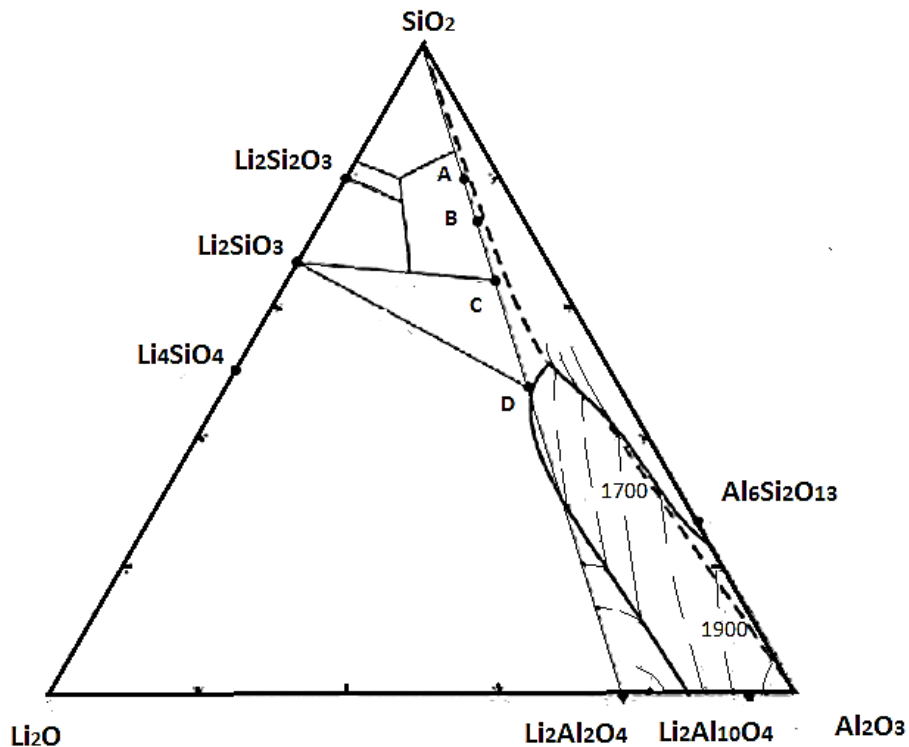


Рисунок 1 – Фазова діаграма системи зі сполуками A = $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$ ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_6$), B = $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ($\text{LiAlSi}_3\text{O}_8$), C = $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), D = $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (LiAlSiO_4) відповідно [2]

Сподумен плавиться без розкладання за температури 1 423 °С, евкрипит знаходиться у полі ліквідусу сподумену, тому під час кристалізації із розплаву формується першою фазою сподумен. Плавлення закінчується за температури 1 397 °С, з'являються фази γ-глинозему та β-евкрипиту.

Таким чином, під час проєктування склокристалічних матеріалів складів системи $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, зокрема евкрипитового складу, прогнозованим буде утворення сподумену. Враховуючи відомості о формуванні твердих розчинів в матеріалі також очікується поява К-ряду сподуменових і О-ряду евкрипитових твердих розчинів.

Список використаних джерел

1. Саввова О. В., Брагіна Л. Л., Бабіч О. В. [та ін.]. Ситали: структура, властивості, технологія та застосування : навч. посібник ; Харків: НТУ "ХПІ". 2017, 266 с.
2. Galakhov F. Y. Liquation phenomena in the system $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. *Izv. Akad. Nauk SSSR*. 1964. T. 8. P. 1377–1383.

РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОЛІМЕРІВ У СТВОРЕННІ ХАРЧОВИХ ПОКРИТТІВ З ПОЛІПШЕНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Полумисний Вадим Віталійович,

студент 4 курсу,

Скрипинець Анна Василівна,

кандидат технічних наук, старша викладачка,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Anna.Skrypynets@kname.edu.ua

Плівки та покриття є основними видами пакувальних матеріалів, які широко застосовуються у харчовій промисловості для різних функцій. Їхнє використання сприяє захисту харчових продуктів від фізичних, хімічних і біологічних пошкоджень. Крім того, ці матеріали допомагають запобігти втратам аромату, смаку, антимікробних сполук та антиоксидантів [1]. Плівки й покриття також ефективно затримують проникнення кисню, вуглекислого газу та вологи, що сприяє збільшенню терміну придатності продуктів харчування, покращенню їхньої механічної цілісності та зручності обробки.

Згідно з оцінками, близько половини всіх пластикових виробів, що використовуються у харчовій промисловості, зокрема одноразового посуду, пакетів, пакувальних матеріалів та покриттів, розраховані на утилізацію після одноразового використання. Світове виробництво пластмас зросло з 1,5 мільйонів тонн у 1950 році до 359 мільйонів тонн у 2018 році [2]. За статистичними даними, щороку у світі утворюється понад 35 мільйонів тонн пластикових відходів, з яких лише 7 % проходять процес переробки. Наразі ситуація із забрудненням пластиком залишається критичною: щохвилини в усьому світі викидається приблизно 400 тисяч пластикових пляшок і 700 тисяч пластикових пакетів. Полімери не піддаються біологічному розкладанню, що спричиняє їхнє накопичення в навколишньому середовищі протягом десятиліть і створює серйозні екологічні та здоров'яні ризики.

Однією з ключових екологічних проблем, спричинених широким використанням пластику, є утворення мікропластику. Мікропластик – це тверді частинки синтетичних полімерів розміром менше 5 мм. Термін «мікропластик» був запропонований у 2004 році професором Річардом Томпсоном, морським біологом з Університету Плімута (Велика Британія). Мікропластик поширюється через стічні води, річки та зрештою потрапляє до морів і океанів, утворюючи зони з високою концентрацією цих частинок. Зокрема, команда науковців виявила на дні Середземного моря поблизу Італії найвищі рівні мікропластику, які будь-коли фіксувалися у морському середовищі. Згідно з дослідженням, проведеним Манчестерським університетом, в окремих районах

було виявлено до 1,9 мільйона пластикових часток на квадратний метр. Серед цих часток присутні волокна, що походять від одягу та інших синтетичних тканин, а також фрагменти великих пластикових виробів, що зруйнувалися з часом, а також інші види пластикових забруднень. Окрім забруднення морських екосистем, мікропластик проникає в ґрунт і водойми, що спричиняє його накопичення у харчовому ланцюгу: починаючи з планктону, через рибу й інші організми, він досягає людини. Таким чином, концентрація мікропластику на кожному рівні харчового ланцюга зростає, що несе загрозу здоров'ю всіх живих організмів.

Останніми роками було розроблено широкий спектр пакувальних матеріалів, виготовлених із відновлюваних ресурсів [3]. Численні відходи рослинного та тваринного походження містять значні кількості полісахаридів і білків, що дозволяє використовувати їх для створення їстівних або біорозкладаних покриттів та плівкових композицій. З'явилися комерційно перспективні рішення, засновані на альтернативних і нових матеріалах, отриманих із недостатньо використовуваних харчових продуктів, поновлюваних ресурсів, а також завдяки валоризації агропромислових і морських відходів. У контексті циркулярної економіки використання таких ресурсів підвищує цінність відходів і пропонує привабливу альтернативу невідновлюваним джерелам.

Більшість таких матеріалів є не лише біорозкладаними, а й придатними для споживання. Відходи промисловості, які можуть слугувати джерелами сировини, включають залишки недовикористаних харчових продуктів, відновлювані ресурси, а також агропромислові та морські відходи. Серед таких матеріалів можна виділити лушпиння, пір'я, мушлі, шкірку, насіння, стебла та листя, які мають значний потенціал для перетворення у цінні ресурси [4, 5].

У зв'язку з необхідністю покращення їхніх функціональних властивостей, біополімери часто стикаються з обмеженнями, зокрема, через гідрофільну природу цих полімерів, що зумовлює їх низьку бар'єрність до водяної пари та обмежену механічну міцність порівняно з традиційними пластиковими матеріалами. У свою чергу, наразі велика кількість досліджень [6–11] зосереджена на вдосконаленні цих властивостей шляхом введення армуючих агентів, таких як наночастинки, біоактивні функціональні сполуки тощо, що дозволяє покращити водостійкість біорозкладаних матеріалів до рівня пластикових аналогів, забезпечуючи їх відповідність вимогам функціональності для пакувальних матеріалів у харчовій промисловості.

З урахуванням різноманітності їх джерел та властивостей, біополімери можна класифікувати за походженням на кілька категорій (рис. 1).

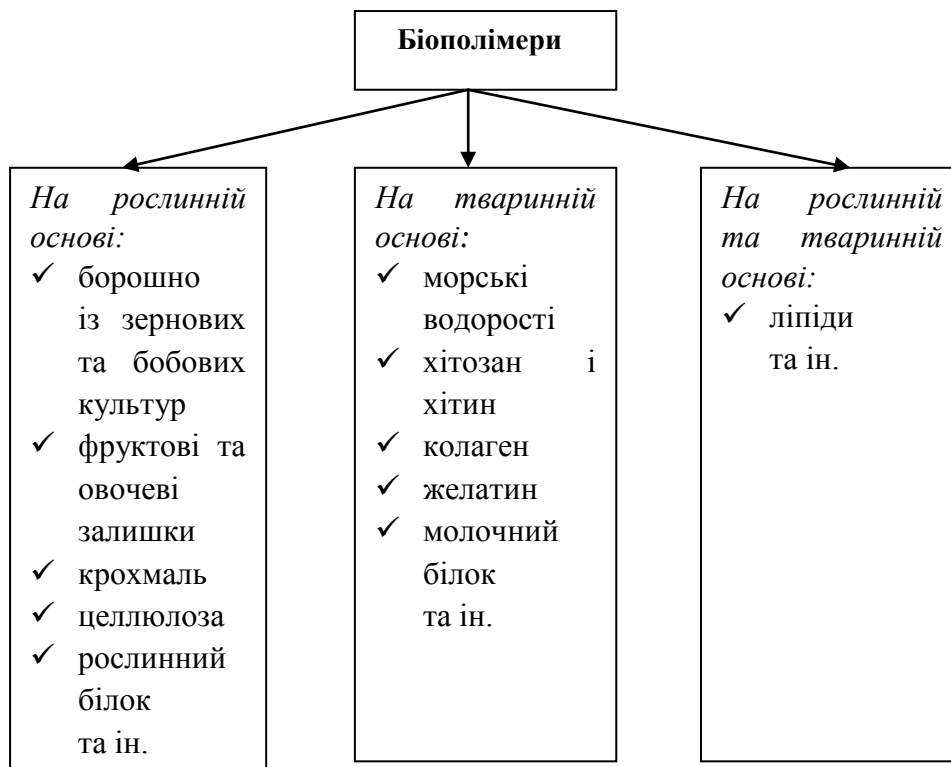


Рисунок 1 – Класифікація біополімерів за походженням

Добавки, що вводяться до харчових покриттів, мають суттєвий вплив на властивості та збереження продуктів харчування. Наприклад, введення кокосового протеїну в поєднанні з гуаровою камеддю разом з активним інгредієнтом – ферментом трансглютаминазою (поглиначем кисню) – покращує бар'єрні властивості покриття, зменшуючи проникність водяної пари та сповільнюючи перенесення кисню, що призводить до збільшення терміну зберігання продуктів [6]. Хітозан із додаванням аскорбінової кислоти допомагає уповільнити процес потемніння та продовжити термін зберігання свіжозрізаних яблук, одночасно виявляючи антимікробну активність [7]. Використання рослинних екстрактів, таких як екстракт адіантума капіллус-венерис та бальзамінового екстракту, значно підвищує мікробіологічну безпеку, сприяючи збереженню свіжості фруктів та овочів [8,9]. Карбоксиметилцелюлоза з екстрактом бальзаміна уповільнює дозрівання мандаринів, знижує швидкість їх гниття та підвищує антиоксидантну активність [9]. Застосування альгінату з екстрактом зеленого чаю сприяє підвищенню безпеки клубники та малини від харчових патогенів [10]. Екстракт алое вера (як чистий, так і розведений) використовують для обробки томатів: чистий екстракт пригнічує ріст бактерій, а розведений екстракт допомагає зберігати якість томатів під час зберігання та уповільнює їх дозрівання. Додавання до карбоксиметилцелюлози екстракту бальзаміна бальзамічного (*Impatiens balsamina* L.) забезпечує покриття для мандаринів, яке затримує

дозрівання, знижує швидкість гниття та підвищує антиоксидантну активність [10]. Введення наноемульсії з екстрактом лимонного масла в хітозан дозволяє збільшити термін зберігання продуктів до 7 діб [11]. Крім того, додавання рослинного слизу *Hibiscus rosa-sinensis* до желатину, хітозану та крахмалу демонструє виражені антимікробні властивості [9].

Таким чином, активні добавки в харчових покриттях значно покращують фізико-хімічні, сенсорні та мікробіологічні властивості продуктів, продовжуючи їх термін зберігання та покращуючи споживчі якості.

Список використаних джерел

1. Gupta V., Biswas D., Roy S. Comprehensive review of biodegradable polymer-based films and coatings and their food packaging applications. *Materials*. 2022. Vol. 15. Iss. 17. 5899.
2. Global plastic production from 1950 to 2018 (Режим доступу: <https://www.statista.com/topics/5401/global-plastic-waste/#topicOverview>).
3. Карєв А. І., Скрипинець А. В., Барабаш О. С. Модернізація технології отримання рослинно-полімерних композитів. Моделювання та оптимізація будівельних композитів: мат-ли міжнарод. сем. 2020; 3-4 грудня, Одеса. – С. 72–75.
4. Скрипинець А. В., Карєв А. І., Нарожний В. М., [та ін.]. Нові технологічні рішення створення полімерних композиційних матеріалів з використанням агропромислових відходів. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. Статей XX Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 19-20 вересня 2024 р.) / УКРНДІЕП., 2024. – 446 с. – С. 358–363.
5. Скрипинець А., Саєнко Н., Карєв А. Роль натуральних волокон у створенні екологічно безпечних звукопоглинаючих полімерних матеріалів. *Збірник наукових праць: Виклики та проблеми сучасної науки*. 2023; Т. 1. – С. 202–204.
6. Sorde K. L., Ananthanarayan L. Effect of transglutaminase treatment on properties of coconut protein-guar gum composite film. *LWT*. 2019. Vol. 115. 108422.
7. Özdemir K. S., Gökmen V. Effect of chitosan-ascorbic acid coatings on the refrigerated storage stability of fresh-cut apples. *Coatings*. 2019. Vol. 9. 503.
8. Hashemi S. M. B., Zahabi N., Rezaee Z. [et al.]. Evaluation of a starch-based edible film as carrier of adiantum capillus-veneris extract to improve the shelf life of fresh-cut pears. *J. Food Saf.* 2016. Vol. 36. P. 291–298.
9. Vignesh R. M., Nair B. R. Improvement of shelf life quality of tomatoes using a novel edible coating formulation. *Plant Sci. Today*. 2019. Vol. 6. P. 84–90.

10. Chen C., Peng X., Zeng R. [et al.]. Physiological and biochemical responses in cold-stored citrus fruits to carboxymethyl cellulose coating containing ethanol extract of *impatiens balsamina* L. *Stems. J. Food Process. Preserv.* 2017. Vol. 41. e12999.
11. Falco I., Flores-Meraz P. L., Randazzo W. [et al.]. Antiviral activity of alginate-oleic acid based coatings incorporating green tea extract on strawberries and raspberries. *Food Hydrocoll.* 2019. Vol. 87. P. 611–618.

УДК 699.842+691.175

ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ ТРАНСПОРТУ

Шмітько Дар'я Павлівна,

студентка 4 курсу,

Колесник Олександра Олегівна,

студентка 1 курсу,

Скрипинець Анна Василівна,

кандидат технічних наук, старша викладачка,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Anna.Skrypynets@kname.edu.ua

У сучасних умовах все більше уваги приділяється проблемам пожежної безпеки транспорту, оскільки надзвичайні ситуації на транспорті можуть мати серйозні наслідки як для життя людей, так і для економіки [1, 2]. Однією з найбільш важливих складових цієї проблеми є забезпечення пожежної безпеки транспорту, який здійснює пасажирські перевезення. Залізничний транспорт є одним із найбільш поширених і надійних засобів пересування для мільйонів людей по всьому світу, а в Україні він є однією з найважливіших складових транспортної інфраструктури, зокрема через свою роль у сполученні Європи та Азії.

Максимально запобігти пожежам на залізничному транспорті покликані нормативні документи: ДСТУ 4049 та ДСТУ 4493, які встановлюють вимоги пожежної безпеки до матеріалів і конструкцій внутрішнього обладнання, систем опалення й вентиляції та електрообладнання у залізничних вагонах.

Матеріали, що використовуються в будівництві та ремонті пасажирських вагонів, повинні відповідати суворим вимогам пожежної безпеки. Вони поділяються на кілька категорій залежно від їх вогнестійкості:

- негорючі матеріали використовуються для стель, повітроводів, каркасів диванів і спальних полиць, а також підшивки ізоляції даху. це забезпечує мінімізацію ризику поширення вогню при виникненні пожежі;

- негорючі або важкогорючі матеріали застосовуються для теплоізоляції кузова, перегородок, меблів та інших конструкцій, що повинні витримувати високі температури без значного згорання;

- важкогорючі або горючі важкозаймисті матеріали використовуються для гідроізоляції, звукоізоляційних елементів та теплоізоляції труб. вони повинні бути оброблені таким чином, щоб їх горіння не спричинило швидке поширення вогню;

– матеріали, що не поширюють полум'я, застосовуються для облицювання поверхонь стін, дверей і підлоги, забезпечуючи додатковий рівень безпеки.

Текстильні матеріали, як штори та оббивка, повинні бути важкозаймистими згідно з ДСТУ 41554. Конструкція вагона має бути спроектована так, щоб дозволити видалення легкогорючих продуктів під час обслуговування та ремонту. Крім того, коефіцієнт димоутворення матеріалів не повинен перевищувати 500 м²/кг, а токсичність продуктів горіння повинна бути в межах класу малонебезпечних або помірно небезпечних.

Ще однією проблемою «зношених» пасажирських рухомих складів є підвищений рівень вібрації та шуму, що виникають внаслідок руху вагона та знижують комфортабельність перебування пасажирів під час перевезення [1–3]. Згідно з ДСТУ UIC 513:2004 «Вагони магістральні пасажирські. Настанова з оцінювання комфорту пасажирів залежно від вібрації» вібрація впливаючи на організм пасажирів призводить до дратівливості, головного болю, погіршення уваги, збільшення ймовірності захворюваннями неврозами тощо.

Перспективним напрямком є розробка важкогорючої епоксиретанової мастики з підвищеними вибродемпфуючими властивостями та необхідними фізико-механічними характеристиками для облицювання внутрішніх металевих поверхонь кузовів залізничного рухомого складу. Така мастика дозволить покращити пожежну безпеку, знижуючи швидкість поширення вогню, а також забезпечить додаткову шумо- та віброізоляцію, що підвищить комфорт пасажирів і знизить технічне навантаження на конструкцію вагону. Вибір матеріалу з такими властивостями є важливим кроком до підвищення безпеки та довговічності залізничного транспорту.

У процесі динамічно-механічних та в'язкопружних досліджень було встановлено, що розроблена епоксиретанова мастика, яка містить вогнезахисну добавку та тиксотропний наповнювач, демонструє високі демпфуючі характеристики ($\text{tg}\delta = 0,45\text{--}0,47$) в області високої еластичності. Це свідчить про те, що матеріал має здатність ефективно функціонувати як за низьких температур (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$), так і при помірних температурах (до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$), що робить його перспективним для використання в різних кліматичних умовах.

Комплексна оцінка пожежної безпеки розробленої епоксиретанової мастики виявила, що матеріал відноситься до класу важкогорючих. Введення антипірену призводить до зниження коефіцієнта димоутворення під час горіння ($Dm = 485\text{ м}^2/\text{кг}$), що дозволяє віднести матеріал до категорії з помірною димоутворювальною здатністю. Дане явище, ймовірно, пов'язане з високою адсорбційною здатністю утвореного коксу та специфічними особливостями процесу термодеструкції матеріалу. Враховуючи здатність матеріалу до

повільного поширення полум'я та виділення теплової енергії, розроблена мастика класифікується як матеріал, що має низьку швидкість поширення полум'я по поверхні.

Таким чином, проведено комплексну оцінку пожежної безпеки розробленої вібропоглинаючої епоксиретанової мастики. Результати досліджень показали, що матеріал належить до категорії важкогорючих із низькою займистістю та повільним поширенням полум'я. Мастика характеризується помірною димоутворювальною здатністю та відноситься до категорії матеріалів з помірним рівнем токсичності. Отримані показники властивостей розробленої вібропоглинаючої важкогорючої мастики свідчать про її перспективність для застосування на внутрішніх металевих поверхнях залізничних транспортних засобів, що забезпечує підвищену пожежну безпеку.

Список використаних джерел

1. Скрипинець А. В., Саєнко Н. В., Григоренко О. М. [та ін.]. Важкогорюча віброзахисна мастика для залізничного рухомого складу. *Problems of Emergency Situations*. 2024. № 1(39) С. 272–284.
2. Калабухін Ю. Є., Мартинов І. Е., Труфанова А. В. [та ін.]. Аналіз технічного стану внутрішнього обладнання пасажирських вагонів. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. 2022. Вип. 25. С. 51–65.
3. Irikovich Z. O., Vyacheslavovich R. R., Mahmood W. Development of new polymer composite materials for the flooring of rail carriage. *International Journal of Engineering & Technology*. 2020. Vol. 9(2), P. 378–381.
4. Скрипинець А. В., Саєнко Н. В. Дослідження адгезійно-міцностних властивостей вогне- та вібропоглинаючої композиції для застосування в залізничному транспорті. Матеріали 3-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2024» («Fire Safety Issues 2024»). – Х.: НУЦЗ України, 2024. С. 80–81.

УДК 667.6

ТЕХНОЛОГІЇ НОВИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ АЛЮМОСИЛІКАТІВ ШАРУВАТОЇ СТРУКТУРИ

Гуріна Галина Іванівна,

кандидат хімічних наук, доцент, доцент,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Кот Антоніна Григорівна,

директор ТОВ «Алгол Кемикалз», Рига, Латвія;

Довгопол Анастасія Вікторівна,

студентка,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Казанська Наталія Олегівна,

учениця комунального закладу «Харківський ліцей № 144 Харківської міської ради»

Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Розроблені технології та склади екологічно безпечних лакофарбових матеріалів для декоративних та захисних покриттів. До складу матеріалів введені функціональні наповнювачі на основі алюмосилікатів шаруватої структури для покращення реологічних властивостей, якості покриттів, термінів зберігання, регулювання оптичних показників та зменшення термінів тверднення покриттів [1].

Запропоновані технологічні заходи щодо завантаження різних типів адитивів до складу матеріалів як у вигляді порошків на стадії одержання пігментних паст у випадку водорозчинних та водно дисперсійних матеріалів, так і шляхом одержання желеподібних похідних шаруватих алюмосилікатів з органічними розчинниками при виробництві органорозчинних лакофарбових матеріалів.

Досліджені механізми впливу на властивості лакофарбових матеріалів та покриттів адуктів алюмосилікатів з шаруватою кристалічною будовою з четвертинними амонійними солями і солями перехідних металів з різними ступенями окиснення та стеарату кальцію.

Створена технологія виготовлення адитивів та їх застосування під час одержання водорозчинних лакових та пігментованих матеріалів з малими термінами тверднення та різними ступенями блиску, тиксотропних водно дисперсійних лакофарбових матеріалів для виробництва і фарбування шпалер та органорозчинних лакофарбових матеріалів з оптимальними реологічними властивостями для зменшення втрат матеріалів при нанесенні на вертикальні та похилі поверхні. Технічні властивості матеріалів представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. – Фізико-технічні показники якості нових функціональних матеріалів на основі алюмосилікатів шаруватої структури

Найменування показника	Значення показника. Експериментальні результати		
	Водорозчинна алкідна емаль	Воднодисперсійна стирол-акрилова фарба	Органорозчинна алкідна емаль
Колір плівки покриття	Білий	Білий	Червоно-коричневий
Блиск за фотоблискоміром TQ C PolyGloss (ISO 2813)	3	7	9
Умовна в'язкість за ВЗ-246, $d = 6\text{ мм}$, за $t = (23 \pm 5)^\circ\text{C}$, с, (ISO 2884-2)	48	40	34
Масова частка нелетких речовин, % (ISO 3251)	68	58	65
Ступінь дисперсності, мкм (ISO 1524)	25	50	35
Покривність сухої плівки, г/м^2 (ISO 842)	100	120	100
Час висихання за $t = (23 \pm 2)^\circ\text{C}$, год, (ISO 9117-1)	1	1	1,5
Пружність плівки під час згину, мм, не більше (ISO 1519)	2	2	1
Стійкість плівки до удару, тестер У-1, см (ISO 6272-2)	50	50	50

Закінчення таблиці 1.

Твердість плівки за маятниковим приладом (маятник Кеніга), відн. од. (ISO 1522)	0,15	–	0,15
Стійкість покриття до статичної дії води, год, не менше	–	48	–
Стійкість покриття до стирання, цикли, не менше	–	500	–
pH	–	9,5	–
Адгезія плівки, бали (ISO 4624)	0	0	0
Розчинник	вода	вода	уайт-спірит

Розглянуті питання ресурсо- та енергозбереження в технологіях виробництва водорозчинних алкідних матеріалів для індустриальних покриттів і дизайну, інтер'єрних водно дисперсійних пігментованих стирол акрилових матеріалів для шпалер та органорозчинних антикорозійних матеріалів шляхом застосування сучасних типів технологічного обладнання, діжних технологій при одержанні пігментованих матеріалів та ефективних функціональних добавок на стадіях диспергування пігментів та наповнювачів, стабілізації матеріалів та тверднення покриттів [2].

Список використаних джерел

1. Gurina G., Druzhinin E., Saienko N. [et al.]. New functional pigments for polymer nanocomposite materials with a specified set of properties. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 808. P. 373–381.
2. Gurina G., Druzhynin E., Saienko N. [et al.]. Methods for optimizing the content of VOCs to create environmentally friendly materials for protective coatings. *Solid State Phenomena*. 2023. Vol. 350. P. 21–30.

ТЕХНОЛОГІЇ НОВИХ ВОДОРОЗЧИННИХ АЛКІДНИХ ПЛІВКОУТВОРЮВАЧІВ

Гуріна Галина Іванівна,

кандидат хімічних наук, доцент, доцент,

Єременко Антон Андрійович,

студент,

Довгопол Анастасія Вікторівна,

студентка,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Кавун Валерія Сергіївна,

учениця Харківського ліцею № 144

Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Одним з недоліків водорозчинних олігомерів є жорсткі умови процесу тверднення покриттів. З метою зменшення термінів та температури тверднення покриттів виконана робота зі створення технології виробництва водорозчинного лакофарбового матеріалу холодного тверднення [1, 2].

Обрана послідовність стадій технологічного процесу та методи контролю процесів утворення низькомолекулярних естерів, модифікованих рослинних олій та їх жирних кислот, продуктів переестерифікації за участі неопентілгліколю, поліконденсації з фталевим та тримелітовим ангідридами, нейтралізації готового продукту.

Створена технологія виготовлення адитивів – матуючих домішок та ефективних сикативів інтеркаляційним методом. Вивчено застосування інтеркаляційних сполук монтморилоніту як неорганічної матриці та кобальту, цирконію, барію октоатів і кальцію стеарату як інтеркалянтів під час одержання водорозчинних лакових та пігментованих матеріалів,

Запропоновані технологічні заходи щодо введення різних типів адитивів до складу матеріалів для зменшення термінів тверднення покриттів та одержання лінійки оздоблювальних та індустріальних матеріалів з різним ступенем блиску.

Встановлено одержання високоглянсових, напівматових, матових та глибокоматових покриттів за зміни вмісту матуючої добавки в межах від 0 до 1 %, від 2 до 6,5 %, від 6,5 до 9 %, та більше 9 % відповідно. Вплив концентрації матуючої домішки на оптичну характеристику – блиск покриттів представлений на рисунку 1.



Рисунок 1 – Взаємозв'язок концентрації матуючої домішки і блиску покриттів водорозчинної емалі

Ефективність дії сикативу підтверджена шляхом дослідження залежності часу тверднення лакових та пігментованих покриттів від вмісту сикативу в композиціях.

Таким чином, розроблено технології одержання водорозчинних лакових та пігментованих матеріалів для індустриальних та архітектурних покриттів і адитивів для регулювання ступеня блиску покриттів та термінів тверднення.

Список використаних джерел

1. Gurina G., Druzhynin Ye., Kaplina K. Atmospheric paint materials for fast hardening. Current trends in scientific research development. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Boston, USA. 2024. P. 51–57.
2. Karamanoğlu M. Evaluation of eco-friendly nanomaterial modified water-based varnish systems. *Journal of Green Technology and Environment*. 2023. Vol. 1. Iss. 1. P. 1–5.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ БУРОГО ВУГІЛЛЯ В ГОСПОДАРСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Карножицький Павло Павлович,

аспірант,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

pavlokarnoenv@gmail.com

Світові запаси бурого вугілля за даними ІЕА на кінець 2020 року складають більше 4,9 трлн т. Це найпоширеніша тверда горюча копалина на планеті, що хімічно відрізняється від більш метаморфізованого вугілля вищою кількістю кисню та кислотними властивостями своєї основної складової – гумінових кислот (ГК) [1]. Довгий час буре вугілля використовувалося практично тільки в енергетиці [2, 3], однак останні роки з'являється все більше прикладів його альтернативного (нетермічного) застосування [1, 4–8].

Згідно з даними ДНВП «Геоінформ України», станом на 2021 рік в Україні є 80 родовищ бурого вугілля (3 з них в стані розробки), з балансовими резервами (категорії А + В + С1) 2.593.359 тис. тонн [9].

За рахунок невеликої глибини залягання (5–100 м), принаймні 50 % українського бурого вугілля можна видобувати ефективним та безпечним способом – відкритим, ККД якого у 2,5 раза перевищує ККД при підземному видобутку [6, 10]. Однак, в низці родовищ за останню чверть століття видобуток бурого вугілля значно знизився. Зокрема, в Дніпробасі він впав від 10 млн т/рік у 70–80-і рр. до 2 млн т/рік в 90-ті рр., а ряд родовищ взагалі практично припинили експлуатацію [11]. Головна причина – висока вологість та зольність вугілля, що суттєво зменшує його енергетичну цінність.

Українське буре вугілля містить велику кількість (близько 80 %) ГК [5] (для порівняння: польські лігніти містять 55–76 % [12]). Їх виділення здійснюється з використанням слабких розчинів NaOH або КОН [13], у результаті яких утворюються водорозчинні солі (гумати), що широко застосовуються в сільському господарстві [8].

Окрім ГК, корисним компонентом бурого вугілля є інші гумусові кислоти – фульвові (рис. 1), що знаходять дедалі більше способів застосування в господарській діяльності [7].

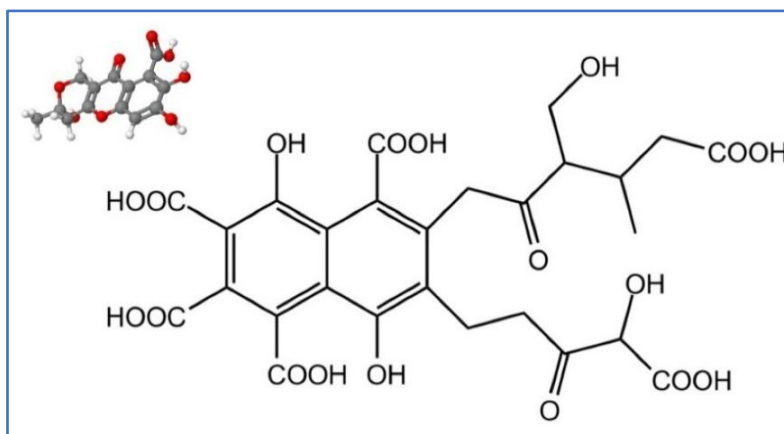


Рисунок 1 – Хімічна структура фульвових кислот

Фульвові кислоти (ФК) мають нижчу молекулярну масу та більшу біологічну активність у порівнянні з ГК, а також, на відміну від гумінових, фульвові кислоти є розчинними у воді [14], що дозволяє їм легко взаємодіяти з іншими сполуками. Вони є найбільш репрезентативними за своїм хімічним складом та функціями, а також демонструють значний потенціал для використання в різних галузях господарства [15, 16]. Їх здатність формувати комплекси з металами робить їх перспективними для застосування в медичній та фармацевтичній галузі.

Останні дослідження демонструють значний вплив ФК на профілактику та контроль захворювань як у людей, так і у тварин [16]. Це своєрідний імуномодулятор, що покращує стан кишківника, знижує запалення та стимулює імунну відповідь проти бактерій, впливаючи на оксередпотенціал [17].

Фульвові кислоти можуть захищати клітини від оксидативного стресу [17], що, своєю чергою, зменшує ризик розвитку ряду хронічних захворювань. ФК можуть регулювати функції шлунково-кишкового тракту, проявляти протипухлинну, протизапальну, протизсідальну та кровоспинну дію, а також підвищувати імунітет у людей та тварин [18, 19]. Вони проявляють бактерицидну активність щодо умовно патогенних мікроорганізмів, таких як кишкова паличка, золотистий стафілокок, протей, синьогнійна паличка та інші, не пригнічують корисну мікрофлору і не сприяють розвитку резистентності у патогенних мікробів [20], а також застосовуються для лікування гематом, флебіту, міогелозу, артрозу, остеохондрозу та інших хвороб [21].

Фульвокислоти є доступним джерелом природних антиоксидантів для фармацевтичної та харчової промисловості, покращуючи якість продуктів шляхом уповільнення окислення жирів. Наявні джерела показують, що фульвові кислоти можуть покращувати всмоктування лікарських засобів та поживних речовин [17]. На сьогодні ФК вже активно використовуються в ряді країн світу як дієтична добавка у формі більш ніж 150 продуктів [22].

Окрім застосування ФК в розрізі медицини та фармації, фульвокислоти (в т. ч. виділені саме з бурого вугілля) також можна схарактеризувати як перспективну агрономічну добавку, здатну позитивно впливати на врожайність, життєздатність та стресостійкість рослин, сприятливу для пом'якшення негативних наслідків застосування пестицидів та гербіцидів [8, 19, 23–25]. Обіцяючим також на сьогодні є застосування фульвокислот в біохімічних дослідженнях [26].

Окремо варто звернути увагу на ряд досліджень, що представляють ФК в якості екологічного агента, в т.ч. як ефективного адсорбенту важких металів [16, 27], зокрема – Cu^{2+} , Pb^{2+} та Cd^{2+} . Крім того, ці кислоти ефективно зв'язуються з сульфаметоксином, утворюючи стійкий комплекс, тим самим зменшуючи залишки антибіотиків у навколишньому середовищі [26].

Таким чином, фульвові кислоти демонструють значний потенціал у медичних, фармацевтичних, природоохоронних та агрохімічних застосуваннях завдяки своїм різноманітним властивостям та вже знайшли широке застосування в сільському господарстві. Однак, для їх широкого впровадження необхідні подальші аналізи, які допоможуть краще зрозуміти механізми їх дії та безпеку використання, оскільки більшість досліджень щодо застосування ФК у медицині та фармацевтиці проводились *in vitro* (у пробірці) або на тваринах.

Список використаних джерел

1. Melnikov A., Miroshnychenko D., Karnozhytskyi P. [et al.]. Sorption properties of brown coal processing products. *Chem. Chem. Technol.* 2024. Vol. 18. No. 4. P. 493–501.
2. Карножицький П. П. Перспективи неенергетичного використання бурого вугілля Дніпровського басейну. Сучасні технології переробки паливних копалин : тези доп. 7-ї Міжнар. наук.-техн. конф. (17-18 квітня 2024 р., м. Харків), 2024. С. 42–45.
3. Gianfrancesco A. Di. The fossil fuel power plants technology. *Materials for Ultra-Supercritical and Advanced Ultra-Supercritical Power Plants*, Woodhead Publishing. 2017. P. 1–49. (Режим доступу : <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100552-1.00001-4>).
4. Сініцина А. О., Карножицький П. В. Олександрійське буре вугілля як джерело гумінових речовин. Сучасні технології переробки паливних копалин : тези доп. 5-ї Міжнар. наук.-техн. конф. (14-15 квітня 2022 р., м. Харків). Харків, 2022, С. 39–43.
5. Shustov O. O., Bielov O. P., Perkova T. I. [et al.]. Substantiation of the ways to use lignite concerning the integrated development of lignite deposits of Ukraine. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. Vol. 3. P. 5–13.

6. Сініцина А. О., Карножицький П. П. Буре вугілля – сировина для отримання водорозчинних сорбентів. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2023. № 3. С. 67–77.
7. Kravchenko O., Miroshnychenko D., Karnozhytskyi P. [et al.]. Intensifying the process of extraction of humic acids from brown coal by using the hydrocavitation activation methodology. *IJECE*, 2024.
8. Huculak-Mączka M., Braun-Giwerska D., Nieweś D. [et al.]. Torf i węgiel brunatny jako surowce do otrzymania kwasów humusowych. *Proceedings of ECOpole*. 2018. P. 499–505.
9. Sinitsyna A. O., Karnozhitskiy P. V., Miroshnichenko D. V. [et al.]. The use of brown coal in Ukraine to obtain water-soluble sorbents. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2022. № 4. P. 005–010.
10. Куліш В. А. Видобуток бурого вугілля у Дніпровському басейні. *Вугілля України*. 2015. № 6. С. 17–22.
11. Собко Б. Е., Шустов А. А., Белов А. П. Потенційна роль бурого вугілля у енергетичному балансі країни. Національний гірничий університет. Інтехпроект. (Режим доступу: <https://dtek.com/content/files/boris-sobko.pdf>).
12. Symanowicz B., Brown T. R. Coal waste in agriculture and environmental protection: a review. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. 13371.
13. Aftab K., Javed J., Siddiqua U. H. [et al.]. Process optimization and method validation for efficient valorization of low-grade coal into humic substances. *Fuel*. 2024. Vol. 369. 131796.
14. Плетень В. В. Гумати – новий метод у регулюванні продуктивності. *Наукові записки ЦНТУ*. 2018. № 23. С. 164–168.
15. Huculak-Mączka M., Kaniewski M., Marecka K. [et al.]. Evaluation of the simplified method of fulvic fractions extraction from peat and lignite. *J. Therm. Anal. Calorim*. 2023. 148. P. 13083–13094.
16. Zhang Y., Gong G., Zheng H. [et al.]. Synergistic extraction and characterization of fulvic acid by microwave and hydrogen peroxide-glacial acetic acid to oxidize low-rank lignite. *ACS Omega*. 2020. Vol. 5. No. 12 P. 6389–6394.
17. Winkler J., Ghosh S. Therapeutic potential of fulvic acid in chronic inflammatory diseases and diabetes. *Journal of Diabetes Research*. 2018. Vol. 1. 5391014.
18. Dai C., Xiao X., Yuan Y. [et al.]. Comprehensive toxicological assessment of fulvic acid. *Evid. Based Complement. Alternat. Med*. 2020. P. 1–11. 8899244.
19. Zhang A., Zhang Y., Zheng H. [et al.]. Study on the Extraction of fulvic acid from lignite by microwave-assisted hydrogen peroxide. *IJOGCT*. 2018. Vol. 18. 146.

20. Рильський О. Ф., Петруша Ю. Ю., Домбровський К. О. [та ін.]. Вплив гумінових та фульвових кислот на живі організми та перспективи їх застосування в сільському господарстві, медицині та ветеринарії. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 143–153.
21. Cardenas N., Coballase-Urrutia E., Gertrudis B. [et al.]. Antioxidant activity of fulvic acid: a living matter-derived bioactive compound. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2011. Vol. 9. P. 123–127.
22. Gnananath K., Nataraj K., Ganga Rao B. [et al.]. Exploration of Fulvic acid as a functional excipient in line with regulatory requirement. *Environmental Research*. 2020. Vol. 187. 109642.
23. Gao Y., Zhu J., Bao H. [et al.]. Effect of lignite fulvic acid on growth, antioxidant ability, and HSP70 of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquacult Int*. 2018. Vol. 26. P. 1519–1530.
24. Gong Q., Wang L., Tang K. [et al.]. Preparing potassium fulvic acid based on lignite from different regions of China. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2022. Vol. 2393. 012009.
25. Трохименко Г., Кібаров О. Роль фульвових та гумінових кислот у процесах біодеградації залишків гербіцидів у ґрунті. Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (7 грудня 2023 р., м. Київ), 2023. С. 57–59.
26. Zhang Y., Liu W., Hu X. [et al.]. Extraction and functional group characterization of fulvic acid from hami lignite. *ChemistrySelect*. 2019. Vol. 4. 1448.
27. Xue S., Xiao Y., Wan K. [et al.]. The fractionation of fulvic acid and the optimal fraction as explanatory factors for binding characteristics of lead in aqueous solution. *Separation and Purification Technology*. 2021. Vol. 275. 119061.

**АНОДНА ПОВЕДІНКА ТИТАНОВОГО СПЛАВУ Ti6Al4V
У СИСТЕМІ «C₂H₄(OH)₂–H₂O–NH₄F–HF»**

Пилипенко Олексій Іванович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Апалькова Валерія Євгенівна,

здобувачка освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня,

Шульга Марина Геннадіївна,

здобувачка освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Oleksiy.Pylypenko@kname.edu.ua

Електрохімічне оксидування титанових матеріалів у органічних електролітах цікаве з точки зору можливості одержання пористих оксидних плівок, які можна використовувати як самостійне покриття або проміжний підшар [1, 2]. Одним з етапів розробки технології отримання пористих оксидних плівок є вивчення особливостей електрохімічної поведінки титану під час анодної поляризації у тих електролітах, де планується проводити оксидування [3, 4]. Для цього у даній роботі була використані поляризаційні дослідження [5]. Зазначимо, що утворення оксидних плівок можливе в тих електролітах, які містять іони-активатори; найбільш характерним їх представником є фторид-іон [3, 6, 7].

Одержані поляризаційні залежності наведені на рисунку 1. Як видно, отримані криві мають складну форму. Вона є відображенням сукупності електрохімічних процесів на титановому електроді. Залежність, одержана в електроліті, який має об'ємне співвідношення V(C₂H₄(OH)₂):V(H₂O) на рівні 50:50 об. % (крива 1 рис. 1) є характерною для металу, схильного до пасивності. Анодна поляризація формує криву на якій можна виділити ділянки активного стану від $E_{ст.}$ до потенціалу початку пасивації ($E_{п.п.} = -0,305$ В), пасивації сплаву (закінчення за $E = +0,502$ В) та ділянку, коли на поверхня електрода вкрита пасивною плівкою. Перехідна область на поляризаційній залежності має коливання потенціалу. Очевидно, що це свідчить про те, що утворена за даних умов поверхнева плівка є нестабільною.

Наявність фторид-іонів у електроліті обумовлює перебіг на електроді конкуруючих процесів [6, 7]. Це формування оксиду, товщина якого зростає під час здвигу потенціалу електрода у позитивний бік. Зменшення товщини плівки відбувається у результаті її хімічної реакції з електролітом з утворенням гексатитанової кислоти. Хімічне розчинення оксидної плівки не є рівномірним. Наявність осциляцій потенціалу на кривій вказує на те, що вплив фторид-іонів

має місцевий, а можливо і точковий характер. Це може проводити до утворення у плівці або одиночних пор, або зон місцевого розчинення. Саме такий характер хімічного розчинення й викладає осциляції струму за розгортання потенціалу, які обумовлюються суттєвим зростанням площі активної поверхні електрода у результаті розтравлювання оксиду.

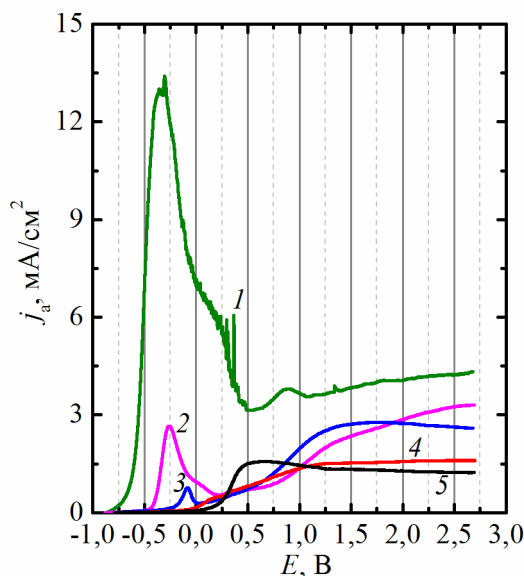


Рисунок 1. Анодні поляризаційні залежності титанового сплаву Ti6Al4V.
 $c(\text{HF}) = 3,36 \text{ г/дм}^3$; $c(\text{NH}_4\text{F}) = 50 \text{ г/дм}^3$. Співвідношення спирт-вода, об. %:
 1 – 50:50; 2 – 60:40; 3 – 70:30; 4 – 80:20; 5 – 90:10

Пасивація сплаву з об'ємним співвідношенням спирт-вода на рівні 50:50 об. % відображається на залежності появою мінімуму густини струму (у діапазоні потенціалів $+ (0,495\text{--}0,601 \text{ В})$) з подальшим підйомом та появою згладженого максимуму за потенціалу $+0,886 \text{ В}$. Це, поруч з нестабільністю пасивації сплаву (яка характеризується поступовим наростанням j_a з $3,14$ до $4,3 \text{ мА/см}^2$) відображає перебіг вищезазначених конкуруючих процесів формування та деградації поверхневого оксиду.

Істотний вплив на поляризаційні залежності сплаву, як і чистого титану, здійснює об'ємне відношення органічної та неорганічної складових розчинника. Так, за його підвищення з 50:50 до 70:30 об. % (рис. 1, поляризаційні залежності 1–3) значення анодних густин струму різко знижуються за всіх значень поляризації. Особливо це помітно на тій ділянці кривих, які відповідають активному стану електрода. За підвищення співвідношення спирт-вода від 50:50 до 70:30 об. % j_a піку початку пасивації знижується від $13,45$ до $0,79 \text{ мА/см}^2$. На поляризаційних залежностях відсутні

коливання потенціалу. Це свідчить про гальмування хімічного травлення плівки електролітом. Очевидно, що дане спостереження пояснюється тим, що збільшення концентрації поверхнево-активного етиленгліколю у електроліті викликає зниження агресивної дії іонів F^- за рахунок покращення змочування поверхні електрода і пов'язаного з цим витіснення води з шару біля аноду [7].

Величина потенціалу початку пасивації за підвищення вмісту етиленгліколю зміщується у до більш позитивних значень (з $-0,298$ до $-0,088$ В). Це говорить про гальмування пасивації сплаву за підвищення концентрації етиленгліколю. Пасивація сплаву приводить до того, що на залежностях фіксується спад струму до мінімуму; за цим мінімумом слідує підвищення густини струму з подальшим виходом на площадку (за співвідношення спирт-вода на рівні 70:30). Цікавим є те, що за $E \approx +1,92$ В на залежностях, отриманих за $V(C_2H_4(OH)_2):V(H_2O)$, що дорівнюють 60:40 та 70:30 (залежності криві 3 і 4 на рис. 1) присутня інверсія густини струму. Анодний струм у розчині з меншою концентрацією етиленгліколю стає більшим, ніж у електроліті з $V(C_2H_4(OH)_2):V(H_2O) = 70:30$.

Підвищення $V(C_2H_4(OH)_2):V(H_2O)$ до 80:20 та більше викликає зміну характеру кривих (криві 4 і 5 на рис. 1). На залежностях зникають ділянки активного стану, переходу до пасивного стану та власне кажучи пасивності електрода. За відношення спирт-вода на рівні 80:20 на залежності присутнє поступове наростання густини з виходом на горизонтальне плато за потенціалу, що дорівнює $+1,166$ В. За відношення етиленгліколь-вода, що дорівнює 90:10, залежність має плавну площадку за якою слідує поступове зниження густини струму з виходом на горизонтальну ділянку (рис. 3, залежність 5). Коливання струму у таких електролітах відсутні, що говорить про відсутність місцевих зон руйнування оксиду.

Метою подальших досліджень стало встановлення впливу вмісту концентрації NH_4F у електроліті на поляризаційні залежності сплаву. Одержані залежності показані на рисунку 2. За концентрації амонію фториду в електроліті у межах $1-5$ г/дм³ анодна поляризаційні залежності мають чіткі ділянки активного розчинення сплаву, переходу до пасивного стану і квазістаціонарної пасивації електрода. Як показують отримані дані, густини струму за активного стану, піку на кривій, переходу до пасивного стану, потенціали пасивації електрода не залежать від концентрації солі в електроліті. Якщо ми будемо вважати, що швидкості хімічного розчинення титану та оксидного шару, утвореного внаслідок електрохімічного окислення, описується рівняннями хімічної кінетики, то необхідно очікувати підвищення струму піку та струму квазістаціонарного стану електрода за підвищення вмісту амонію фториду в електроліті.

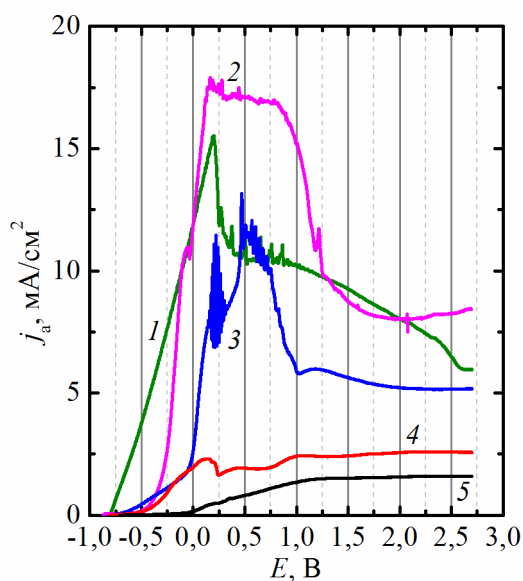


Рисунок 2. Анодні поляризаційні залежності титанового сплаву Ti6Al4V.

Співвідношення спирт-вода дорівнює 80:20 об. %;

$c(\text{HF}) = 3,36 \text{ г/дм}^3$. $c(\text{NH}_4\text{F})$, г/дм^3 : 1 – 1; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 25; 5 – 50

Одержані результати свідчать, що цього не спостерігається, що є ще одним підтвердженням складного механізму взаємодії оксидної плівки з компонентами електроліту. Слід зазначити, що у деяких випадках коливання потенціалу можуть бути впорядкованими, що дозволяє віднести їх до періодичних автоколивальних хімічних процесів, що мають електрохімічну генерацію. Дане спостереження є аргументом на користь можливості використання досліджених електролітів для анодної обробки сплаву Ti6Al4V, однак необхідним є проведення досліджень по визначенню впливу умов стаціонарного електролізу на властивості обробленої поверхні [3].

Суттєву відмінність від вищеописаних мають поляризаційні криві, які одержані у електроліті з $c(\text{NH}_4\text{F}) = 25\text{--}50 \text{ г/дм}^3$. Вони мають вироджений характер у порівнянні з залежностями, які були отримані за низьких концентрацій амонію фториду в електроліті. Поляризаційна крива в електроліті за концентрації солі 25 г/дм^3 лише умовно може бути віднесена до залежностей металів, які пасивуються під час анодної обробки. На залежності можна виокремити ділянки активного стану, максимуму струму та його спадання, але пасивності сплаву не спостерігається. Крива, отримана за $c(\text{NH}_4\text{F}) = 50 \text{ г/дм}^3$ характеризується поступовим наростанням густини струму за зміни потенціалу від початкового стаціонарного значення до потенціалу +1,1 В за яким слідує вихід на горизонтальну ділянку. Єдиним висновком, який слідує з залежностей

4 та 5 рисунку 2 є інгібування електрохімічних реакцій за цих концентрацій NH_4F . Вірогідно, це викликане особливостями кислотно-сольової взаємодії у як суміші етиленгліколю та води. Однак для цього потрібне проведення додаткових досліджень, які дозволять зробити більш обґрунтовані висновки стосовно природи експериментальних ефектів.

Список використаних джерел

1. Savvova O., Voronov G., Fesenko O. [et al.]. Using the electrochemical etching as a method for the preparation of the titanium surface to get anodic oxide films. 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). P. 348–351.

2. Smirnova O., Nikonov A., Mukhina Yu. [et al.]. Electrochemical formation of oxide films on the titanium alloy of Ti6Al4V in ethylene glycol-water electrolytes to produce bioinert coatings and increase the corrosion. *Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1038. P. 77–84.

3. Smirnova O., Sincheskul A., Nikonov A. [et al.]. The obtaining two-layer oxide films on titanium medical implants by electrochemical oxidation in aqueous-organic electrolytes. 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). P. 387–391.

4. Андрущенко О. О., Пилипенко О. І. Електрохімічне формування тонких інтерференційно-забарвлених оксидних плівок на сплаві Ti6Al4V в сульфатному електроліті. *Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія*. 2019. Вип. 1. С. 36–40.

5. Pilipenko A., Smirnova O., Gura S. [et al.]. Studying the insulating properties of oxide films obtained on the Ti6Al4V alloy in tartaric acid solutions using the method of electrochemical decoration by copper. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2020. Vol. 15. No. 15. P. 1657–1666.

6. Токайчук Т. М., Сьомкіна О. В., Смирнова О. Л. [та ін.]. Дослідження динаміки формування оксидних плівок на сплаві Ti6Al4V у електролітах на основі етиленгліколю. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020. Т. 31(70). Ч. 1. № 2. С. 213–216.

7. Сьомкіна О. В., Токайчук Т. М., Пилипенко О. І. Анодні процеси на сплаві Ti6Al4V в системі « $(\text{CH}_2)_2(\text{OH})_2\text{--H}_2\text{O--NH}_4\text{F}$ ». *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2020. Т. 31. Ч. 2. № 1. С. 88–92.

СУЛЬФАТОСТІЙКИЙ БАРІЙВМІСНИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ ДЛЯ ЦЕМЕНТУВАННЯ НАФТОВИХ ТА ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Золотарьов Кирило Вікторович,

аспірант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей,

Шарапов Михайло Ігорович,

аспірант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей,

Тараненкова Вікторія Віталіївна,

професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, докт. техн. наук,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

kyrylo.zolotarov@ihti.khpi.edu.ua

Теперішнє падіння видобутку газу в Україні обумовлено не стільки зменшенням ресурсної бази, як, в першу чергу, тим, що легковидобувні запаси інтенсивно вичерпувалися, а більш складні для видобутку взагалі не залучалися до розробки. Проте, пошук нових і розробка старих запасів вуглеводнів можуть бути ускладнені необхідністю проведення робіт у вкрай несприятливих свердловинних умовах, оскільки все більше робіт, пов'язаних з розвідкою і видобутком нафти і газу, доводиться здійснювати при високих пластових тисках і температурах (ВТТ). Так, наприклад, згідно з результатами аналізу тенденцій розвитку підводних систем, виконаного фірмою Welling and Company, у 11 % свердловин, буріння яких заплановано на найближчі 3–5 років, прогнозні температури на забої перевищать 177 °С, а в 26 % свердловин забійні тиски очікуються від 70 до 100 МПа [1].

Однак, в Україні з тампонажних цементів виробляються лише марки ПЦТ І-100 та ПЦТ ІІ-50, призначені для цементування нафтових, газових та інших свердловин в умовах низьких, нормальних і помірних температур, тобто при температурах не вище 50–100 °С.

Для відокремлення пластів в глибоких нафтових і газових свердловинах необхідно, щоб рецептура цементного розчину забезпечувала стійкість цементного каменю в умовах ВТТ. Тампонажні цементи постійно знаходяться під впливом складних свердловинних умов і під час цього повинні надійно фіксувати обсадні колони і роз'єднувати пласти протягом багатьох років. Для вирішення таких складних технічних проблем необхідна розробка нових тампонажних в'язучих матеріалів для надійної служби за умов ВТТ, які характеризуються високою механічною міцністю, термостійкістю, стійкістю до агресивної дії пластових (зазвичай сульфатних) та морських вод. Таким чином, сучасні тенденції в нафто- та газовидобуванні диктують нові вимоги до матеріалів, що використовуються при тампонуванні видобувних свердловин.

Відомо, що введення барійвмісних сполук до складу портландцементу позитивно впливає на його сульфатостійкість [2]. Автори [3, 4] пропонують для підвищення сульфатостійкості вводити в клінкер портландцементу карбонат барію, оскільки BaCO_3 пригнічує утворення еттрінгіту, а роботи в [5] карбонат або сульфат барію у кількості до 5 мас. % вводиться безпосередньо в портландцементну сировинну суміш.

Нами були синтезовані два склади барійвмісних портландцементів, що містили відповідно 55 мас. % BaO (БПЦ-1) та 50 мас. % BaO (БПЦ-2). Випробовування здійснювалися згідно з методикою викладеною в [6]. Нами були обрані досить жорсткі умови експерименту, а саме: зразки після виготовлення і зберігання протягом 7 діб тверднення за нормальних умов поміщалися в 3 % розчин MgSO_4 та піддавалися випробуванням після 28 діб зберігання в агресивному середовищі. Також, оскільки, при службі вони одночасно можуть піддаватися дії не тільки мінеральних, але й прісних вод, паралельно зразки цементів тверділи в дистильованій воді.

Коефіцієнт сульфатостійкості визначався як відношення міцності на стиск зразків після 28 діб зберігання в агресивному середовищі до міцності зразка того ж цементу після тверднення у воді. Цемент визнається нестійким відносно даного агресивного середовища, якщо коефіцієнт стійкості $\text{КС} < 0,9$ – у разі, коли бетон знаходитиметься у воді або сильно фільтруючому ґрунті (крупному піску, тріщинуватій породі і т. п.) або $\text{КС} < 0,8$ – у випадку, якщо бетон буде оточений слабо фільтруючим ґрунтом (глиною, суглинками і т. п.) [2]. У таблиці 1 наведені результати визначення сульфатостійкості зразків цементів.

Таблиця 1. – Сульфатостійкість барійвмісних портландцементів

Цемент	Границя міцності на стиск після 28 діб твердіння, МПа		Коефіцієнт сульфатостійкості
	3 %-й розчин MgSO_4	дистильована H_2O	
БПЦ-1	26,4	32,6	0,8
БПЦ-2	61,2	51,0	1,2

Зниження коефіцієнту сульфатостійкості БПЦ-1 зумовлено присутністю в продуктах гідратації більшої кількості гідро алюмінату, ніж у БПЦ-2, оскільки відомо, що MgSO_4 в першу чергу реагує з гідроалюмінатом, утворюючи

сполуки з більшою густиною. На наш погляд, цей недолік можна скорегувати знизивши вміст трьохкальцієвого алюмінату в БПЦ-1. Кристали, що утворилися на поверхні зразків, які тверділи 28 діб в 3 % розчині MgSO_4 досліджували за допомогою рентгенофазового аналізу. Як свідчать отримані результати, основною складовою цих кристалітів є сульфат барію, утворення якого на поверхні зразків забезпечує високу сульфатостійкість одержаних матеріалів.

Зразки цементів продовжували зберігатися у розчині MgSO_4 протягом 6 місяців (розчин змінювався кожні 15 діб). Склад шару, що утворився на поверхні зразків після 6 місяців зберігання в агресивному середовищі також визначався за допомогою рентгенофазового аналізу. Виявлено, що він складається з кристалітів BaSO_4 та $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Виявлено, що міцність на стиск зразків цементів після 6 місяців зберігання в 3 %-му розчині MgSO_4 для БПЦ-1 майже не змінилася і дорівнює 26,5 МПа (рН розчину – 9), а для БПЦ-2 помітно зросла і досягає 73,5 МПа (рН розчину – 7).

Таким чином, розроблені барійвмісні портландцементи характеризуються високою сульфатостійкістю у порівнянні зі звичайними портландцементами і можуть використовуватись для служби в умовах дії як прісних, так і агресивних сульфатних вод

Список використаних джерел

1. ДеБрейн Г., Грінуей Р., Харісон Д. Технології високих тисків і температур. *Нафтогазовий огляд*. 2003. № 3. С. 58–76.
2. Zhao L., Liu J.-H., Ji H.-G. Performance improvement and mechanism of concrete with the addition of barium hydroxide reagent in typical sulfate environment. *Journal of China Coal Society*. 2017. Vol. 42. № 7. P.1732–1739.
3. Carmona-Quiroga P. M., Blanco-Varela M. T. Ettringite decomposition in the presence of barium carbonate. *Cement and Concrete Research*. 2013. Vol. 52. P. 140–148.
4. Carmona-Quiroga P. M., Blanco-Varela M. T. Use of barium carbonate to inhibit sulfate attack in cements. *Cement and Concrete Research*. 2015. Vol. 69. P. 96–104.
5. Zezulová A., Stančka T., Opravil T. The influence of barium sulphate and barium carbonate on the Portland cement. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 151. P. 42–49.
6. Бутт Ю. М., Тимашев В. В. Практикум з хімічної технології в'язучих матеріалів : Вища школа. 1973, 504 с.

УДК 666.973.6

УДОСКОНАЛЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВАПНА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПАР ДЛЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ТА МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Сігунов Олексій Олександрович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Стоянов Олександр Миколайович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Головко Андрій Олегович,

аспірант,

Український державний університет науки і технологій;

Семірягін Сергій Володимирович,

директор, к.т.н., доцент,

ДП Науково-проектний інститут "ДНПРОЕНЕРГОСТАЛЬ"

alsigunov@ukr.net

Процес виробництва газобетонної суміші включає подрібнення сировини, такої як вапно, вапняний пісок і вапняно-шлакове в'язуче, сланцеве зольне в'язуче до необхідної дисперсності. Крім того, у світовій практиці сталеплавильного виробництва широкого поширення набули технології ковшового рафінування металу порошкоподібними реагентами на основі вапна. Однак процеси підготовки високотехнологічних порошкових вапняних сумішей і їхнього подальшого використання як у технології виробництва газобетону, так і при інжекційній обробці залізовуглецевих розплавів у металургії, пов'язані з низкою труднощів, зумовлених агрегуванням дрібнодисперсних часток, налипанням їх на молотні тіла та бронефутерівку під час помелу в кульових млинах, що суттєво знижує ефективність помелу та утрудняє роботу устаткування. Розмелене вапно має низьку плинність, схильне до гідратації та карбонізації, що скорочує термін його зберігання до однієї доби, що негативно впливає на процес виробництва газобетону загалом і призводить до погіршення результатів рафінування рідкого металу та порушення стабільності роботи інжекційного обладнання під час виплавки сталі в металургії.

На більшості підприємств будівельної та металургійної промисловості України приготування порошкоподібних сумішей здійснюється на кульових млинах із застосуванням високовартісних ПАР, таких як триетаноламін і дофен.

Дослідження щодо удосконалення реологічних властивостей сумішей на основі вапна із застосуванням поверхнево-активних речовин, в тому числі на базі відходів хімічної промисловості представляє науковий та практичний інтерес.

У дослідженнях як ПАР було використано як гідрофобізуючі речовини закордонного виробництва, так і відходи хімічних виробництв України. В якості хімічних добавок (ПАР) були обрані наступні речовини: а) добавка № 1 – Wacker AK 20 silicone fluid; б) добавка № 2 – соапсток “Олейна”.

Для визначення раціонального вмісту хімічної добавки були обрані декілька їх концентрацій. Вибір діапазону концентрацій для кожної з ПАР обирався виходячи з отриманих пошукових літературних даних їх застосування (або близьких прототипів) в будівельній галузі.

Додавання необхідного вмісту добавок ПАР в лабораторний кульовий млин виконувалось через медичний шприц в необхідній кількості від маси вапна, що розмелювалось.

В якості основних технологічних властивостей порошкових сумішей як в будівельній промисловості зокрема в технології виробництва газобетонів, так і для інжекторної обробки залізобетонних розплавів в металургії, були досліджені: дисперсність продуктів розмелу; кут природнього відкосу матеріалу та час витікання матеріалу з конусної воронки, як критерії рухомості суміші; активність; температура та час гашення.

Добавкою № 1, яка була досліджена в лабораторних умовах в якості інтенсифікатора рухомості вапняної суміші була WACKER® AK 20 SILICONE FLUID – лінійна, інертна, полідиметилсилоксанова рідина з в'язкістю $\sim 20 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Аналіз результатів досліджень використання добавки № 1 показав, що вона дещо знижує активність вапна (на 8–11 % в порівнянні з еталонним флюодизованим вапном). Цей факт дозволяє застосовувати вапняну суміш в якості рафінуючого матеріалу в металургії і компоненту в газобетонній композиції.

Порівняний аналіз характеристики формування кута природнього відкосу матеріалу та часу витікання його з конусної воронки показують, що найбільш раціональним вмістом добавки Wacker AK 20 silicone fluid, який забезпечує максимальне зменшення цих характеристик є 0,1 мас. %.

Добавкою № 2, яка була досліджена в лабораторних умовах в якості інтенсифікатора рухомості вапняної суміші був відхід виробництва соняшникової олії – соапсток “Олейна” (ТМ “Олейна”, м. Дніпро).

Аналіз результатів досліджень використання добавки №2 показав, що вона знижує активність вапна (на 11,8–23,2 % в порівнянні з еталонним флюодизованим вапном), що не є суттєвим і з точки зору цього параметру може бути рекомендованим для застосування в якості рафінуючого матеріалу в металургії. Проте таке зменшення активності вапна при виробництві

ніздрюватих бетонів може призвести до зниження реакційної здатності під час газовиділення.

Порівняний аналіз характеристики формування кута природного відкосу матеріалу (α) та часу витікання його з конусної воронки ($t_{\text{ВМВ}}$) показують, що найкращі показники цих характеристик ($\alpha = 38,5$ градусів та $t_{\text{ВМВ}} = 30$ с) для суміші з вмістом добавки соапсток “Олейна” 1,5 мас. % є значно вищими, ніж для еталонного флюодизованого вапна – на 20 та 67 %, відповідно. Таким чином, добавку соапсток “Олейна” у інтервалі концентрацій, які досліджувалися, не рекомендується для використання в газобетонних композиціях і в рафінованих вапняних сумішей для покращення їх рухомості.

Таким чином, дослідження щодо удосконалення реологічних властивостей сумішей на основі вапна із застосуванням ПАР показали, що використання добавки Wacker AK 20 silicone fluid в кількості 0,1 мас. % є технологічно обґрунтованим як для металургійної, так і для будівельної промисловості.

СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДЕКОРАТИВНИМ АВАНТЮРИНОВИМ ЕФЕКТОМ

Маценко Сергій Васильович,

кандидат технічних наук, докторант,

Рижова Ольга Петрівна,

доктор технічних наук, професорка, професорка,

Український державний університет науки і технологій

sermats.dcb@gmail.com

Скля, глазурні та емалеві покриття із декоративним авантюриновим ефектом, яким притаманна здатність мерехтіння світла, мають узагальнену назву “авантюрини”. Останнім часом цей різновид штучних склокристалічних матеріалів все більше знаходить застосування при виготовленні ювелірних прикрас, облицювальних плит із скла, а також керамічних та емальованих виробів із декоративним покриттям [1].

Прийнято вважати, що класичними авантюринами є залізні, хромові та мідні, для яких характерною є присутність кристалів гематиту ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), есколаїту (Cr_2O_3) та міді. Саме присутність іонів заліза, хрому та міді в базовому склі визначає колір забарвлення склофази, а також обумовлює протікання процесів зародження кристалів та подальшого авантюриноутворення. Механізм авантюриноутворення в кожному випадку відрізняється, і залежать насамперед від показника межі розчинності забарвлюючого іону в розплаві базового скла, його здатності змінювати валентність та координаційний стан, що визначає спроможність приймати участь у побудові каркасу скла, а також від структури базового скла. Так наприклад, в залізних авантюринах залізо в розплаві скла може бути присутнім у вигляді іонів Fe^{3+} та частково – Fe^{2+} . Іони Fe^{2+} мають октаедричну координацію, а іони Fe^{3+} – тетраедричну та октаедричну. Угрупування іонів заліза в октаедричних координаціях проявляють схильність до утворення кристалічної фази, а в тетраедричній координації – приймають участь у побудові каркасу скла. Так як в залізних авантюринах декоративний ефект викликають кристали гематиту, то очевидно, що для протікання процесу кристалізації, залізо має знаходитися у стані Fe^{3+} октаедричної координації.

Водночас із цим, процес авантюриноутворення повністю відповідає класичним уявленням про залежність швидкостей утворення центрів кристалізації та росту кристалів від температури скла, і відбувається в інтервалі між нижньою температурою кристалізації T_2 та температурою ліквідусу розплаву $T_{\text{лікв.}}$ (рисунок 1) [2].

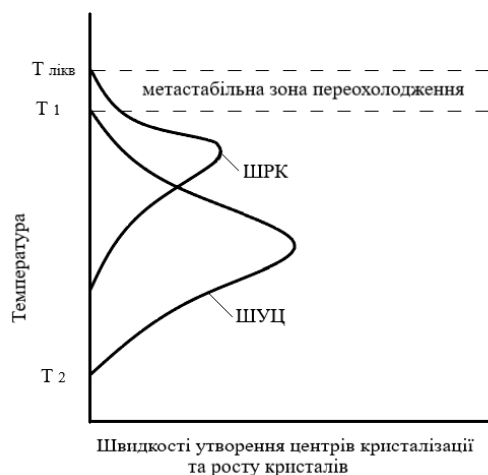


Рисунок 1 – Вплив температури розплаву скла на швидкість утворення центрів кристалізації (ШУЦ) та швидкість росту кристалів (ШРК) [2]

На основі принципів борного та залізоборного координаційних ефектів, було запропоновано методику розрахунку кількості угруповань іонів Fe^{3+} в тетраедричній та октаедричній координації в складі натрійборосилікатних стекол, що дозволяє за результатами розрахунків визначати схильність дослідних стекол до кристалізації.

Для залізовміщуючих стекол, які за результатами розрахунків є схильними до кристалізації, було проведено дослідження механізму авантюриноутворення. Під високотемпературним мікроскопом МБС-10 встановлено параметри термічної обробки стекол, при яких досягається утворення центрів кристалізації та зростання кристалів в об'ємі склофази (кількість кристалів – 400–450 шт/см²; середній розмір кристалів – 300 мкм).

Властивості одержаних залізовміщуючих авантюринових глазурей:

температура випалу – 1 000–1 200 °С;

ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7$ – 58–90 К⁻¹;

термічна стійкість – 150 °С;

водостійкість – 99,8 %;

блиск – 80 %.

Список використаних джерел

1. Маценко С. В., Риждова О. П. Вплив складу та структури натрійборосилікатних стекол на оптико-колірні характеристики хромового авантюринового скла у присутності кобальт(II) оксиду. *Вопросы химии и химической технологии*. 2024. № 3. С. 98–104.
2. Брагіна Л. Л., Зубехін А. П., Білий Я. І. Технологія емалі та захисних покриттів. Харків: НТУ ХПІ. 2003, 484 с.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ХРОМОВИХ ПОКРИТТІВ

Михайлов Денис Олександрович,

аспірант,

Штефан Вікторія Володимирівна,

проф., д.т.н., професор кафедри технічної електрохімії,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Denys.Mykhailov@iht.khpi.edu.ua

Сучасні тенденції розвитку авіаційної, машинобудівної, автомобільної та інших галузей промисловості вимагають створення та впровадження нових матеріалів і покриттів із підвищеними експлуатаційними властивостями. Твердість, висока зносостійкість, термічна й корозійна стійкість – ключові критерії для деталей, що працюють у важких умовах [1]. Технологія електрохімічного осадження хрому здатна формувати міцні покриття з добрими корозійними та антифрикційними характеристиками. Однак традиційні гальванічні електроліти на основі шестивалентного хрому мають кілька суттєвих недоліків: токсичність електролітів, є екологічно небезпечні та створюють підвищені ризики для здоров'я працівників; недостатня корозійна та зносостійкість в агресивних середовищах або за високих температур; тріщинуватість отриманих покриттів, що знижує їхній ресурс.

Актуальність розроблення малотоксичних і водночас високоефективних композиційних хромових покриттів постійно зростає [2]. Дослідження у сфері покращення структури таких покриттів та зниження екологічних ризиків набувають стратегічного значення для промисловості [3].

Одним із напрямів розвитку є застосування тривалентного хрому, оскільки він менш токсичний і потребує порівняно простіших заходів безпеки [3]. Проте на практиці важливо знайти баланс між безпечністю процесу та необхідними експлуатаційними характеристиками.

Композиційні хромові покриття є перспективним напрямком у підвищенні функціональних властивостей деталей які передбачають введення в електроліт нанодисперсних чи мікро частинок (оксид титану [4], карбід кремнію, карбід вольфраму, нітрид бору, тощо). Для досягнення ефективного включення частинок у матрицю потрібно ретельно підбирати: тип і концентрацію дисперсної фази; спосіб перемішування; режим електролізу.

Технологія поки що потребує стандартизації та визначення оптимальних параметрів для масового промислового впровадження. Перспективи розвитку та напрямки досліджень:

1) оптимізація складу електроліту та концентрації наповнювача. Важливо встановити залежності між концентрацією частинок у ванні та показниками структури покриттів (товщина, мікротвердість, кількість тріщин);

2) дослідження впливу різних режимів перемішування на рівень включення частинок у матрицю хрому та на однорідність їх розподілу по товщині покриття;

3) використання багатокомпонентних розчинів. Передбачається можливість одночасного введення до покриття двох чи більше видів дисперсних фаз, що дасть змогу поєднати переваги кожного компоненту. З іншого боку, постає питання взаємодії між частинками різних типів і специфіки їх сорбції на катоді;

4) економічні та екологічні аспекти. Важливим є пошук альтернативної сировини для отримання хромових розчинів, рециркуляція відпрацьованих компонентів, комплексне використання ресурсів. За можливості варто впроваджувати технології безвідходного або маловідходного виробництва [5].

Удосконалення процесів електрохімічного осадження дозволить створювати високотехнологічні покриття з мінімальним впливом на довкілля.

Список використаних джерел

1. Shtefan V. [et al.]. How the multi-phase microstructure of a novel tool steel determines its corrosion behaviour in sulphuric acids. *Corrosion Science*. 2024. P. 233.

2. Shtefan V., Kanunnikova N., Zuyok V. Comparative evaluation of microstructure and electrochemical, high-temperature corrosion rates of titanium-and aluminum-modified black chromium coatings on AISI 304 stainless steel. *Surface and Coatings Technology*. 2025. C. 131706.

3. Данилов Ф. Й., Проценко В. С. Електроосадження хрому з електролітів на основі сполук Cr(III): огляд. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2020. № 2. С. 4–29.

4. Shtefan V.V. [et al.]. Electrodeposition of chromoxide coatings from electrolytes modified with $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2022. P. 140.

5. Суворін О. В., Шорохов М. М., Ожередова М. А. [та ін.]. Високоєфективна технологія знешкодження Cr(VI)-вмісних промивних вод електрохімічних виробництв. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2019. № 4. С. 88–95.

СУЧАСНІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ОСАДЖЕННЯ СПЛАВУ НІКЕЛЬ-МОЛІБДЕН

Вєлієв Юніс Імдадійович,

аспірант,

Штефан Вікторія Володимирівна,

проф., д.т.н., професор кафедри технічної електрохімії,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

yunys.vieliiev@iht.khpi.edu.ua

Сьогодні в електрохімії велику роль займають модифіковані композиційні покриття різними сполуками вентильних металів, наприклад, як молібден і титан тощо [1–3]. Такі сполуки мають функціональні властивості: значну твердість, корозійну стійкість, високий термічний опір, зносостійкість, каталітичну активність у реакції виділення водню. Завдяки перерахованим вище властивостям, модифіковані композиційні покриття є перспективними матеріалами для різних областей застосування, як у вигляді гальванічних сплавів, так і оксидних плівок.

Сплави Нікель-Молібден (Ni-Mo) відзначаються високою корозійною стійкістю, жаростійкістю та механічною міцністю, що робить їх ідеальними для застосувань у хімічній, енергетичній та аерокосмічній промисловості. Розвиток технологій їх осадження є важливим напрямком у матеріалознавстві.

Сучасний стан технологій осадження Ni-Mo можна підсумовувати наступним:

1) *електроосадження*. Цей метод дозволяє отримувати покриття з контрольованим вмістом молібдену. Важливими параметрами є склад електроліту, густина струму та температура процесу. Наприклад, в дослідженні [4] показали, що за співвідношення $[\text{Ni(II)}]:[\text{Mo(VI)}] = 0,25:0,07$ М можна досягти високого вмісту молібдену в покритті;

2) *лазерне наплавлення*. Використання порошків сплавів на основі нікелю в лазерному наплавленні забезпечує високу ефективність осадження та відмінну адгезію до основи. Цей метод [3] дозволяє точно контролювати параметри процесу, що забезпечує бажану мікроструктуру та властивості покриття;

Перспективні напрямки розвитку технологій осадження Ni-Mo:

1) *використання нових електролітів*. Розробка та впровадження нових електролітів, зокрема на основі глибоких евтектичних розплавів (DES), може покращити якість та ефективність процесу осадження. Наприклад, дослідження

[4] показали, що використання DES без додаткової води дозволяє досягти кращих електрокаталітичних властивостей покриттів;

2) *наноструктурування покриттів*. Створення нанокристалічних та аморфних покриттів може значно покращити механічні та корозійні властивості сплавів Ni-Mo. Розробка феноменологічної теорії росту кристалів при електрокристалізації відкриває нові можливості для контролю над мікроструктурою покриттів [5];

3) *інтеграція з іншими технологіями*. Комбінування методів осадження з іншими технологіями, такими як фізичне осадження з парової фази (PVD) або хімічне осадження з парової фази (CVD), може дозволити отримати покриття з покращеними властивостями та розширити їх застосування.

Розвиток технологій осадження сплавів Ni-Mo відкриває нові можливості для створення матеріалів з покращеними властивостями для різних промислових застосувань [6]. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на оптимізацію процесів осадження, розробку нових електролітів та методів контролю мікроструктури та електрокаталітичних властивостей покриттів.

Список використаних джерел

1. Ved' M. V., Nenastina T. O., Shtefan V. V. [et al.]. Corrosion and electrochemical properties of binary cobalt and nickel alloys. *Materials Science*. 2008. Vol. 44. P. 840–843.

2. Shtefan V. V., Epifanova A. S., Koval'ova A. A. [et al.]. Electrolytic deposition of highly hard coatings of a Cobalt–Molybdenum alloy. *Materials Science*. 2017. Vol. 53. P. 47–54.

3. Грона О. С. Вплив легування на структуру та властивості порошкових сплавів на основі заліза. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Київ, 2021.

4. Кублановський В. С., Берсірова О. Л., Японцева Ю. С. [та ін.]. Електрохімічний синтез наноструктурованих суперсплавів з цінними електрохімічними, електрокаталітичними та корозійними властивостями. *Журнал Академічний Періодик*. 2021. С. 132–144.

5. Штефан В. В. Електрохімічні процеси в технології функціональних молібден- та вольфрамвмісних покриттів. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Харків, 2018.

6. Nenastina T., Bairachnaya T., Ved M. [et al.]. Electrochemical synthesis of catalytic active alloys. *Functional Materials*. 2007. Vol. 14. No. 3. P. 395.

СЕКЦІЯ 2

***НАФТОГАЗОВА ТА КОКСОХІМІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ,
КОРОЗІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ
ТА ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ***

Трегубов Дмитро Георгійович,

кандидат технічних наук, доцент, професор,

Мазуров Володимир Сергійович,

курсант,

Національний університет цивільного захисту України

trehubov_dmytro@nuczu.edu.ua

У металургії чавуну для його виробництва використовують доменний кокс, а для переплавки – ливарний. Після коксування кокс має $t \approx 1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ і на повітрі починає горіти у гетерогенному режимі. Щоб запобігти цьому кокс охолоджують мокрим або сухим способом до температури $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Першим був застосований мокрий – зрошування водою; у разі подавання стічних вод це зменшує їх обсяг на 30 % і навантаження на водоочисні споруди. Для цього стічні води очищують від смол, масел, нафталіну, які покривають кокс плівкою. Частина забруднень води потрапляє у повітря. Проблемами також є корозійна дія парової хмари на гасильні вагон і вежу, зниження міцності коксу внаслідок різких температурних перепадів, зволоження, потреба у чистій технічній воді, втрати води шляхом випаровування. Недоліком є й відсутність рекуперації тепла гарячого коксу.

Після коксування гарячий готовий кокс виштовхують у гасильний вагон, який переводять у гасильну вежу, де подають воду за час до 65 с. Витрата води досягає 5 м^3 на 1 т сухого коксу, а втрата води на випаровування, крапельний винос і зволоження коксу складає – $0,5\text{ м}^3$ (до 12 %). Температура стоку після гасіння – $40\text{--}45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після відстоювання від коксового пилу воду знов подають на гасіння з додаванням технічної води і очищених фенольних вод. Для завершення охолодження кокс з гасильного вагону після 30 с відстоювання видають на рампу, де ще раз зрошують та дають час на підсушування до 20 хв. до вологості менше 1 %. У коксі залишається, головним чином, адсорбована волога.

Для мокрого гасіння змішують стічну і технічну воду з добавками проти корозії [1], на гасіння поступає вода, г/л: сульфати – до 8,8; летучий амоніак – до 0,34, зв'язаний – до 2,6; хлориди (за Cl) – до 4,4; роданіди – до 1,2; ціаніди – до 0,2, феноли – до 0,8. Після гасіння вміст летучого амоніаку падає у 5 разів, сірководню – у 10, фенолів – у 6. З перших порцій води на гарячому коксі окислюється до 60 % фенолів, 5 % залишається у воді, інша частина – переходить у повітря, для останніх порцій води розподіл – 10/40/50 %. З парової хмари виникають опади. Вміст масел у парі створює задушливу атмосферу, що

може спричинити угоряння людей. Води гасіння коксу потребують доочищення.

Недоліки мокрого гасіння призвели до розробки нових технологій: етапного гасіння водою та сухого гасіння негорючими газами. У разі сухого гасіння гарячий кокс подають у цегляні камери, де охолоджують негорючими газами. Нагріті газу направляють у котли-утилізатори, після чого повертають у цикл гасіння коксу. Такий вплив на кокс підвищує його якість, ефективність коксового і доменного виробництв, знижує забруднення повітря. Оборотної газ для гасіння (CO_2 , CO , N_2) створюють шляхом реакції гарячого коксу і повітря камери при запуску установки: газ нагрівається з 200 до 800 °С, а кокс остигає до 250 °С. У котлі-утилізаторі утворюється до 40 т/год перегрітої пари з $t = 450$ °С.

Перевагами сухого гасіння є відсутність викидів забрудненої пари, менша вологість коксу, рекуперація тепла коксу і вироблення електроенергії, отримання більш міцного коксу, збільшення у шихті частки менш спікливої вугілля. Недоліками є окупність до 8 років, потреба системи резервного мокрого гасіння та ревізії котлів-утилізаторів протягом 1 місяця на рік, потреба очищення більшого об'єму стічних вод з більшим забрудненням, втрата до 3 % маси коксу внаслідок вигорання, потреба очищення газів від коксового пилу, утворення парникових газів, потреба у рампі для сушки коксу від пірогенетичної вологи.

Є альтернативний шлях позбутися мокрого гасіння через технологію утворення середньотемпературного коксу за умови переобладнання під нього й металургійної промисловості, що на даний час нереально.

Можливість знешкодження та утилізації стічних вод залишає технологію мокрого гасіння цікавою, особливо за умов рекуперації тепла на першому етапі охолодження коксу, повернення пари в оборотний цикл води, спалювання перших порцій нагрітої пари, яка аналогічна генераторному газу. Покращення мокрого гасіння потребує вирішення задач: зменшити зону опадів біля гасильної башти та корозії конструкцій, рекуперація тепла коксу, зменшити вологість і зберегти міцність коксу, зменшити витрати і втрати технічної води, забруднення атмосфери шкідливими речовинами, час відстоювання гасильного вагону, конденсувати усю пару для повернення води в оборотний цикл.

Головними забруднювачами води мокрого гасіння є HCN , $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, H_2S , зв'язаний амоніак. Ці ж речовини та SO_2 є головними забруднювачами пари яка викидається. Тобто, їх розкладання та окиснення при гасінні протікають слабо. Температура гарячого коксу до 1 100 °С передбачає такі процеси. Про їх наявність говорить утворення SO_2 , досліді гасіння коксу в 2 етапи (аміачною та технічною водою): 60 % фенолів аміачної води потрапляє у пару, до 45 %

розкладаються й окислюються на розпеченому коксі, до 5 % стікає з водою у відстійники.

Хімічні процеси під час охолодження коксового газу та мокрого гасіння схожі. Після градирні викиди фенолів в атмосферу є меншими, ніж їх вміст у стічній воді, що свідчить про парогазове окиснення. Малий вміст продуктів розкладання говорить про контакт води гасіння переважно з охолодженою поверхнею коксу. Вміст роданидів у воді після гасіння зростає, хоча KSCN розкладається за 250 °C, тобто більший час поверхня коксу має $t < 250$ °C.

На гарячому коксі $t > 700$ °C вода утворює синтез-газ: CO – 44 %, N₂ – 6 %, CO₂ – 5 %, H₂ – 45 %, CS₂, H₂S, метан; за перегрітої пари – починаючи з 500 °C, а з 650 °C – активно. Газ застосовують як паливо, для реакцій синтезу. При реакції 1 молу пари з коксом утворюється 2 молі газів, що дозволяє отримувати енергію. H₂S може утворюватися за взаємодії водню з сіркою коксу (шкідлива домішка металургійного процесу [4]) за $t \approx 350\text{--}600$ °C, за більших температур має місце зворотна реакція; можлива реакція водорозчинних сульфідів з водою. Парафінові вуглеводні за нагріву реагують з сіркою з виділенням H₂S та карбону, який може додаватися до шламу або потоку пари води (як і за мокрого гасіння). За температур близько 1 000 °C сірка реагує з карбоном з утворенням сірковуглецю.

Діоксид сірки утворюється за горіння сірки та при окисненні сульфідів заліза (продукт корозії під дією H₂S) на повітрі за температури 800 °C.

HCN при мокрому гасінні може утворюватися як рідкофазне окиснення роданидів. Але HCN утворюється й при подачі звичайної води, а вміст роданидів у стоку після гасіння зростає; тобто йде реакція на гарячому коксі з водяним газом: можлива реакція аміаку і метану на повітрі на платиновому каталізаторі, або без кисню за $t \approx 1\,050$ °C. За $t > 250$ °C KSCN (NH₄SCN – 170 °C, NaSCN – 307 °C) розкладається на сульфід і ціан, який трохи менш токсичний ніж HCN та ціаніди. За допалювання ціан утворює не токсичні продукти. Але оскільки після мокрого гасіння вміст роданидів у стоці збільшується – ці реакції відбуваються повільно.

Парогазове окиснення фенолів потребує $t > 800$ °C, але на каталізаторах (платина, паладій) достатньо 350 °C; за умов низькотемпературної взаємодії з киснем вони гідроксильються, утворюють хінони, карбонові оксіхінони, гумінові кислоти, пероксидні сполуки, аж до CO₂ та H₂O.

Тобто, здійснення багатьох з цих реакцій потребує високих температур.

У разі стадійної подачі води на гасіння внутрішні шари коксу встигають передати тепло до поверхні шматка і наступна порція води знов потрапить на кокс з максимально можливою температурою; не тривалий контакт розжареної поверхні з водою зменшить напруження у шматку. Керуванням «імпульс-

пауза» можна здійснити гасіння без води, що стікає; час гасіння збільшиться незначно, витрата води зменшиться. У паузах кокс контактує з водяною парою або водяним газом, що флегматизує систему [2, 3] або ізолює гарячий кокс від кисню повітря.

Швидкість охолодження поверхні коксу за безперервної подачі води набагато більша, ніж за стадійної, хоча зміна температури всередині шматка близька. Стадійність зменшує час контакту води з коксом і на відстоювання вагону після гасіння, що компенсує довше гасіння, зменшує кількість і глибину тріщин у коксі, кокс менше адсорбує вологу, бо вода не встигає просочувати шматок, посилює руйнування фенолів, зменшує опади з парового шлейфу.

На розжареній поверхні коксу протікає розкладання органічних та деяких неорганічних сполук, парогазове та неінтенсивне рідкофазне окиснення (для більшої розчинності кисню у воді потрібен тиск до 20 атм.).

Мокре гасіння коксу покращують етапним подаванням води (1 етап – 17 % аміачної, 2 етап – 83 % технічної, з них 33 % випаровує), що збільшує міцність коксу, знижує вміст сірки та утворення шламу. У злив після гасіння потрапляє 3 % фенолів та 6 % аміаку. Досліджено імпульсну подачу води: 2 с впливу надає охолодження поверхні і більша частина води випаровує. Рекомендовано сумарну тривалість подачі води 27 с протягом 1 хв. з першим імпульсом 15 с. Існує схема гасіння «подача-пауза», с: 20–15, 16–15, 16–17, 16–25, 10–30, загальний час гасіння – 2,5 хв., час подачі води 78 с. Температура поверхні під час пауз майже не зростає, тобто немає загоряння коксу. Але дана система розрахована не на руйнування домішок, а на вирівнювання температур у шматку коксу.

Пропонуємо змінити інтервали імпульсної подачі води для наближення графіку остигання поверхні шматка коксу до графіку остигання середини, рис. 1, крива 1. Для відомої схеми імпульсного гасіння в температурну область горіння коксу потрапляють перші три імпульси охолодження коксу ($t > 500\text{ }^{\circ}\text{C}$), на цей момент температура всередині шматка становить близько $700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Вода реалізує охолоджуючу здатність за 3 стадії поглинання тепла: нагрів рідини, випаровування, нагрів пари [3, 5]. Вода, що стікає реалізує цю здатність на 2–10 %. Якщо за мокрого гасіння температура стоку $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, а пара нагрівається до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, то 1 кг води поглине за стандартного мокрого гасіння з врахуванням втрат (10 %): $q_{\text{погл}} = 0,9 \cdot 4,2 \cdot (45 - 20) + 0,1 \cdot (4,2 \cdot (100 - 20) + 2\,260 + 1,96 \cdot (300 - 100)) = 393,3\text{ кДж/кг}$, з яких $94,5\text{ кДж/кг}$ поглинуто водою, що стекла, $265,2\text{ кДж/кг}$ – водою, що випарувалась; це 67,4 % охолоджуючого ефекту. Максимальне поглинання тепла становить: $q_{\text{погл}} = 4,2 \cdot (100 - 20) + 2\,260 + 1,96 \cdot (300 - 100) = 2\,988,0\text{ кДж/кг}$. Тобто, за стандартного гасіння ефективність

охолодження становить 13,2 %, бо головним фактором охолодження коксу (75,6 %) є випаровування води.

Мокре гасіння необхідно організувати так, щоб максимальна кількість води випарувалася, тоді у 7,5 рази буде менше витрачено води та сумарний час її імпульсної подачі. За стандартною методикою час гасіння з рампою 120 с, загальний час імпульсної подачі – 16 с, з врахуванням втрат – 30 с. Для охолодження поверхні коксу достатньо 1 с впливу; 5 с буде відновлюватись температура поверхні, усереднюватись у шматку, а також зберігатись неокисне середовище у вагоні. Для досягнення такої умови у всьому насипі коксу у гасильному вагоні необхідний час, за який вода досягне поверхні похилого дна. Прийmemo час першого імпульсу подачі стічної води 2 с – для омивання усіх поверхонь, що можуть контактувати з O_2 повітря. Це знизить $t = 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ шматка на $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Паузи 10 с має бути достатньою для відсутності загоряння, у шматку вирівнюються температури з встановленням на поверхні температури незначно меншої від початкової. За більших температур більшою є інтенсивність дифузії, тоді перші паузи можна робити коротшими, с: 2–5, 2–6, 2–7, 1–8, 1–9, 1–10, 1–11, 1–12, 1–13, 1–14, 1–15. Тоді за першу хв. час подачі води – 9 с, за другу – 4 с, що забезпечить охолодження коксу без термічних напружень до $t = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$, що достатньо для відсутності загоряння. Надалі можна ще збільшити паузи між імпульсами подачі води для повноти випаровування.

Менша кількість води обумовлює меншу масу забруднень, а імпульсний режим гасіння збільшує глибину знешкодження, тоді можливо подавати на 1-му етапі стічну воду без біохімічного розбавлення. Тоді зниження температури поверхні коксу до $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (окиснення фенолу) досягається за 1хв, а відповідні води ліквідуються з утворенням водяного газу для енергетичних цілей.

На 2-й хв 1-го етапу гасіння подають стічні води після біохімустановки для охолодження коксу нижче за температуру самонагрівання (визначають на калориметрі [6]), коли кокс вже не здатний до самозаймання. За 2 етапи подано $1,7\text{ м}^3$ води. Якщо 50 % фенолів переходить у пару (вміст у воді $0,15\text{ г/дм}^3$), то у повітря перейде 128 г, проти 3750 г за звичайного гасіння (зменшено у 30 разів).

На 2-му етапі гасіння температури коксу замало для більшості реакцій, тому подачу технічної води проводять за 6 циклів «подача-пауза» 1–15 с, тобто 96 с. Загальний час гасіння – 219 с, з них подача води – 19 с; усувається потреба відстоювання гасильного вагону. Стандартне гасіння з відстоюванням вагону – до 180 с. Для скорочення часу знаходження вагону у гасильній вежі завершення охолодження коксу з температурою $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ можна проводити на рампі.

На звичайне мокре гасіння 13 т коксу подають до 50 м³ води; в імпульсному режимі – 8 м³ води, з них 4 м³ – ліквідовано стічної; 2 м³ – після біохімустановки; 2 м³ – технічної. За стандартного гасіння сумішшю «стічна вода+технічна» як 50/50 випаровує 6 м³ води, з яких 3 м³ – технічна. Тобто, за імпульсного режиму подачі досягається зменшення витрати води у 6,25 рази, достатнє знешкодження стічної води та втрати технічної води аналогічні стандартній методиці гасіння.

Список використаних джерел

1. Gusak V., Drozdник I., Shmalko V. [et al.]. Influence of coke quenching method on its reactivity. *Chemistry, Chemical Technology*. 2012. Vol. 6. No. 1. P. 77–82.
2. Трегубов Д. Г., Тарахно О. В., Шаршанов А. Я. Прогноз ефективності флегматизації горючих систем кисневмісними сумішами. *Проблеми пожежної безпеки*. 2015. № 37. С. 228–234.
3. Трегубов Д. Г. [та ін.]. Фізико-хімічні основи розвитку та гасіння пожеж горючих рідин. Х. : НУЦЗ України. 2024, 216 с.
4. Tregubov D. G., Miroshnichenko D. V. Methods of decrease in sulfur content in coke. *Coke and Chemistry*. 2005. № 6. P. 21–28.
5. Тарахно О. В., Шаршанов А. Я. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі. Харків : АЦЗУ. 2004, 252 с.
6. Трегубов Д. Г. Застосування методу термічного випробування матеріалів у обертовій камері. *Проблеми пожежної безпеки*. 2013. № 34. С. 161–166.

ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФІНОВІ ТА СОЛЕВІДКЛАДЕННЯ В НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИНАХ

Наливайко Олександр Іванович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Ромашко Олександр Васильович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Бобловський Олександр Володимирович,

асистент,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Валері Емілов Мітков,

доктор технічних наук, професор, професор,

Мінно-геологічний університет «Св. Іван Рілскі», Софія, Болгарія

Oleksandr.Boblovskiy@kname.edu.ua

Експлуатація нафтових і газоконденсатних родовищ супроводжується великою кількістю ускладнень, таких як корозія трубопроводів, відкладення на внутрішній поверхні промислових трубопроводів неорганічних солей та асфальто-смолистих речовин; утворення високов'язких емульсій та ін. Відкладення призводять до значного зменшення прохідного перерізу трубопроводів, що спричиняє зростання внутрішнього тиску і, відповідно, збільшення механічних напружень у металі; корозія зменшує товщину стінки труби. У цих умовах міжремонтний період роботи промислових трубопроводів істотно зменшується.

У роботі досліджувалась можливість застосування фізичних методів впливу на відкладення неорганічних солей та асфальтосмолопарафінові відкладення (АСПВ) по внутрішній поверхні промислового обладнання та зниження його корозії. Зокрема використання апаратів магнітної обробки промислових середовищ з метою зменшення їх активності. З цією метою досліджувались вплив складу та властивостей АСПВ, мінерального складу середовища, а також особливостей молекулярної будови асфальтенів на характер формування АСПВ на внутрішній поверхні труб та обладнання.

Утворення АСПВ в нафтопромисловому обладнанні та трубопроводах відбувається з ряду причин: зниження тиску і температури по довжині колони насосно-компресорних труб і нафтозбірних трубопроводів; інтенсивне газовиділення; падіння температури у пласті; зміна швидкості руху газорідинної суміші; склад вуглеводнів; співвідношення об'ємів фаз; стан поверхні труб.

До складу промислових емульсій найчастіше входять такі речовини: асфальтени; парафіни, починаючи з $C_{10}H_{22}$ та вище; хлориди, карбонати та сульфати натрію, калію, кальцію та магнію; оксиди, гідроксиди та сульфід заліза загальної формули Fe_xO_y , $Fe_x(OH)_y$ та Fe_xS_y , відповідно.

Встановлено, що асфальтени утворюють комплекси з сульфідами та оксидами заліза (рис. 1 та 2), у великій кількості присутніми в нафтопромислових середовищах. Енергія взаємодії асфальтенів із сполуками заліза досягає 1000 ккал/моль, що на порядок вище енергії взаємодії молекул асфальтенів між собою. Це доводить, що сполуки заліза «зшивають» розчинені асфальтени і виникають АСПВ на поверхні сталевого обладнання [1].

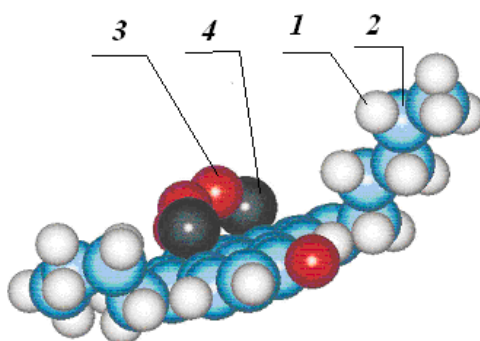


Рисунок 1 – Структура «асфальтен – оксид заліза Fe_2O_3 »:

1 – атом водню; 2 – вуглецю; 3 – кисню; 4 – заліза

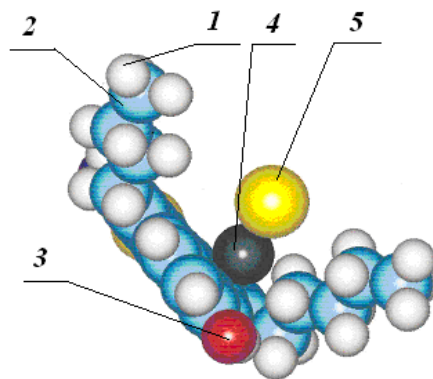


Рисунок 2 – Структура «асфальтен – сульфід заліза FeS »

1 – атом водню; 2 - вуглецю; 3 – кисню; 4 – заліза; 5 – сірки

Встановлено, що магнітна обробка перешкоджає утворенню АСПВ у нафтопромисловому обладнанні [2]. На думку багатьох дослідників енергія магнітної обробки водних середовищ приблизно дорівнює енергії теплового руху атомів. Це дозволяє упорядкувати внутрішню структуру хімічних зв'язків, які характеризуються взаємодією двох або декількох атомів і зумовлюють утворення сталої багатоатомної системи. Передбачається, що апарати магнітної

обробки здатні викликати істотну перебудову електронних оболонок пов'язаних між собою атомів.

Таким чином, в магнітному полі відбувається переорієнтація асфальтенових комплексів, притягнення механічних феро- і парамагнітних домішок до джерела магнітного поля з їх подальшими коагуляцією і агломерацією. Застосування агрегатів магнітної обробки на колонах насосно-компресорних труб видобувних свердловин дозволяє: підвищити додатковий видобуток нафти за рахунок зниження часу простою свердловин під час обробки проти АСПВ; знизити максимальне навантаження головку балансира; підвищити міжремонтний період роботи ускладненого АСПВ фонду свердловин [3].

Встановлено також, що застосування магнітної обробки промислових середовищ запобігає утворенню солевідкладень. Солевідкладення викликає локалізацію корозійних процесів металу труб, що призводить до їх прискореного руйнування, що супроводжується розливами нафти і води. Показано, що на ефективність зниження солевідкладень при магнітній обробці водної фази промислових середовищ найбільше впливають величина магнітної індукції, швидкість потоку середовища і концентрація іонів солей жорсткості.

Висновки:

1) показано, що можливо створення агрегатів магнітної обробки з урахуванням здатності сильномагнітних речовин притягуватися до джерела магнітного поля. Асфальтени утворюють комплекси з сульфідами та оксидами заліза, в яких енергія взаємодії компонентів суттєво перевищує енергію взаємодії молекул асфальтенів між собою. Внаслідок цього для колоїдних розчинів асфальтенів дані сполуки заліза є «зшиваючою» фазою;

2) за різнойменного розташування джерел магнітного поля можна істотно знизити солевідкладення на металі внутрішньої поверхні труб. Ефективність агрегатів магнітної обробки промислових середовищ у середньому на 20 % вище ефективності широко використовуваних інгібіторів солевідкладення, а вартість агрегатів магнітної обробки значно нижча за вартість відповідних об'ємів інгібіторів.

Список використаних джерел

1. Наливайко О. І., Мангура А. М., Наливайко Л. Г. Магнітна обробка нафти як метод боротьби з відкладеннями парафіну при її транспортуванні трубопроводами. *Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, будівництво*. 2013. Т. 2. № 1(36). С. 92–107.

2. Капцов І. І., Наливайко О. І., Ромашко О. В. [та ін.]. Дослідження дії постійного магнітного поля магнітного антипарафінового пристрою на

структуру асфальто-смоло-парафінові відкладення. *Комунальне господарство міст*. 2020. Т. 4. № 157. С. 146–151.

3. Бобловський О. В. Вплив постійного магнітного поля устаткуванням МАУ-1 на високов'язку парафінисту нафту при транспортуванні її у нафтопроводах різних діаметрів, зокрема у насосно-компресорних трубах (НКТ): кваліфікаційна робота магістра: 185 – Нафтогазова інженерія та технології / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків, 2022. 121 с.

**ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЗВАРНИХ ШВІВ ЦЕХУ
ВЛОВЛЮВАННЯ ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС»**

Нестеренко Сергій Вікторович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Бічев Максим Сергійович,

аспірант,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

nester.hnamg@gmail.com

На даний час на ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС» найбільш гострою є проблема захисту від корозії зварних з'єднань в апаратурі сульфатно-піридинових відділень. Особливої актуальності ця проблема набула у зв'язку з введенням нових технологічних впровадженнях, які пов'язані з підняттям кислотності маточних розчинів. Вивчення стану показало, що термін служби зварних з'єднань на деталях сатураторів виконаних з нержавіючих сталей становить від 5–6 місяців до трьох років (залежно від сталей, що застосовуються, і марок електродів).

Корозійні руйнування обумовлено корозією наплавленого металу та пришовної зони основного металу по лінії сплавлення. Вихід з ладу зварних трубопроводів, виготовлених із сталей 10X17H13M2T та 10X17H13M3T після 1,5 річної експлуатації на сатураторній установці ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС», викликаний руйнуванням наплавленого металу. Термін служби зварних швів отриманих за допомогою електродів ЕА 400/10у, НЖ-13 залежно від агресивності середовища досягає 2–4 роки, що явно недостатньо.

У даній роботі були проведені дослідження по впровадженню для зварювання сталей 10X17H13M2T, 10X17H13M3T, а також сплава 06XH28МДТ зварювальних електродів ОЗЛ-17у на базі зварювального дроту 06XH28МДТ.

Наявність у робочих розчинах сульфатного відділення піридинових основ дещо знижує агресивність розчинів. Однак за концентрації їх 10–20 г/л (за кислотності маточного розчину 6–10 %) захисна дія їх не перевищує 50–60 % за 60 °С. За даними дослідників вміст у технологічних розчинах мінеральних солей та коксового газу за практично повної відсутності кисню ускладнює утворення захисних пасивних плівок на поверхні хромонікелевих сталей, що призводить до протікання локальних видів корозійних руйнувань (виразки та піттинги). Крім того, перебіг корозійних процесів стимулює підвищена температура та швидкість руху розчинів.

Як впливає з даних гравіметричних випробувань зразків сталей в агресивних середовищах сульфатних відділень різних коксохімічних заводів (табл. 1) у маточних розчинах сульфатних установок вуглецеві та хромисті сталі піддаються інтенсивній нерівномірній корозії. Хромонікелеві аустенітні сталі типу 18-10, а також економнолеговані сталі мають схильність до локальної корозії, що робить їх непридатними для виготовлення обладнання сульфатних установок. Достатньо стійкі до всіх видів корозійних руйнувань аустенітна сталь 10X17H13M3T та сплав 06XH28MDT.

Таблиця 1 – Результати корозійних гравіметричних випробувань зразків різних сталей в агресивних середовищах сульфатних відділень різних коксохімічних заводів

Матеріал	Швидкість корозії г/(м ² ·год)		
	Місто випробувань		
	Циркуляційна каструля сатуратора	Випарник безсатураторної установки	Збірник циркуляції II ступеня
Ст-3	0,72-4,9	5,24-6,15	6,20-6,80
08X18H10T	0,16-0,33	0,58-6,15	0,35-1,44
10X17H13M3T	0,01-0,05	0,05-0,12	0,06-0,09
08X22H6M2T	0,06-0,92	0,4-1,98	1,35-1,4
06XH28MDT	0,001-0,02	0,01-0,02	0,004-0,06

Аналіз результатів проведених лабораторних досліджень показує, що легування наплавленого металу за допомогою електродів ОЗЛ-17у. Дослідження стійкості зварних швів отриманих за допомогою серійних електродів ОЗЛ-17у проводили у заводських та лабораторних умовах. Було проведено такі дослідження:

- а) визначення корозійної стійкості зварних швів серійних та дослідних варіантів за допомогою електрохімічних вимірів та промислових випробувань;
- б) промислові та експлуатаційні випробування деталей та вузлів конструкцій.

Метал для досліджень отримували з дослідних електродів Ø4 мм методом наплавлення на торець пластини виготовленої зі сталі (12X18H10T, 10X17H13M2T, 06XH28MDT) товщиною 20 мм та довжиною 130 мм відповідно до ГОСТ 6996-78 на струмах 130–140 А.

Промислові гравіметричні випробування зварних з'єднань сталі 10X17H13M2T та сплава 06XH28MDT, виконані серійними електродами наведені у таблиці 2. Аналіз результатів проведених випробувань показує, що

зварні сталі 10X17H13M2T та сплава 06XH28MДТ виконані серійними електродами ОЗЛ-17у є більш стійкими, ніж зварні з'єднання, виконані серійними електродами (НЖ-11).

Таблиця 2. Результати промислових корозійних випробувань зварних сполук у агресивному середовищі ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС» (маточний розчин сульфатного відділення). Час випробування – 400 годин

Електрод	Марка сталі	Швидкість корозії г/м ³ час
НЖ-13	10X17H13M2T	0,5213**
ОЗЛ-17у	Теж	0,3134
ОЗЛ-17у	06XH28MДТ	0,0031

** локальне руйнування металу.

Зварні шви на сталі 10X17H13M2T, виконані зварними електродами ОЗЛ-17у, мають підвищену корозійну стійкість у середовищах сульфатного відділення амонію, що містять домішки хлориду амонію. Електроди ОЗЛ-17у були використані для ремонту трубопроводів зі сталей 10X17H13M2(3)T на ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС». Регулярні огляди обладнання установки одержання сульфату амонію показали високу стійкість зварних швів, виконаних електродами ОЗЛ-17у. Розроблені рекомендації щодо підвищення корозійної стійкості зварних швів, виконаних аргонно-дуговим зварюванням, цеху вловлювання «ЗАПОРІЖКОКС».

Список використаних джерел

1. Котик В. Т. Металознавство і термічна обробка зварних з'єднань. Навчальний посібник. Київ. НТУУ «КПІ». 2011, 184 с.
2. Сливінський О. А. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів. Навчальний посібник. Київ. НТУУ «КПІ». 2010, 260 с.
3. Сливінський О. А. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів. Методичні вказівки до виконання курсової роботи. Київ. НТУУ «КПІ». 2012, 50 с.

КАВІТАЦІЙНЕ РУЙНУВАННЯ СТАЛІ S355JR КОЖУХА НАСОСНИХ АГРЕГАТИВ АЕС

Нестеренко Сергій Вікторович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Бічев Максим Сергійович,

аспірант,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

nester.hnamg@gmail.com

В атомній енергетиці насоси забезпечують циркуляцію теплоносія, охолодження реактора та роботу систем безпеки. Тому захист насосного обладнання від кавітації є критично важливим завданням, оскільки будь-яка поломка може призвести до зниження безпеки та ефективності всієї станції.

У даній роботі були проведені дослідження кавітаційних руйнувань сталі S355JR кожуха насосних агрегатів АЕС.

За результатами досліджень встановлено, що основними причинами прискореної корозії корпусу насосів АЕС є кілька ключових факторів, серед яких: 1) низька корозійна стійкість матеріалу; 2) гідроерозія; 3) утворення кавітації; 4) висока агресивність робочого середовища (велика кількість зважених частинок та високий вміст кисню).

Кавітаційна ерозія є однією з основних причин пошкодження елементів гідравлічних машин і систем транспортування рідин. Кавітація – це процес утворення та подальшого руйнування бульбашок у рідині [1], який виникає через локальні перепади тиску внаслідок потоку або вібрацій. При колапсі бульбашок поблизу твердої поверхні на неї впливають високі імпульси напруги. Повторні імпульси призводять до пластичної деформації матеріалу, втоми та поступової втрати його маси, що описується як процес кавітаційної ерозії. Інтенсивність такого пошкодження визначається гідродинамічними параметрами та фізико-хімічними властивостями рідини [2]. Особливістю кавітаційної ерозії є те, що стійкість матеріалу до цього типу деградації є унікальною механічною характеристикою, яка не завжди прямо корелює з об'ємними властивостями матеріалу [3]. Для зменшення кавітаційних пошкоджень можна змінити гідродинамічні умови, що впливають на поверхню, або ж підібрати оптимальний матеріал.

Для вивчення мікроструктури матеріалу кожуха використовувався металографічний метод (світлова мікроскопія). Цей підхід дозволив дослідити форму, розмір і взаємне розташування кристалів, включення в металі та дефекти кристалічної структури. Зразки сталі S355JR були підготовлені у формі

циліндрів і багатогранників розміром 10–20 мм, залиті епоксидними смолами та термореактивними пластмасами для зручності дослідження. Для виявлення структури проводилося хімічне травлення із застосуванням стандартних травників (наприклад, 5% HNO_3 в етиловому спирті). У процесі дослідження мікрошліфів зразків "М" (з області з мінімальним корозійним руйнуванням) і "Б" (з області з найбільшими пошкодженнями) виявлено неметалеві включення: точкові та стрічкові оксиди, недеформовані й пластинчасті силікати. Мікрошліфи вивчали на мікроскопі Optika IM-3MET за збільшення $\times 100$. Зразки порівнювали відповідно до стандарту ГОСТ 1778-70.

Під час візуального огляду пошкоджень корпусу насосного агрегату (рис. 1) було виявлено наскрізні отвори різного діаметру (1а), радіальну тріщину в зоні, наближеній до гвинта насоса (1б), а також локальні осередки корозії різної глибини.



Рисунок 1 – Корозійно-ерозійні руйнування кожуха насосного агрегату

а – загальний вигляд пошкоджень стінок;

б – тріщина у стінці кожуха насосного агрегату

Основні пошкодження зосереджені у вигляді радіальної смуги в зоні переміщення гвинта насоса. На периферії зони пошкоджень виявлено поодинокі пітингові дефекти металу (діаметром 1–2 мм), які збільшуються в розмірі при наближенні до центральної частини. У середній частині зони пошкодження сформувалася губчаста структура, що характеризується значною площею ураження та глибиною руйнувань. Поверхня пошкоджень покрита коричневими продуктами корозії, які легко видаляються, та білим осадом, сформованим солями, розчиненими у воді. Дослідження значень електрохімічного потенціалу в зоні кожухів насоса підтвердило стабільність напруги, що виключає можливість електрохімічної корозії, викликані блукаючими струмами, та свідчить про надійне заземлення обладнання.

Під час металографічних досліджень поверхні шліфів зразків сталі S355JR спостерігалось:

– нерівномірність розподілу перлітної складової. Спостерігаються так звані «острівці» які складаються майже виключно з перлітної мікроструктури; у поперечному перерізі спостерігається знеуглецьований шар на забарвленій поверхні. У цій же зоні спостерігається зміна морфології зерен фериту в більш витягнуті зерна. Трохи нижче є зерна феритної структури голкоподібної форми; з боку корозійного руйнування не спостерігається поширення корозії по межах зерен. Корозійне руйнування (джерела руйнування – пори, каверни і воронки) мають значно більший розмір, ніж розмір зерен структури сталі. Корозійне руйнування проходить загалом по всіх фазах мікроструктури матеріалу. Дане корозійне руйнування можна віднести до суцільної (загальної корозії), механізм протікання корозії можна віднести до електрохімічної корозії, з елементами гідроерозії (рис. 2).

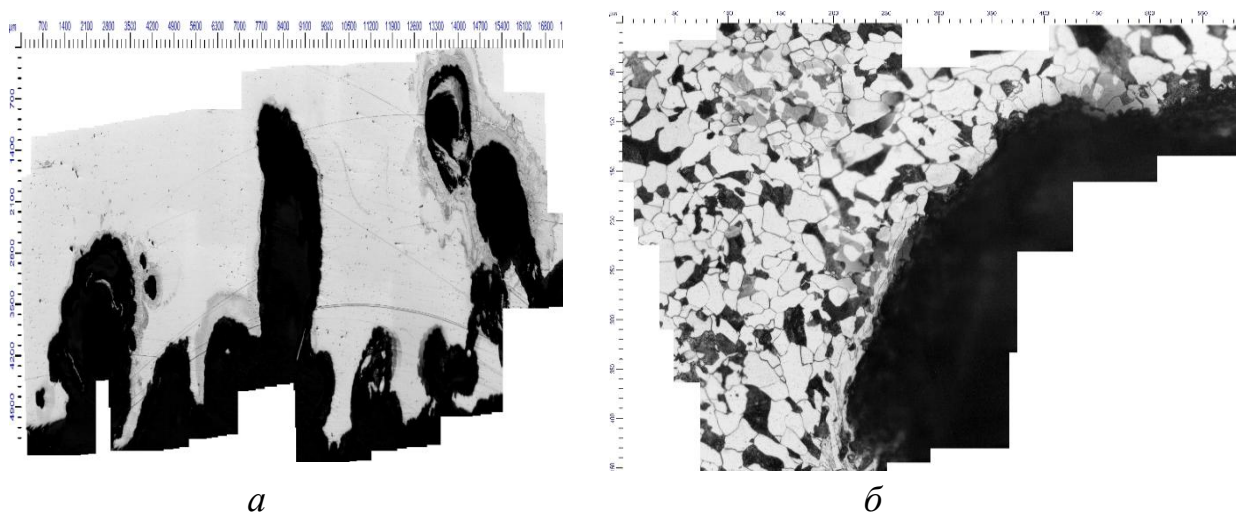


Рисунок 2 – Корозійні руйнування сталі S355JR кожуха.

a – корозійні руйнування сталі на нетравленому шліфі зразку «Б», збільшення $\times 50$; *б* – корозійні руйнування сталі на травленому шліфі зразку «Б», збільшення $\times 500$

На основі проведених робіт по оцінці корозійної стійкості матеріалів в охолоджувальних водах а також візуальної оцінки поверхні пошкодження кожуха насосного агрегата виявлено катастрофічне корозійно-ерозійного руйнування сталі S355JR. Швидкість руйнування перевищує 10–20 мм/рік.

Список використаних джерел

1. Rodríguez M. Corrosion control of nuclear steam generators under normal operation and plant-outage conditions: a review. *Corrosion Reviews*. 2020. Vol. 38. Iss. 3. P. 195–230.

2. Луговський А. Ф., Чухраєв Н. В. Ультразвукова кавітація в сучасних технологіях. К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет". 2007, 244 с.

3. Garcia Ramon. Comprehensive cavitation damage for water and various liquid metals : PhD dissertation : Nuclear Engineering ; University of Michigan. – USA, 1966. – 399 p. (Режим доступу: [https://www.ultrasonicsresonators.org/misc/references/articles/Garcia__'Comprehensive_Cavitation_Damage_for_Water_and_Various_Liquid_Metals'_\(dissertation_1966\).pdf](https://www.ultrasonicsresonators.org/misc/references/articles/Garcia__'Comprehensive_Cavitation_Damage_for_Water_and_Various_Liquid_Metals'_(dissertation_1966).pdf)).

ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗАХИСТУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ

Гуріна Галина Іванівна,

кандидат хімічних наук, доцент, доцент,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Кот Антоніна Григорівна,

директор ТОВ «Algol Chemicals», Рига, Латвія;

Довгопол Анастасія Вікторівна,

студентка,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Карасова Соломія Олегівна,

учениця Харківського ліцею № 144

Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Для вирішення проблеми захисту металоконструкцій від руйнувань під впливом різних факторів навколишнього середовища [1–3] створено технологію та пігментований органорозчинний лакофарбовий матеріал на основі модифікованих поліестерних смол для індустриальних покриттів. Високі захисні властивості матеріалу обумовлені наявністю у складі плівкотвірної частини реакційно здатного термореактивного поліестерного олігомеру, модифікованого для покращення механічних властивостей монокарбоновими кислотами, тригліцеридами жирних кислот і поліетилентерефталатом.

Пігментна частина емалі у відповідності до [1] не містить свинцю і складається з атмосферостійких пігментів та наповнювачів, що забезпечують захисну дію внаслідок створення бар'єрного ефекту щодо проникнення молекул агресивних речовин до металевої поверхні та протидії електрохімічній корозії шляхом зменшення площі анодних ділянок мікрогальванічних елементів на металевій поверхні. Для запобігання необхідності видалення з поверхні металу шару іржі до складу емалі введено порошковий перетворювач іржі.

Досліджено процеси формування тривимірної полімерної сітки в покриттях на основі базової емалі з синтезованого плівкотвірного, пігментів, наповнювачів, та емалі, до складу якої додано перетворювач іржі. Проведені вимірювання вмісту золь-гель фракції та умовної твердості покриттів в залежності від часу тверднення покриттів. Зафіксовані значення вмісту гель фракції та умовної твердості при досягненні ступеня тверднення 3 через 24 години: 81 % та 89 % та 0,11 ум. од. та 0,15 ум. од. відповідно. Подальші дослідження протягом 72 годин показали збільшення гель-фракції для зразків з перетворювачем іржі до 98 % і твердості до 0,17 ум. од., що пояснюється

різним складом емалей і різними механізмами тверднення покриттів. У покриттях на основі базової емалі формування покриттів, як відомо [2], здійснюється внаслідок реакції вільно- радикальної полімеризації за участі кисню повітря та подвійних зв'язків у жирно кислотних радикалах молекул рослинної олії за участі сикативу як каталізатора. В покриттях з перетворювачем іржі паралельно відбувається комплексоутворення з формуванням на поверхні металу адгезійного комплексу, можливі схеми якого представлені на рисунку 1:

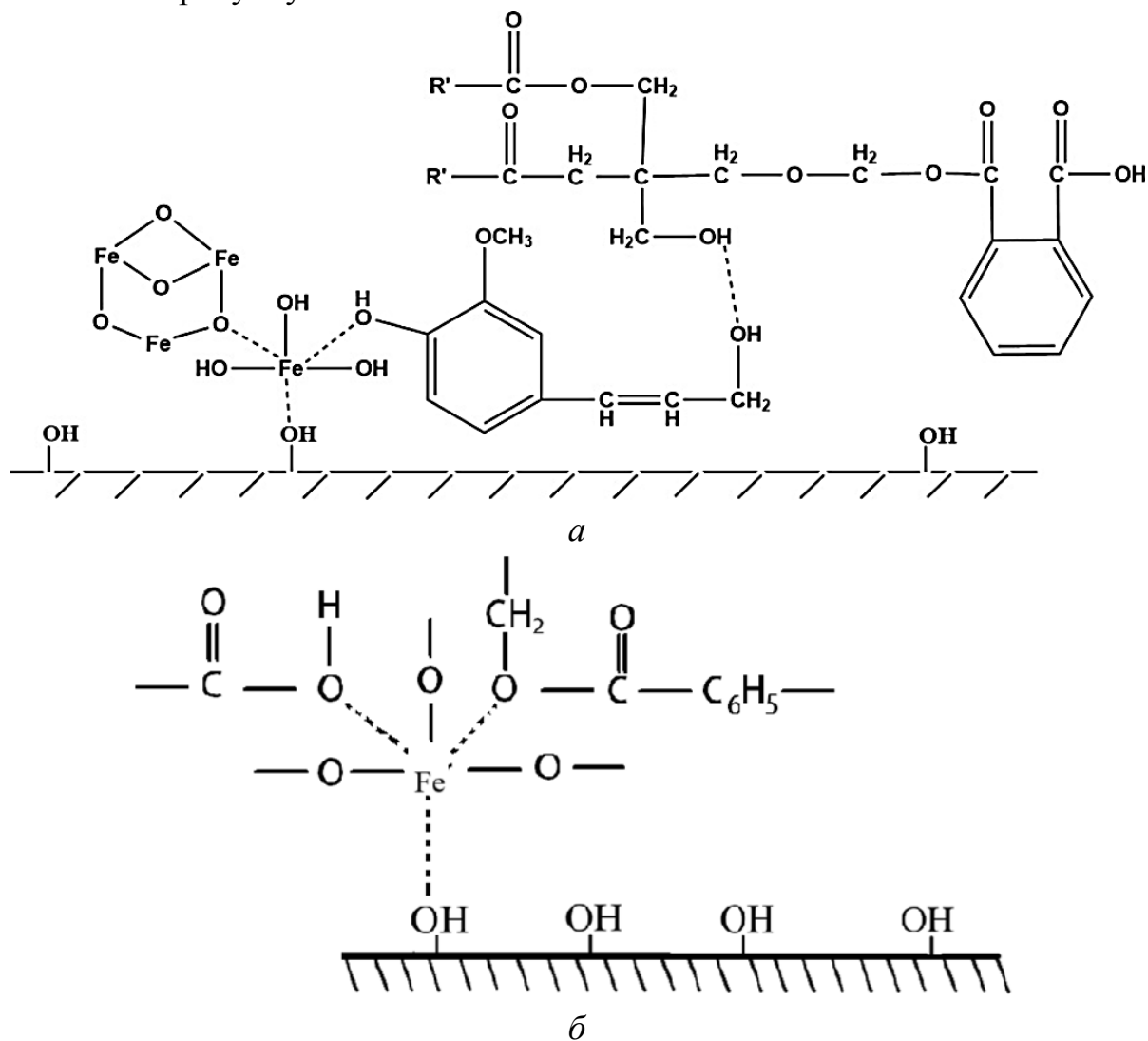


Рисунок 1 – Схеми комплексних сполук, утворених за участі компонентів емалі з перетворювачем іржі та металевої поверхні: а) комплекс за участі чорного пігменту Fe₃O₄; б) комплекс за участі органічних олігомерів

Утворення комплексу, до якого включені всі компоненти емалі: макромолекули плівкотвірної речовини, молекули перетворювача іржі, пігментів та гідроксильні групи металевої поверхні, створює умови для покращення захисних властивостей і адгезійної міцності покриттів на основі емалі з перетворювачем іржі.

Експериментально встановлені фізико-технічні властивості матеріалів та покриттів. Для покриттів на основі емалі для захисту металоконструкцій з перетворювачем іржі одержані наступні результати: ступінь перетиру, мкм, – 35 мкм (ISO 1524); еластичність плівки при згинанні, – 1 мм (ISO 1519); адгезія, бали – 0 балів (ISO 4624); твердість плівки за маятниковим приладом (маятник Кеніга), ум. од. – 0,15 (ISO 1522). Властивості емалі: вміст нелетких речовин, % – 70 %, що відповідає вмісту ЛОС – 295 г/л (ISO 3251); умовна в'язкість за ВЗ-4 – 80 с (ISO 2884-2);

Проведено дослідження кінетики диспергування перетворювача іржі за методом концентрованих паст окремо та в складі пігментної пасти. Встановлена необхідність застосування адитиву - диспергатора фірми ВУК для одержання заданого ступеню перетиру 35 мкм з метою енергозбереження.

Список використаних джерел

1. Gurina G., Druzhinin E., Saienko N. [et al.]. New functional pigments for polymer nanocomposite materials with a specified set of properties. *Smart Technologies in Urban Engineering*. 2023. Vol. 808. P. 373–381.
2. Gurina G., Druzhynin Ye., Saienko N. [et al.]. Methods for optimizing the content of VOCs to create environmentally friendly materials for protective coatings. *Solid State Phenomena*. 2023. Vol. 350. P. 21–30.
3. Сахненко М. Д., Ведь М. В., Ярошок Т. П. Основи корозії та захисту металів. Харків : Вид-во НТУ «Харківський політехнічний інститут». 2005, 226 с.

Тертичний Володимир Володимирович,

аспірант,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Банніков Леонід Петрович,

доктор технічних наук, завідувач відділом,

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут
(УХІН)»

ukhinbannikov@gmail.com

Для виробництва технічного вуглецю традиційно використовується антраценова фракція, відома під торговою маркою «Сировина коксохімічна для виробництва високоструктурного технічного вуглецю» (згідно з ТУ У 322-00190443-060-96). Одним з ключових показників, що контролюються нормативними документами, є вихід коксового залишку, або коксованість. Цей параметр нормується в межах від 2,0 до 6,0 %.

Вихід коксового залишку показник є важливим індикатором якості продукції. Його вихід безпосередньо пов'язаний з утворенням графіту, який при перевищенні встановлених норм (згідно з технічними умовами) забруднює товарну сажу. Забруднення сажі графітом призводить до різкого погіршення якості гуми, виготовленої з її використанням. Це пов'язано з тим, що графіт, на відміну від технічного вуглецю, не має необхідних властивостей для забезпечення міцності та еластичності гуми.

Для запобігання негативному впливу коксового залишку на якість технічного вуглецю і гуми необхідно суворо контролювати процес виробництва і дотримуватися встановлених технічних умов. Регулярне очищення обладнання та контроль якості сировини також відіграють важливу роль у забезпеченні високої якості готової продукції.

У зв'язку з дефіцитом сировини для виробництва технічного вуглецю, до сировинних сумішей додають компоненти, які спочатку не призначалися для цієї мети. До таких продуктів належать як різні нафтопродукти, так і кам'яновугільні смоли. У цій ситуації значення показника коксового числа набуває особливої важливості. Головне питання полягає в можливості впливу на коксове число коксохімічних продуктів за допомогою технологічних важелів.

Це завдання має не тільки практичну, але й наукову актуальність, оскільки, на відміну від нафтових масел, коксоутворення кам'яновугільних смол досліджене недостатньо.

Утворення коксу відбувається в результаті поліконденсації ароматичних вуглеводнів, які мають схильність до утворення стійких вуглецевих сіток. Термічний крекінг, розкладання вуглеводнів під дією тепла, відбувається при температурі від 470 до 540 °С. Під час цього процесу може відбуватися конденсація ароматичних вуглеводнів, що слугує попередником коксоутворення [1].

У цьому контексті основними факторами коксування є сполуки з низькою термічною стабільністю. Для визначення впливу складу коксохімічних олив на формування показника коксового числа виконано систематизацію наявних даних про термічну стійкість поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

Потенціал коксоутворення аренів також значно зростає зі збільшенням кількості конденсованих кілець у молекулі. Наприклад, антрацен має дуже високу константу швидкості карбонізації, тоді як його ізомер фенантрен, завдяки своїй менш сприятливій структурі для ініціювання карбонізації, має нижчу константу швидкості. Різні дослідники отримали дані щодо виходу нелеткого залишку (коксу) та швидкості коксування індивідуальних ароматичних вуглеводнів під час нагрівання. Ці дані були нормалізовані до умовних 100 %, і отримані значення можна порівняти лише в межах однієї серії. Відносні швидкості коксування окремих компонентів нафти на основі семи досліджень наведені на рисунку 1.

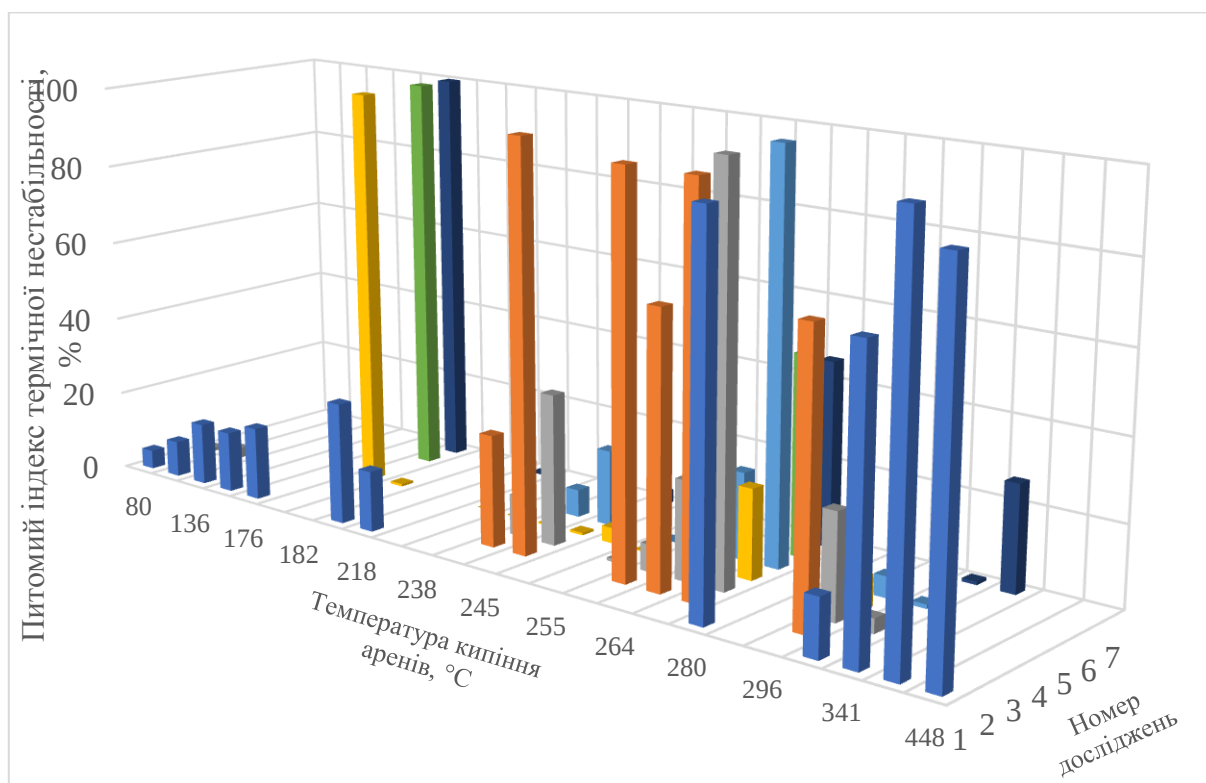


Рисунок 1 – Порівняння залежності термічної стійкості ароматичних вуглеводнів за результатами різних досліджень від температури кипіння

Значення відносного індексу термічної нестабільності (TI , %) розраховували серед порівнюваних компонентів у межах даного дослідження за такою формулою:

$$TI = V_i \times 100 / V_{\max}, \quad (1)$$

де $V_{\max}$ – максимальні значення швидкості коксоутворення, с¹ (або виходу коксу, %) у рамках одного дослідження;

V_i – значення швидкості коксоутворення, с¹ (або виходу коксу, %).

Узагальнення результатів різних досліджень процесів карбонізації компонентів кам'яновугільних смол виявляє цікаву тенденцію: мінімальна швидкість утворення коксу спостерігається для речовин, що киплять у вузькому температурному діапазоні від 253 до 255 °С. Цей факт може свідчити про те, що компоненти з такою температурою кипіння мають певну молекулярну структуру, яка робить їх менш схильними до коксоутворення. Можливо, їх молекули є більш стабільними або мають менше реакційноздатних груп, здатних брати участь у реакціях полімеризації та конденсації, що призводять до утворення коксу.

З іншого боку, максимальна карбонізація відбувається як для легкокиплячих компонентів, таких як інден (182 °С), так і для високомолекулярних сполук, як-от аценафтен (277 °С). Легкокиплячі сполуки, ймовірно, швидше випаровуються та піддаються термічному розкладанню з утворенням вільних радикалів, які ініціюють ланцюгові реакції коксоутворення. Висококиплячі компоненти, ймовірно, мають більш складну структуру та більшу кількість функціональних груп, що також сприяє їх полімеризації та утворенню коксу.

Отримані дані мають велике значення для оцінки коксоутворюючої здатності фракцій кам'яновугільних смол. Зважаючи на компонентний склад фракцій, можна прогнозувати їх поведінку під час термічної обробки та регулювати технологічні параметри для оптимізації процесу коксоутворення.

Подальші дослідження в цьому напрямку допоможуть краще зрозуміти механізми коксоутворення різних компонентів кам'яновугільних смол та розробити ефективні методи керування цим процесом для отримання продуктів з бажаними властивостями.

Список використаних джерел

1. Склабінський В. І., Ляпощенко О. О., Артюхов А. Є. Технологічні основи нафто- та газопереробки: навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет. 2011, 186 с.

РОЗПОДІЛ МЕТАЛІВ ПІД ЧАС ЕКСТРАКЦІЇ БУРОГО ВУГІЛЛЯ ТА ВИДІЛЕННЯ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ

Савченко Віталій Володимирович,

аспірант,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Банніков Леонід Петрович,

доктор технічних наук, завідувач відділом,

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)»

ukhinbannikov@gmail.com

Буре вугілля, низькосортне вугілля, багате на органічні речовини, є цінним джерелом гумінових речовин – складних макромолекул, що утворюються при розкладанні рослинного матеріалу. Ці речовини, насамперед гумінові кислоти, фульвокислоти та гуміни, відіграють вирішальну роль у різних галузях промисловості та охорони навколишнього середовища завдяки своїй хімічній універсальності та реакційній здатності.

Екстракція гумінових речовин з бурого вугілля також має значення для технологій їх отримання. Розуміння того, як вміст металів перерозподіляється між сирим бурим вугіллям, вилученим залишком та ізольованими гуміновими кислотами, має важливе значення для оптимізації процесів екстракції та розширення їхнього промислового застосування.

Буре вугілля складається з великої кількості мінеральних компонентів, серед яких найбільш поширеними є каолінит, пірит, кальцит, монтморилоніт і родохрозит [1].

Буре вугілля містить широкий спектр металевих елементів, включаючи кремній (Si), сірку (S), кальцій (Ca), алюміній (Al), залізо (Fe), магній (Mg), калій (K) і титан (Ti), які існують у різних хімічних формах – у вигляді мінеральних включень, металоорганічних комплексів або іонних форм, пов'язаних з органічною матрицею. Ці метали впливають на фізичні та хімічні властивості бурого вугілля, впливаючи на його горіння, схильність до коксування та реакційну здатність у промислових процесах.

Для отримання гумінових кислот використовували буре вугілля, гумінові кислоти з якого екстрагували за методикою, наведеною у [2]. Після екстракції бурого вугілля отримано залишок та гумінові кислоти. Вміст металів в усіх зразках вимірювали методом рентгенівської флуоресцентної спектроскопії.

Ідентифікацію та вимірювання концентрації металів у зразках виконували за допомогою рентгенівського флуоресцентного спектрометра ElvaX ProSpector

2 (ТОВ «Елватех», Україна). Прилад забезпечує аналіз елементів у діапазоні від Mg ($Z = 12$) до U ($Z = 92$) завдяки використанню рентгенівської трубки з W-анодом (максимальна напруга 40 кВ, максимальний струм 100 мкА) та PIN-діодного детектора з термоелектричним охолодженням (площа 6 мм², енергетична роздільність < 180 еВ за енергії 5,9 кеВ). Результати наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вміст металів і сірки у зразках, % мас.

Елементи	Буре вугілля	Буре вугілля після екстракції гумінових кислот	Гумінові кислоти
Si	4,0	19,0	3,4
S	1,7	0,2	3,0
Ca	1,6	1,3	0,6
Al	1,3	1,3	1,0
Fe	0,7	0,9	0,4
Mg	0,3	0,3	0,5
K	0,2	0,5	1,7
Ti	0,2	0,1	0,2

Під час вилучення гумінових речовин вміст металів у бурому вугіллі зазнає значного перерозподілу, деякі метали, такі як Si і Fe, концентруються у вилученому залишку, що свідчить про те, що вони в основному присутні у нерозчинних мінеральних фазах (наприклад, у вигляді силікатів або оксидів).

Для отримання високоякісних гумінових кислот з бурого вугілля, з метою мінімізації вмісту важких металів та максимізації виходу буре вугілля обробляють кислотою, а потім піддають гідротермальній обробці (тепло і тиск у присутності води), що значно знижує вміст важких металів [3].

Список використаних джерел

1. Öztaş N. A., Yürüm Y. Pyrolysis of turkish zonguldak bituminous coal. Part 1. Effect of mineral matter. *Fuel*. 2000. Vol. 79. P. 1221–1227.
2. Sinitsyna A. O., Karnozhitskiy P. V., Miroshnichenko D. V. [et al.]. The use of brown coal in Ukraine to obtain water-soluble sorbents. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2022. Vol. 4. P. 5–10.
3. Li H., Ding S., Yuan J. Extraction of humic acids from lignite and its use as a biochar activator. *ACS Omega*. 2023. Vol. 8(13). P. 12206–12216.

**CORROSION RESISTANCE OF MULTI-COMPONENT COATINGS
BASED ON CHROME COMPONENT**

Kruglyak Irina Vasilievna,

Doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department,

Skrebkov Konstantyn Oleksandrovich,

graduate student,

Kryvko Ruslan Gennadievich,

graduate student,

Zuzin Evgen Pavlovych,

graduate student,

Dniprovsky State Technical University

seredabp@ukr.net

Coming from the task, which is important in strategic directions, the development of materials and technologies in Ukraine, the analysis of trends in the development of materials in the world, coatings and materials such as water are relevant more high level of power [1–2]. The purpose is to harden the chromium to the core material for applying dry coatings with high corrosion resistance. SHS is a highly intense 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, thiocyanates, sulfates, but in addition to these solutions they contain arsenic compounds, which are corrosion inhibitors. It appears that on the surface of the liquid, upon contact with the acidity of the air, an oxide melt with hot, dry properties is created. The oxide film characterizes the corrosion behavior of the chromium coating alloyed with aluminum, titanium, silicon, it is resistant to such oxides as nitric acid, dichromate solutions. Results of corrosion-gravimetric tests of samples of various structural materials in aggressive environments of arsenic-soda desulfurization of PJSC Zaporizhzhya Coke (arsenic-soda desulfurization mixer-neutralizer, test time – 500 hours, (g/m²)) Vst 2.8-2.1, 0.8X13-2.3, with aluminum alloying – 0.21, with titanium alloying – 0.17, with aluminum and silicon alloying – 0.24.

References

1. Sereda B., Bannikov L., Nesterenko S. [et al.]. Surface strengthening of materials working under conditions of complex exposure to aggressive substances : Monographiya. Kamianske : DSTU. 2019, 173 p.

БАКТЕРИЦИДНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРАФЕНУ

Нестеренко Сергій Вікторович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Скрипинець Анна Василівна,

кандидат технічних наук, старша викладачка,

Бафталовський Данило Сергійович,

студент;

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

nester.hnamg@gmail.com

Графен є перспективним матеріалом, що може значно вплинути на розвиток науки, медицини та промисловості. Графенові матеріали активно досліджуються для використання в медицині. Зокрема, оксид графену демонструє високу біосумісність і гарну розчинність, що робить його ефективним носієм для лікарських засобів. Це відкриває можливості для точного дозування протизапальних та протипухлинних препаратів. Крім того, графенові структури можуть застосовуватися у фототермічній терапії онкологічних захворювань, де їхня здатність акумулювати тепло сприяє руйнуванню пухлинних клітин [1–3].

Перспективним напрямом досліджень є розробка графенових біосенсорів для діагностики неврологічних захворювань, зокрема епілепсії та хвороби Паркінсона. Додатково вивчається можливість використання графену в створенні медичного одягу з функцією підігріву. Інноваційні розробки, такі як графенові електроди для електрокардіографії, мають потенціал для покращення якості медичної діагностики. Графен також розглядається як засіб боротьби з антибіотикорезистентністю. Його антимікробні властивості сприяють створенню нових матеріалів для дезінфекції ран і антибактеріальних покриттів.

Графен являє собою одношарову структуру вуглецю, що утворює шестикутну ґратку (рис. 1). Його відкриття в 2004 році стало можливим завдяки експерименту з механічним відлущуванням графіту. Графен демонструє виняткові фізичні властивості: він у 100 разів міцніший за сталь, має високу гнучкість, а також ефективно проводить електрику та тепло. Швидкість руху електронів у графені досягає 1/300 швидкості світла, що робить його перспективним матеріалом для застосування в електроніці. Крім того, графен є майже прозорим, поглинаючи лише 2,3 % видимого світла.

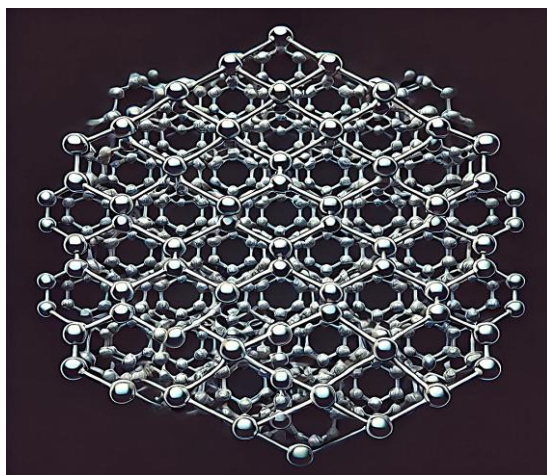


Рисунок 1 – Візуальна формула графена [4–6]

Графен має значний потенціал у виробництві гнучких дисплеїв, високошвидкісних транзисторів, енергоефективних джерел світла та систем очищення води. Його антикорозійні властивості можуть змінити підходи до захисту матеріалів, а завдяки високій механічній міцності він придатний для створення легких і надзвичайно міцних конструкцій в авіаційній, автомобільній та суднобудівній галузях. Масове виробництво графену розпочалося у 2014 році, і наразі найбільшими його виробниками є США та Китай. Європейські наукові центри також активно розробляють методи отримання графену, зокрема з карбіду кремнію.

Визначення бактерицидної дії графену на загальну чисельність бактерій води оборотного водопостачання Харківського коксохімзаводу проводили за прийнятою методикою. Результати проведених досліджень наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Визначення бактерицидної дії графену на загальну чисельність бактерій води оборотного водопостачання Харківського коксохімзаводу

Варіанти дослідів	Кількість живих клітин мікроорганізмів в 1 мл		Мікробне число	Виживання, %	Загибель, %
Оборотна вода КХЗ без добавок	1024	1040	110^3	100	0
Оборотна вода КХЗ + оксид графена	0	0	0	0	100

З огляду на його високу бактеріоцидність, графен має значний потенціал для використання для знезараження і очищення води. Одним із ключових питань залишається безпека графену для людини та довкілля. Як наноматеріал,

він може мати непередбачувані біологічні ефекти, що вимагає подальших токсикологічних досліджень. Наразі немає підтверджених даних про його негативний вплив, однак необхідні додаткові дослідження для оцінки потенційних ризиків.

Список використаних джерел

1. Rummeli M. H., Rocha C. G., Ortmann F. [et al.]. Graphene: piecing it together. *Adv. Mater.* 2011. Vol. 23. P. 4471–4490.
2. Yang G., Li L., Lee W. B. [et al.]. Structure of graphene and its disorders: A review. *Sci. Technol. Adv. Mater.* 2018. Vol. 19. P. 613–648.
3. Meric I., Han M. Y., Young A. F. [et al.]. Current saturation in zero-bandgap, top-gated graphene field-effect transistors. *Nat. Nanotechnol.* 2008. Vol. 3. P. 654–659.
4. Robinson J. T., Perkins F. K., Snow E. S. [et al.]. Reduced graphene oxide molecular sensors. *Nano Lett.* 2008. Vol. 8. P. 3137–3140.
5. Mohanty N., Berry V. Graphene-based single-bacterium resolution biodevice and DNA transistor: Interfacing graphene derivatives with nanoscale and microscale biocomponents. *Nano Lett.* 2008. Vol. 8. P. 4469–4476.
6. Becerril H. A., Mao J., Liu Z. [et al.]. Evaluation of solution-processed reduced graphene oxide films as transparent conductors. *ACS Nano.* 2008. Vol. 2. P. 463–470.

ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ З ПРИРОДНОГО ГАЗА І СИНТЕЗ НА ЙОГО ОСНОВІ МЕТАНОЛУ

Нестеренко Сергій Вікторович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Гайдамака Юрій Вікторович,

студент,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

nester.hnamg@gmail.com

У сучасних умовах водень і метанол відіграють ключову роль у багатьох сферах промисловості, зокрема в нафтогазовому секторі. Проте в Україні їхній ринок залишається недостатньо розвиненим. Відсутність власних виробничих потужностей унеможливорює забезпечення країни необхідними обсягами цих важливих хімічних сполук.

Водень є перспективним енергоносієм і цінною хімічною сировиною, що широко застосовується в металургії, хімічній та енергетичній галузях. Зокрема, він використовується у процесах очищення та переробки нафтопродуктів, таких як гідроочищення від сірковмісних сполук і гідрокрекінг важких фракцій. Аналіз статистичних даних свідчить про стійке зростання попиту на водень, що, ймовірно, продовжиться найближчими роками, особливо з урахуванням глобального курсу на декарбонізацію промисловості. Це підтверджує значний потенціал водню як ключового елемента у процесі енергетичної трансформації та посилює інтерес до інвестицій у водневі технології. Незважаючи на активний розвиток технологій виробництва екологічно чистого, або так званого «зеленого» водню, переважна частка світового виробництва все ще базується на використанні викопного палива. Як видно з діаграми на рисунку 1, найбільший внесок у виробництво водню має природний газ – його частка складає 47 % від загального обсягу. Саме з нього отримують «сірий» та «блакитний» водень, що зберігає економічну привабливість завдяки відносно низькій собівартості, проте супроводжується значними викидами вуглецю. Інші джерела також відіграють важливу роль: вугілля забезпечує 27 % виробництва, що є особливо актуальним для Китаю, тоді як частка нафти становить 22 %. Хоча ці ресурси мають високу енергетичну ефективність, вони сприяють значним викидам парникових газів, що суперечить екологічним цілям. На частку електролізу припадає лише 4 % світового виробництва водню. Цей процес дозволяє отримувати «зелений» водень із використанням відновлюваної енергії, такої як сонячна та вітрова. Незважаючи на його екологічні переваги, висока вартість технології поки що

обмежує його широке застосування. Проте багато країн, зокрема європейські держави та Японія, активно інвестують у цей напрям.

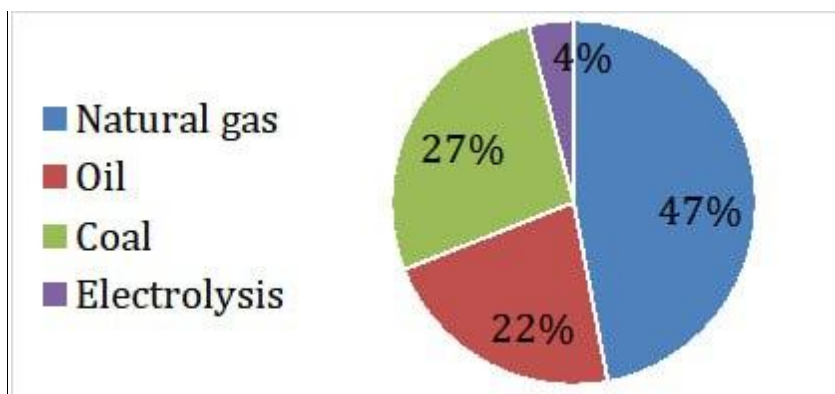


Рисунок 1 – Відсотковий розподіл джерел світового виробництва водню за 2021 рік

На рисунку 2 представлено порівняння вартості виробництва різних типів водню: «сірого», «блакитного» та «зеленого». «Сірий» водень отримують шляхом парового риформінгу метану (SMR) без уловлювання вуглецю, що супроводжується значними викидами CO_2 . Цей метод є найбільш економічно вигідним, але має значний негативний вплив на довкілля. «Блакитний» водень виробляється за тією ж технологією, проте із застосуванням технологій уловлювання і зберігання вуглецю. Це дозволяє зменшити шкідливі викиди, хоча процес залишається залежним від викопного палива. «Зелений» водень отримують шляхом електролізу води, використовуючи енергію з відновлюваних джерел. Він є найбільш екологічним, оскільки не спричиняє викидів CO_2 , проте його виробництво наразі коштує найдорожче.

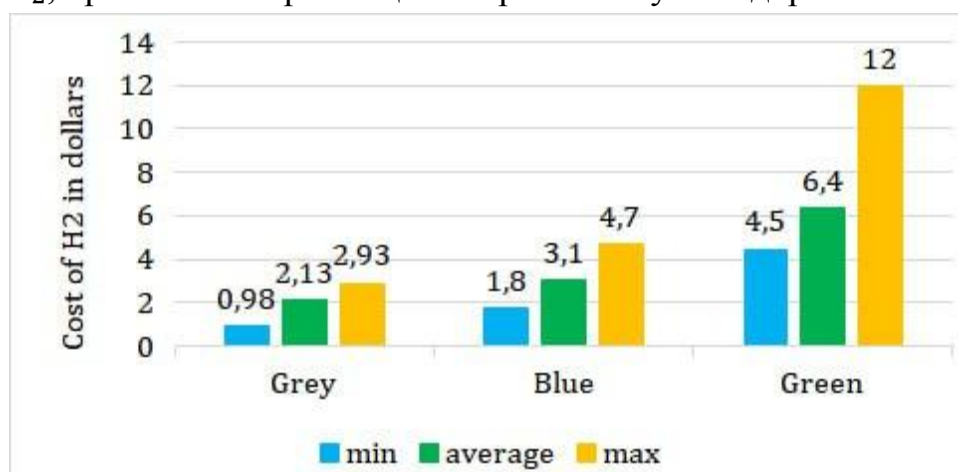


Рисунок 2 – Мінімальна, середня та максимальна вартість одного кілограма «сірого», «блакитного» та «зеленого» водню

Згідно з діаграмою, собівартість «сірого» водню варіюється від 0,98 до 2,93 долара США за кілограм, що робить його найекономічнішим. «Блакитний» водень коштує дорожче – від 1,8 до 4,7 долара США за кілограм. Виробництво «зеленого» водню є найдорожчим: його ціна коливається в межах 4,5–12 доларів США за кілограм. Таким чином, хоча «сірий» водень залишається найдоступнішим, він не відповідає сучасним екологічним стандартам. «Блакитний» водень є компромісом між екологічністю та економічною доцільністю, тоді як «зелений» водень, попри високу собівартість, має великий потенціал для країн, які прагнуть досягти вуглецевої нейтральності.

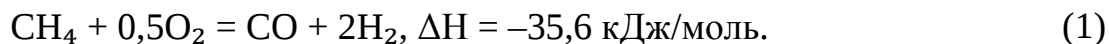
Метанол широко застосовується в нафтогазовій промисловості як інгібітор гідратуутворення, розчинник і складова технологічних рідин. Крім того, він є важливою сировиною в хімічній промисловості, виробництві біопалива та фармацевтиці. Його універсальність робить його незамінним у багатьох виробничих процесах. Через відсутність власних потужностей з виробництва метанолу українська нафтогазова промисловість залежить від імпорту цього продукту, що підвищує ризики, пов'язані з коливаннями цін і геополітичними чинниками. Необхідність розвитку вітчизняного виробництва водню і метанолу є вкрай актуальною. Це не лише задовольнить потреби внутрішнього ринку, а й сприятиме створенню нових робочих місць, збільшенню експортного потенціалу та розвитку суміжних галузей. Крім того, власне виробництво метанолу може стати важливим кроком на шляху до енергетичної незалежності України та диверсифікації її економіки в умовах сучасних геополітичних викликів.

Технологія отримання водневмісного газу для малотоннажного виробництва метанолу. Малотоннажні установки з виробництва метанолу повинні відповідати ряду вимог: бути надійними, компактними, мати блочно-модульну конструкцію для зручного транспортування, монтажу та експлуатації. Також важлива їхня інтеграція з існуючою інфраструктурою, включаючи джерела сировини, енергетичні ресурси та інженерні мережі.

На даний момент у світі функціонує малотоннажна установка, здатна виробляти 12 500 тонн метанолу на рік. В її основі – двостадійний технологічний процес, що включає паровий риформінг метану для отримання синтез-газу з подальшим синтезом метанолу на мідь-цинкових каталізаторах при тиску 5 МПа. Використання існуючої інфраструктури, зокрема комплексної підготовки газу, дозволило значно скоротити капітальні витрати.

Запропонований підхід до отримання синтез-газу для малотоннажного виробництва метанолу базується на некаталітичному парціальному окисненні природного газу або метано-етанових фракцій попутних нафтових газів.

Вуглеводневі гази окиснюються в умовах дефіциту кисню або збагаченого повітря за реакцією:



Ця реакція екзотермічна і не потребує каталізаторів. Для її реалізації використовуються спеціальні газогенератори синтез-газу. Серед обмежень парціального окиснення – необхідність застосування дорогого кисню або збагаченого повітря, що підвищує рівень пожежо- та вибухонебезпеки. Крім того, існує ризик утворення сажі та смол, що ускладнює процес. З метою зниження капітальних витрат і підвищення безпеки запропоновано використовувати атмосферне повітря. Застосування синтез-газу, забаластованого азотом, дозволяє не лише оптимізувати виробництво метанолу, а й значно спростити технологічний процес. Основні етапи процесу:

1) формування водневмісного газу. У камері спалювання (КС) за температури до 1 500 °С відбувається часткове окиснення газу. Для регулювання температури (~1 000–1 050 °С) в інжекційну камеру (ІЧ) подається демінералізована вода;

2) додаткові конверсійні реакції. Одночасно з основною реакцією у КС та ІЧ відбувається;

3) гомогенна парова конверсія метану з утворенням водню та монооксиду вуглецю;

4) гомогенна парова конверсія монооксиду вуглецю (у ІЧ);

5) у результаті співвідношення H_2/CO на виході ІЧ становить 1,8–2,1, що залежить від складу газу та коефіцієнта надлишку окислювача;

6) охолодження та корекція складу. Газ надходить у теплообмінник, де охолоджується до 500–550 °С, після чого спрямовується у блок корекції співвідношення H_2/CO . Тут встановлений конвертор, завантажений залізо-хромовим або мідь-цинк-алюмокальцієвим каталізатором, що працює у температурному діапазоні 300–500 °С;

7) конверсія монооксиду вуглецю. У конверторі проходить екзотермічна реакція парової конверсії CO , що призводить до збільшення вмісту водню в газовій суміші;

8) фінальна корекція складу. Охолодження газу дозволяє регулювати концентрацію CO_2 , аж до його повної конденсації при температурах нижче 18 °С і тиску понад 5,5 МПа. Це сприяє оптимізації швидкості реакції синтезу метанолу та підвищенню ступеня конверсії синтез-газу;

9) сепарація фаз. Охолоджений водневмісний газ спрямовується в сепаратор, де розділяється на газову і рідку фази. Конденсат містить розчинений CO₂, концентрація якого зростає зі зниженням температури.

Запропоновано технологію першого етапу виробництва метанолу – отримання водневмісного газу шляхом парціального окиснення вуглеводневих газів у спеціалізованому газогенераторі. Розроблено функціональну схему підготовки синтез-газу, яка дозволяє ефективно керувати параметрами процесу та забезпечує стабільне виробництво водневмісного газу для синтезу метанолу.

Список використаних джерел

1. Le Ph., Trung V. D., Nguyen P. L. [et al.]. The current status of hydrogen energy: an overview. *RSC Advances*. 2023. Vol. 40. 2023.
2. BloombergNEF. Green Hydrogen to Undercut Gray Sibling by End of Decade (Режим доступу: <https://about.bnef.com/blog/green-hydrogen-to-undercut-gray-sibling-by-end-of-decade>).

CORROSION RESISTANCE OF COATINGS IN RESIN ENVIRONMENTS OF COKE CHEMICAL PRODUCTION

Kruglyak Irina Vasilievna,

Doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department,

Stasevych Oleg Olegovich,

graduate student,

Chuhno Sergey Sergeevich,

graduate student,

Orel Vitaliy Genadiyovych,

graduate student,

Dniprovsky State Technical University

seredabp@ukr.net

Aluminum coating on steel should be hot washed. For this purpose, before a bath of molten aluminum, prepare steel drums. When melting aluminum, silicon is added to make it more difficult for the ball to form hard metal. The melt-coated vitcoryst is used to increase the resistance of steel castings before oxidation at moderate temperatures (up to 480 °C). At even higher temperatures, the coatings become flammable, but remain dry up to 680 °C [1, 2]. It is noted that aluminum coatings have unstable performance characteristics in different environments. One of the effective methods for creating coatings with high mechanical and physical-chemical properties is diffusion surface alloying of metal under conditions of self-propagating high-temperature synthesis. The technology of obtaining coatings under conditions of self-propagating high-temperature synthesis, combined with chemical transport reactions, is devoid of these disadvantages and ensures high stability of the processing results. Results of corrosion tests (Corrosion rate, mm/year) of witness samples in the evaporator of a tar distillation plant with chromium alloying 0.012, with titanium alloying – 0.014, with silicon alloying – 0.015. Based on the obtained results, it was established that it is possible to replace high-alloy steels with 40X steel with alloyed coatings of Cr, Ti, Si alloys. The study of the corrosion activity of resin fractions showed that the anthracene fraction is the most aggressive. At the stage of forming protective coatings during the heating of parts, the temperature decreases to the process temperature. The α -phase alloyed with Cr, Al, Si, Ti begins to form, and the phases $(\text{Cr, Fe})_{23}\text{C}_6$, Fe_2Al_5 , and Fe_3Al , $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$, $(\text{FeAl})_3\text{Si}$, TiAl_3 , Ti_3Al , TiAl are also formed. Subsequently, active atoms of chromium, aluminum, silicon and titanium diffuse into the steel, forming solid parts of these elements in the oxide. Alloyed aluminium-alloyed phases $(\text{Cr, Fe})_{23}\text{C}_6$, Fe_2Al_5 , Fe_3Al alloyed Ti, Fe_2Al_5 , Fe_3Al , alloyed Si, α -solid are also processed. division of Al and Si into Fe.

At this stage, the formation of a steady diffusion flow occurs when the active atoms of aluminum, chromium, silicon and titanium are formed. In addition to isothermal modes, it is possible to achieve a significantly greater cost in exchange for the fact that at a rapid rise in temperature, at SHS, austenite has a fine-grained, granular-block structure, which Promotes diffusion properties of the material being formed. This is due to the fact that austenite, which is formed at a sharp increase in temperature, in SHS sinks is characterized by a high strength of dislocations along the edges of grains and smoothness of the intergrain spaces. As a result of the binding, the diffusion penetration of volatile elements increases.

References

1. Sereda B., Bannikov L., Nesterenko S. [et al.]. Surface strengthening of materials working under conditions of complex exposure to aggressive substances: Monographiya. Kamianske: DSTU. 2019, 173 p.
2. Sereda B., Kruglyak I., Sereda D. [et al.]. Development of wear-resistant coatings for automotive parts after processing in SHS conditions. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*. 2019. № 4(1). P. 25–30.

CORROSION RESISTANCE OF CHROME PLATED COATINGS TESTED IN ACIDIC ENVIRONMENTS

Sereda Borys Petrovich,

Doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department,

Andrey Mucolayovych Udod,

graduate student,

Soroca Dmitry Vladimirovich,

graduate student,

Suslov Ivan Volodymyrovych,

graduate student

Dniprovsky State Technical University

seredabp@ukr.net

Traditional technologies of chemical-thermal 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 is diffusion surface alloying of metal under conditions of self-propagating high-temperature synthesis. [1, 2]. The technology of obtaining coatings under conditions of self-propagating high-temperature synthesis (SHS) in combination with chemical transport reactions is devoid of these disadvantages and ensures high (up to 95 %) stability of processing results. Among technological processes, an important place is occupied by technologies for saturating 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, long duration of processing and, in some cases, the impossibility of obtaining coatings with a high content of several saturating elements in the surface layer. SHS is a highly intensive exothermic interaction of chemical elements in the condensed phase, capable of spontaneous propagation in the form of a combustion wave. When tested in 1 % aqueous hydrochloric acid, the highest resistance to show CKD, alloyed with silicon and titanium, is that the following indicators of mass consumption are possible: 0.95–1.5 and 0.22–0.24 g/(m²·year). Metallographic analysis shows that dry coatings on all samples showed uniform corrosion to a small depth, so that when used in 1 % aqueous solution of hydrochloric acid, CKD, doped with silicon, are completely vicoristic. which, in addition to good corrosion resistance, also have high wear resistance.

When tested in 1 % aqueous solution of nitric acid, good resistance is shown by chrome-plated coatings, alloyed with titanium and silicon, which show the

following indicators depending on the mass consumption: 0.22–0.24 and 0.81–1.1 g/(m²·year).

First, cyclic voltammograms of the coatings in aqueous 1 % acids were used to determine the corrosion resistance of the coatings according to the type of coating, coating coatings with aluminum + titanium and aluminum + silicon will provide effective protection of carbon steels from corrosive acids. The uninsurable value of the liquid corrosive coating for the follow-up coating is shown on them. I'm going to die a lot.

References

1. Sereda B., Bannikov L., Nesterenko S. [et al.]. Surface strengthening of materials working under conditions of complex exposure to aggressive substances: Monographiya. Kamianske: DSTU. 2019, 173 p.
2. Sereda B., Kruglyak I., Gaidaenko A. [et al.]. Investigation of the corrosion resistance of structural materials operating under sulfate solutions of coke-chemical production. *Proceedings of DSTU*. 2019. Iss. 1(34). P. 54–59.

СЕКЦІЯ 3

***ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ,
ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТА ЗАХИСТ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА***

МОНІТОРИНГ ПРИРОДНИХ ВОД У ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Бабенко Володимир Миколайович,

кандидат технічних наук, доцент,

Косенкова Ірина Дмитрівна,

студентка першого рівня освіти, 3 курсу ННІ МІТ

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

volodymyr.babenko@khpі.edu.ua

Якість навколишнього середовища, в своєму класичному формулюванні означає – сукупність показників, що характеризують стан навколишнього природного середовища [1], збереження екологічної рівноваги у такому вигляді, щоб люди могли жити і розвиватися як біологічний вид. Такий підхід може ґрунтуватися на базовому принципі, що є два типи природних ресурсів та обмеження можливостей біосфери. У ХІХ та на початку ХХ століття, особливо в періоди розвитку індустріалізації, водні морські та прісноводні ресурси вважались практично безмежними, але в середині 50-х років ХХ століття почало приходити розуміння, що навіть «невичерпний океан» починає страждати від непомірного антропогенного навантаження. Також з'явилися потреби для капітальних вкладень на заходи з охорони та раціональне використання природних ресурсів. На сьогодні до показників якості довкілля також варто зарахувати і якість природно-кліматичних умов, і сучасні фізико-географічні й топографічні особливості територій, явища та процеси що фактично існують на місцях існування людини.

Якщо брати материки, то на кожному з них є місця з достатньою та навіть надмірною кількістю прісною води, з помірними водними ресурсами та великі степові та пустельні райони. Винятком є Антарктика, але там не існує постійних мешканців та згідно «конвенції про Антарктику», яка набрала чинності 23 червня 1961 року, Антарктида не належить жодній державі [2]. На Землі прісноводні ресурси та територіальні шельфові води поділяються досить не рівномірно. Такі перерозподіли вже на початку ХХІ століття привели до низки глобальних екологічних проблем, серед яких однією з найбільших є практично повне зникнення Аральського моря, площа якого з 1960 по 2014 роки зменшилась в 9,44 разів, з 68 900 до 8 000 км².

Моніторингові дослідження стану Аральського моря до 60-х років ХХ століття або взагалі не проводились, або проводились частково та періодично, а саме з цього часу почалися незворотні процеси по пересиханню водного об'єкту. За станом досліджень з 1901 по 1960 роки рівень моря коливався на

0,3 метра, що загалом характеризувалось як раз якістю природно-кліматичних умов, періодичними посухами в цьому регіоні. Головним постачальником прісної води в Арал була річка Амудар'я – приблизно 2/3 всієї кількості. З початком будівництва зрошувальних каналів в 1930-1950 роках, в колишньому радянському союзі, про моніторинг природних вод мали тільки початкове розуміння, при будівництві практично зовсім не враховувалось те, що Арал фактично має живлення з двох річок, а водна поверхня в 66 тисяч км², в пустельному регіоні, є гарним випаровувачем. Тому, коли, наприкінці 1960-х років рівень моря став стрімко падати почались призови по спасінню моря. Головними причинами такої стрімкої втрати води були:

1) практично повний відбір води річці Амудар'я, яка вже в 1970 фактично не впадала в море [3];

2) будівництво 15 водосховищ і каналів з сумарним додатковим дзеркалом води в 1985 км², та сумарним об'ємом в 53 км³, що створило додаткові втрати на випаровування;

3) стихійне не плановане накопичування води в низинах, як приклад Арнасайська озерна система с загальною площею в 4000 км²;

4) вкрай низька раціональність водокористування, іригаційне господарство велось без урахування реальних потреб, величезні втрати відбувалися на всіх ділянках, в результаті до полів доходило не більше 50% забраної води [3];

5) і може одна з головних причин це – помилки в висновках географа та кліматолога Олександра Воєйкова (1842–1916), що назвав Аральське море «помилкою природи», недоцільною розтратою земель.

Дійсно за останні 5 тисяч років Арал декілька разів суттєво зменшував свою площу, але стільки ж разів відновлювався. Вплив на оточуюче середовище Аральського моря не можливо переоцінити: це й кліматична складова, що робила різкоконтинентальний регіон більш м'яким; це й велика кількість, у обсягах 20 тисяч тон вловлюваної промислової риби, в тому й числі осетрових; це й значні площі рослинності в 1000 км² на узбережжі, для гніздування птахів та інші біологічні й культурні складові, які будувались в цьому регіоні сотні років. На сьогодні складно сказати про те, які б були кроки при наданих вірних розрахунках, щодо прогнозування наслідків відбору води з річок Амудар'я та Сирдар'я та були б зроблені вірні висновки в радянському союзі, в часи правління тоталітарної політичної системи. Але з вірогідністю 100% можна стверджувати, якщо не мати «за плечима» років моніторингових досліджень, то й не можливо створити прогноз на майбутнє, не можна достовірно моделювати екологічну ситуацію, в якій, як в нашому прикладі, на сьогодні збитки перевищують отриману користь.

Антропогенне втручання в навколишнє середовища може бути як поступове, так і вкрай швидким. Ще 5 червня 2023 року на півдні України існував штучний водний об'єкт с загальною площею 2155 км², а вже через 6 діб, надвечір 11 червня 2023 року, було втрачено 73 % об'єму води, а гідрологічні моніторингові пости в районі Нікополя втратили гідравлічний зв'язок з руслом Дніпра, а це неможливість вимірювати рівень води. За тиждень пройшла повна зміна ландшафту і хоча оголені мулові відклади заважали співробітникам «Укргідроенерго» перемістити станції моніторингу, в липні виміри продовжились, а отримана інформація надала фахівцям можливість мінімізувати наслідки цієї катастрофи, від підриву Каховської греблі військовими РФ. Влітку 2023 року стало зрозуміло, що найкращім рішенням для зменшення екологічних наслідків від зникнення гігантського водосховища, є засадження його русла вербою. Перевагою такої рослини є її невибагливість та швидкість зростання, а так як в цей час в водоймище потрапила більша кількість насіння верби, то навіть в умовах прифронтових територій екологи та фахівці «Укргідроенерго» зробили практично неможливе і вже влітку 2024 року на колишньому дні Каховського водосховища з'явився найбільший в Європі єдиний вербовий ліс. Завдяки йому рівень ґрунтових вод на цієї території впав на мінімально можливий рівень.

Наприкінці важливо підкреслити, що важливі екологічні рішення в технологіях захисту навколишнього середовища, по-перше спираються на статистичні моніторингові дані, що збираються десятиліттями, по-друге на обробку великого обсягу даних та створення прогнозу та по-третє на досвід й працю фахівців, без яких виконання жодного рішення неможливо. Саме своєчасні рішення після підриву Каховської греблі дозволили мінімізувати екологічні наслідки. Звичайно це не вирішило всіх проблем з водопостачанням населених пунктів, що знаходяться в районі зниклого водосховища, але прийняття вірних рішень сьогодні, в майбутньому завжди дає гарний результат.

Список використаних джерел

1. Екологічна якість навколишнього природного середовища. Словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. С 193.
2. Договір про Антарктику. Дата набуття чинності: 28.10.1992 р. (Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_224#Text).
3. Aral Sea, Karakalpakstan. (Режим доступу: <https://www.orexca.com/uzbekistan/aralsea.htm>).

ЕКОЛОГІЧНА ЕТИКА І НОВА ПАРАДИГМА ВІДНОСИН ЛЮДИНИ ТА ПРИРОДИ

Шагун Євгенія Максимівна,

здобувач вищої освіти факультету управління та бізнесу,

Чхеайло Ірина Іванівна,

кандидат філософських наук, доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

evgeniashagun@gmail.com

Екологічна етика є однією з найважливіших складових сучасної філософії, оскільки вона ставить за мету змінити ставлення людини до природного середовища. У світі, де дедалі гострішою стає проблема екологічної кризи, екологічна етика пропонує нову парадигму взаємовідносин між людиною та природою, засновану на ідеях гармонії, поваги та відповідальності.

Екологічна криза, що охоплює практично всі сфери життєдіяльності, є результатом тривалого домінування антропоцентричного підходу, який трактує природу як ресурс для задоволення людських потреб. Однак такий підхід не враховує складної взаємозалежності між компонентами екосистеми та довгострокових наслідків виснаження природних ресурсів. На цьому тлі екологічна етика формує нові принципи, які акцентують увагу на необхідності гармонійного співіснування людини з природою.

Одним із ключових принципів сучасної екологічної етики є відмова від агресивного антропоцентризму, що ставить людину у центр всесвіту, на користь біоцентризму, який визнає внутрішню цінність усіх живих істот, незалежно від їхньої корисності для людства. Цей підхід відображає глибше розуміння взаємозалежності всіх форм життя на Землі. Біоцентризм ґрунтується на ідеї, що природа має цінність сама по собі, а не лише як джерело ресурсів для задоволення людських потреб. Альберт Швейцер, засновник концепції "етики благоговіння перед життям", підкреслював, що добро полягає у сприянні збереженню й розвитку життя, тоді як зло – це те, що шкодить йому. Ця ідея залишається надзвичайно актуальною у сучасному світі, де деградація екосистем загрожує не лише біорізноманіттю, але й самому існуванню людства.

Визнання внутрішньої цінності природи вимагає кардинальних змін у ставленні до природних ресурсів і спонукає до перегляду традиційних уявлень про їх використання. Замість ставлення до природи як до безмежного джерела сировини, формується розуміння, що природа є складною саморегульованою системою з обмеженими можливостями для регенерації. Це усвідомлення

змінює парадигму людської діяльності: замість нестримного споживання ресурсів акцент робиться на їх збереженні та раціональному використанні [1].

Ще однією важливою складовою екологічної етики є переосмислення споживчої культури, яка формувалася століттями під впливом ідеї необмеженого зростання виробництва та споживання. Сучасна споживча культура, орієнтована на максимальне використання ресурсів, є одним із головних факторів, що сприяють екологічній кризі. Масове виробництво товарів, надмірна упаковка та швидка зміна трендів створюють величезні обсяги відходів, які забруднюють воду, ґрунти й атмосферу, завдаючи непоправної шкоди екосистемам. Виснаження природних ресурсів і забруднення довкілля вимагають негайного переосмислення підходів до виробництва і споживання.

У цьому контексті важливим є розвиток концепції "екологічного мінімалізму". Ця ідея закликає до раціонального використання ресурсів, скорочення відходів і зміни споживчих звичок на користь більш відповідального ставлення до довкілля. Екологічний мінімалізм передбачає перехід від культури надмірності до культури усвідомленості, де головною цінністю стає якість, а не кількість. Принципи кругової економіки, що набувають популярності у багатьох країнах, спрямовані на максимальне використання матеріалів і ресурсів через повторне використання, переробку та утилізацію відходів. Це дає змогу значно скоротити екологічний слід виробництва. Важливим аспектом є популяризація споживання локальних і екологічно чистих продуктів, а також підтримка ініціатив, які сприяють відповідальному використанню природних ресурсів. Рух "Zero Waste" (Нуль відходів) пропагує свідомий підхід до покупок і побуту, спрямований на зменшення кількості сміття та збереження довкілля для майбутніх поколінь [2].

Принцип холізму, що розглядає Землю як єдиний живий організм, є однією з ключових концепцій екологічної етики. Цей підхід наголошує на тому, що всі елементи екосистеми пов'язані між собою, утворюючи єдине ціле, яке функціонує завдяки гармонійній взаємодії компонентів. Будь-яка дія, спрямована на виснаження чи руйнування одного з елементів, має негативний вплив на всю систему. Вирубка лісів, наприклад, є не лише актом знищення середовища проживання багатьох видів тварин і рослин, але також порушує важливі природні процеси: знижується рівень поглинання вуглекислого газу, змінюється водний баланс регіонів, що призводить до посух і сприяє ерозії ґрунтів. Це своєю чергою впливає на аграрний сектор, питне водопостачання й навіть кліматичні умови на глобальному рівні.

Ідеї холізму знайшли наукове обґрунтування завдяки працям Германа Хакена, засновника синергетики. Він підкреслював, що цілісність системи

може бути забезпечена лише через процеси самоорганізації, у яких кожен елемент, включно з людиною, усвідомлює свою роль і відповідальність. Людство, як частина планетарної екосистеми, повинно не лише брати ресурси з природи, але й підтримувати її здатність до регенерації. Хакен стверджував, що самоорганізація можлива за умови, коли кожен компонент системи функціонує не ізольовано, а в координації з іншими, враховуючи їхній внесок у загальне благо. Застосування холістичного підходу в екологічній політиці передбачає інтеграцію принципів сталого розвитку, які визнають залежність людської цивілізації від природних систем. холізм сприяє формуванню нових етичних підходів у відносинах між людьми та природою. Розуміння того, що планета є єдиним "домом" для всіх живих істот, змушує переосмислити підходи до споживання, виробництва й навіть до соціальних відносин. Етика взаємозалежності, заснована на холістичному мисленні, може стати фундаментом для гармонійного співіснування людини з природою [3].

Сучасні наукові досягнення значно розширюють розуміння природи та підтверджують необхідність цілісного підходу до її вивчення. Дослідження в галузі екології показують, що всі компоненти екосистеми перебувають у тісній взаємодії, утворюючи складну мережу зв'язків. Порушення одного з її елементів призводить до змін у всій системі, оскільки кожна частина екосистеми залежить від інших. Наприклад, знищення одного виду може вплинути на харчовий ланцюг, змінюючи динаміку популяцій інших видів, а також порушувати хімічний склад ґрунтів і водних ресурсів, які забезпечують стабільність середовища існування.

Подібні висновки підтверджуються і відкриттями в квантовій фізиці. У цій галузі встановлено, що всі частки матерії взаємопов'язані, навіть якщо вони перебувають на значній відстані одна від одної. Це підкреслює фундаментальний принцип цілісності, згідно з яким кожен елемент Всесвіту впливає на інші. З таких позицій природа розглядається як єдиний організм, де навіть незначні втручання можуть мати глобальні наслідки. Міждисциплінарні дослідження, які об'єднують досягнення екології, фізики, хімії та соціальних наук, відкривають нові горизонти для формування екологічно орієнтованої свідомості. Вони пропонують інноваційні підходи до розв'язання екологічних проблем, таких як зміна клімату, втрата біорізноманіття чи забруднення довкілля. Такі дослідження формують базу для глобальних стратегій сталого розвитку, які враховують взаємозв'язок між економікою, екологією та соціальними потребами [4].

Важливим аспектом екологічної етики є освіта. Формування екологічної свідомості серед населення є ключовим завданням для створення стійкого майбутнього. В Україні активно впроваджуються програми, спрямовані на

підвищення екологічної обізнаності, такі як екологічна освіта в школах, інформаційні кампанії щодо сортування відходів, а також заходи з популяризації відновлюваних джерел енергії.

Особливої уваги заслуговує Стратегія екологічної безпеки та адаптації до змін клімату України, ухвалена у 2020 році. Цей стратегічний документ визначає довгострокові пріоритети державної екологічної політики, спрямованої на створення умов для збереження природного середовища, пом'якшення наслідків кліматичних змін та формування екологічно відповідального суспільства.

Основними цілями Стратегії є зменшення негативного впливу на довкілля через оптимізацію природокористування, запровадження сучасних екологічно чистих технологій та скорочення викидів парникових газів. Важливим напрямом є збереження біорізноманіття, яке передбачає охорону природних екосистем, створення нових природоохоронних територій і відновлення деградованих земель. Не менш значущою є адаптація до змін клімату, що потребує комплексних заходів у таких сферах, як сільське господарство, енергетика, водне господарство та урбаністика.

Важливим елементом Стратегії є формування екологічно відповідального суспільства. Це досягається через проведення освітніх та інформаційних кампаній, які сприяють підвищенню рівня екологічної культури населення. Впровадження екологічних дисциплін у шкільну та університетську програми, підтримка громадських ініціатив і доступ до актуальної інформації про стан довкілля відіграють важливу роль у зміні ставлення громадян до природних ресурсів. Разом із тим реалізація Стратегії стикається з низкою викликів, серед яких недостатнє фінансування, низький рівень координації між органами влади, обмежені ресурси та зовнішні фактори, такі як воєнний стан, що ускладнює виконання стратегічних ініціатив [5].

Крім того, важливою складовою реалізації екологічної етики є активна участь у міжнародних ініціативах. Україна, як і багато інших країн, є підписантом Паризької кліматичної угоди, яка ставить амбітні цілі щодо скорочення викидів парникових газів та переходу до відновлюваних джерел енергії. Реалізація цих зобов'язань вимагає не лише політичної волі, але й підтримки з боку громадянського суспільства, яке повинно усвідомлювати важливість екологічної відповідальності.

Екологічна етика є фундаментом для створення нової парадигми відносин між людиною та природою. Її принципи – визнання внутрішньої цінності природи, холістичний підхід до екосистем, переосмислення споживчих практик та відповідальність за майбутнє планети – формують основу для гармонійного співіснування з природою. Впровадження цих принципів у повсякденне життя є

необхідною умовою для подолання екологічної кризи та забезпечення стійкого розвитку.

Список використаних джерел

1. Schweitzer A. Die Ehrfurcht vor dem Leben Grundtexte aus fünf Jahrzehnten. 11 aufl. München : C. H. Beck. 2020, 167 p.
2. Екологічна етика : навчальний посібник ; за заг. ред. О.М. Шуміла / Борейко В.Є., Шуміло О.М., Шеховцов В.В., Шуміло О.О. – Х. : Право. 2015, 304 с.
3. Yakimtsov V. V. History and development of Haken's synergetics. *Науковий вісник НЛТУ України. Серія Економічна*. 2018. Т. 28. № 9. С. 119–125
4. Кравченко О. М. Екологічна політика України в контексті міжнародного співробітництва. Київ: Либідь. 2020, 112 с.
5. Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 20.10.2021 № 1363-р. (Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-p#Text>).

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОБЕЗПЕКОЮ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТ

Душкін Станіслав Сергійович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
d.akass@ukr.net

Для досягнення Цілі сталого розвитку № 11 [1], яка спрямована на забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості та екологічної стійкості міст і населених пунктів, де жителі мають гідний рівень життя, формуються основи економічного процвітання та соціальної стабільності без шкоди для довкілля, важливим є впровадження цифрових технологій. У сучасному світі, трансформованому цифровими технологіями, особливо актуальним стає процес розбудови smart-міст.

Інтеграція "Великих даних" з різними системами міста дозволяє створити єдину екосистему розумного міста [2]. Це відкриває нові можливості для оптимізації ресурсів, підвищення якості життя та забезпечення сталого розвитку. В системах водопостачання міста завдяки їм можна здійснювати постійний моніторинг якості води, виявляти забруднення на ранніх стадіях та оперативно реагувати на будь-які відхилення від норм. Це дозволяє забезпечити безпеку споживання води та захистити навколишнє середовище.

Сучасна смарт-інфраструктура включає в себе розгалужену мережу датчиків, які інтегровані в різні міські об'єкти та генерують великі масиви даних (Big Data). Ці дані обробляються в режимі реального часу за допомогою цифрових комунікаційних мереж, що забезпечують їх безперервний потік і взаємозв'язок. Важливим елементом такої інфраструктури є хмарні технології, які обслуговують потужну платформу для зберігання, аналізу та обміну інформацією між системами, пристроями та користувачами, сприяючи ефективному управлінню.

Дослідження показують, що цифрові технології значно підвищують точність моніторингу стану міської інфраструктури, створюючи цей процес більш надійним, доступним і системним. На те, що впровадження smart-рішень покращує якість життя мешканців та ефективнішому управлінню ресурсами, воно також супроводжується певними ризиками. Важливо розуміти, що створення смарт-інфраструктури саме по собі не є універсальним рішенням усіх міських проблем, а потребує комплексного підходу та підсумкового управління [3].

SWOT-аналіз розбудови smart-інфраструктури міста можна описати як: сильні сторони → слабкі сторони → можливості → загрози [4].

Водна інфраструктура – це система фізичних (як побудованих, так і екологічних), соціальних (наприклад, управління) і технологічних елементів, які переміщують воду в людські спільноти, через них і з них. Це включає, але не обмежується, інфраструктуру водопостачання (наприклад, системи трубопроводів, водоочисні споруди), інфраструктуру дренажу та протипаводкової каналізації (наприклад, зливову каналізацію, системи зеленої інфраструктури, дамби) та інфраструктуру очищення стічних вод (наприклад, системи труб, очисні споруди, споруди регенерованої води). Підходи до водної інфраструктури «розумного міста» наголошують на інтеграції інформаційних і комунікаційних технологій з міською водною інфраструктурою та послугами, зазвичай з метою підвищення ефективності та добробуту людей [5].

Незважаючи на те, що міська інфраструктура водопостачання (МІВ) виконує важливі функції в місті (наприклад, постачання питної води), інформаційні та комунікаційні технології і загальносистемне управління МІВ на основі мережі ще не набули широкого поширення. Аналіз показує, що координація між запланованим додатком і придатною для використання технологією зв'язку потрібна для реалізації ефективної мережі моніторингу та контролю в області мереж МІВ [6].

Розумна водна інфраструктура відрізняється від традиційного управління водними ресурсами двома ключовими моментами: вона збирає значно більше деталей по всій інфраструктурі, а інформація збирається в реальному або майже реальному часі, що дозволяє командам управління водними ресурсами швидко реагувати [7]. Вона використовує багато технологій для покращення управління водними ресурсами, від управління водопостачанням до очищення стічних вод. Технологічний прогрес дозволив отримати цінну інформацію про всю водну екосистему [8, 9].

Враховуючи вищенаведене можна запропонувати наступну схему ВКГ (рис. 1).

Сучасні системи водного менеджменту (СВМ) на підприємствах комунального водного господарства відіграють ключову роль у забезпеченні населення та промислових об'єктів водою належної якості. Ефективність таких систем залежить від трьох основних рівнів: джерел водопостачання, технологій підготовки води та систем подачі й розподілу води (рис. 2). Таким чином, СВМ є складним багаторівневим процесом, що включає забір, обробку, транспортування та утилізацію води.



Рисунок 1 – Схема системи ВКГ в smart-структурі міста

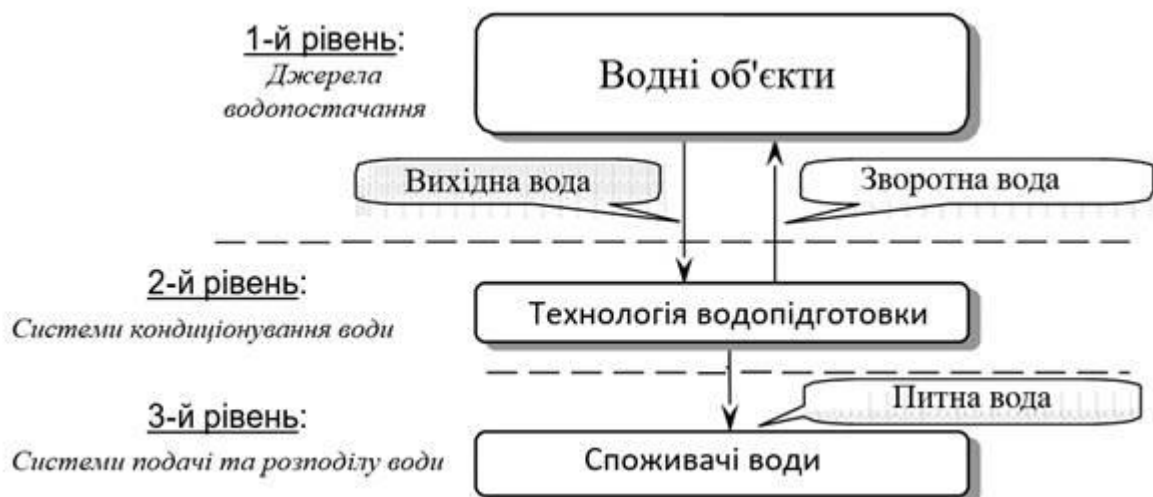


Рисунок 2 – Структура водного менеджменту

Таким чином ефективне управління екологічною безпекою систем водопостачання є однією з актуальних проблем у зв'язку зі збільшенням територій через зростання населення, економічний розвиток та можливість дефіциту води через зміну клімату. Щоб подолати зростання попиту на воду, необхідно створити цифрові водні рішення для забезпечення моніторингу в режимі реального часу, системи підтримки прийняття рішень, ефективного управління мережею водопостачання та оптимізації водно-енергетичного зв'язку.

Список використаних джерел

1. Цілі сталого розвитку. (Режим доступу: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>).
2. Шкирта І. М., Лазар В. Ф. Технологія Big Data: сутність, можливості для бізнесу. *Серія Економіка*. 2019. № 2(12). С. 51–56.
3. Anthopoulos L. Smart utopia VS smart reality: Learning by experience from 10 smart city cases. *Cities*. 2017. Vol. 63. P. 128–148.
4. Mupfumira P., Mutingi M. A SWOT analysis of smart cities frameworks. In 4th African International Conference on Industrial Engineering and Operations Management 2023 Apr 4.
5. Lieberknecht K. Smart Cities and Water Infrastructure. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science 2022 Oct 19.
6. Oberascher M., Rauch W., Sitzenfrei R. Towards a smart water city: A comprehensive review of applications, data requirements, and communication technologies for integrated management. *Sustainable Cities and Society*. 2022. Vol. 76. 103442.
7. Bibri S. E., Krogstie J. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*. 2017. Vol. 31. P. 183–212.
8. Brasil J., Macedo M., Lago C. [et al.]. Nature-based solutions and real-time control: challenges and opportunities. *Water*. 2021. Vol. 13(5). 651.
9. Cominola A., Giuliani M., Castelletti A. [et al.]. Implications of data sampling resolution on water use simulation, end-use disaggregation, and demand management. *Environmental Modelling & Software*. 2018. Vol. 102. P. 199–212.

ІННВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ СКЛА

Фалько Тетяна Валентинівна,

аспірантка,

Савцова Оксана Вікторівна,

доктор технічних наук, завідувачка кафедри, професорка,

Луговой Ігор Іванович,

аспірант,

Шмітько Дарья Павлівна,

бакалавр,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

tetyana.falko@kname.edu.ua

Критично важливою проблемою зміну клімату є зростання глобальної середньої концентрації CO₂, як найважливішого парникового газу, яка в 2022 році вперше на 50 % перевищила рівень до індустріальної ери і продовжує зростати. Тому важливі питання зменшення кількості CO₂ та інших парникових газів, які викидаються в атмосферу, та активне видалення CO₂ з атмосфери в точці викидів, щільно пов'язані з питаннями декарбонізації. Важливий внесок в декарбонізацію секторів економіки України мають сучасні технічні підходи, які використовуються для обмеження та видалення вуглецю в нашій атмосфері[1].

На рівні споживачів енергії, як і на рівні енергетичної системи відбувається декарбонізація, зазвичай повільними темпами (~0,3% на рік на глобальному рівні первинної енергії та трохи швидше на рівні кінцевої енергії). Однак, моделі, які розроблені на сьогоднішній день для опису динаміки глобальних енергетичних систем, не можуть відтворити декарбонізацію будь-яким ендегенним способом, незалежно від того, чи охоплюють моделі економічну («зверху вниз») або інженерну («знизу вгору») перспективи. Але сучасний рівень моделювання взаємодії енергетики, технологій та навколишнього середовища швидко розширюється. Майбутні темпи декарбонізації залежать від представлення технології. Відповідно до домінуючого погляду на статичну технологічну базу, минулу та майбутню декарбонізацію неможливо змодельовати без використання екзогенних факторів та обмежень моделювання. Наразі єдиний спосіб відтворити історичну декарбонізацію та створити сценарії майбутньої декарбонізації ендегенним шляхом – це використовувати моделі, які включають повну невизначеність, у тому числі збільшення віддачі від впровадження нових енергетичних технологій [2].

Скляна промисловість є частиною енергоємної промисловості, що становить серйозну проблему для досягнення цілей щодо скорочення викидів CO₂, визначених Паризькою кліматичною угодою. Сегменти скляної промисловості, тара або флоат-скло, досить різноманітні і відносять до різних скляних виробів з різними вимогами до якості продукції та різними варіантами процесу. Щоб вирішити проблему декарбонізації скляної промисловості, по-перше, проводиться інвентаризація поточних скляних виробів, процесів і застосовуваних технологій з точки зору енергоефективності та викидів CO₂. По-друге, варіанти декарбонізації визначаються та структуруються відповідно до заміни палива, утилізації відпрацьованого тепла та інтенсифікації процесу. Через високу частку пов'язаних з енергією викидів CO₂ електричне плавлення та спалювання водню або їх поєднання є найбільш перспективними варіантами декарбонізації скляної промисловості, але необхідні подальші дослідження, коригування конструкції та вдосконалення процесу. Крім того, ціни на електроенергію та водень повинні знизитися або викопне паливо повинно стати більш вартісним, щоб бути економічно конкурентоспроможним порівняно з викопним паливом, і відповідну інфраструктуру потрібно побудувати або налаштувати. Різні варіанти рекуперації тепла мають великий потенціал для економії CO₂, але можуть бути технічно складними або ще не розглядалися з техніко-економічних причин.

Декарбонізація скляної промисловості вимагає різноманітних рішень. Найбільшу частку скляної промисловості необхідно замінити викопним енергоносієм з нейтральними CO₂. За рахунок зниження питомої енергії споживання, переробка повинна застосовуватися, але її використання є обмежено наявністю, а також якістю продукту та рівнем переробки. Гнучкість щодо ціни розробки електроенергії, водню, природного газу та CO₂ буде ключовою для того, щоб залишатися успішним конкурентом. У той же час, технологічні процеси повинні бути стабільними, а якість продукту повинна бути збережена. Відомі пропозиції, щодо декарбонізації, потребуватимуть значних (інвестиційних) витрат. Для забезпечення обґрунтованого прийняття рішень, потенціалу скорочення викидів CO₂, економічних міркувань, остаточних наслідки застосовуються різні варіанти декарбонізації для плавильних печей в виготовленні тари та листового скла.

Варіанти декарбонізації які класифікуються за енергією (інтенсифікація процесів, відходи, рекуперація тепла) і матеріальна (переробка) ефективність тощо. З урахуванням інформації про потенціали енергозбереження та CO₂, TRL та передбачені терміни окупності. Слід зазначити, що терміни окупності в особливо піддаються високому ступеню невизначеності, оскільки вони сильно залежать від різних граничних умов, таких як електроенергія та ціни на газ.

Заміна карбонатної сировини на низьковуглецеві речовини не враховуються, оскільки, по-перше, викиди CO_2 передаються іншому секторі, але не зменшується, а по-друге, впливав на обробку та якість скла важко оцінити.

Промисловість тарного скла для досягнення нульових викидів у застосовує різні способи [3]:

1) інвестиції в конструювання скловарених печей. «Печі майбутнього» відрізняються перевагами енергетичних шляхів для забезпечення виробництва скла з низьким вмістом вуглецю. Застосовуються повністю електричні плавильні печі та інноваційних технологій «гібридних печей», які замінюють частину природного газу відновлюваною енергією;

2) закриття скляної петлі. Скло є «незмінним матеріалом», який не втрачає якості під час переробки, але ринковий попит на перероблений склобій перевищує його доступність. Щоб змінити цю тенденцію створена ініціатива «Close the Glass Loop» для збору більшої та якіснішої упаковки з переробленого скла;

3) пошук і дизайн. Сучасні скляні пляшки міцніші та легші, ніж будь-коли раніше і розроблені з урахуванням вуглецевого сліду. Виробники зменшують середню вагу конструкцій контейнерів, щоб мінімізувати сировину, необхідну для виробництва, й зменшити викиди під час транспортування. Ці контейнери також виготовляються з дедалі більшої кількості переробленого скла та дедалі більше з альтернативної сировини з меншим вмістом вуглецю, що свідчить про спільні зусилля всієї галузі з декарбонізації;

4) транспорт та доставка. Щоб скоротити викиди транспортних засобів і парків транспортних засобів, що є частиною нашого загального обсягу викидів виробники в усій галузі працюють зі своїми клієнтами над впровадженням ряду ініціатив щодо декарбонізації, від збільшення використання залізничних маршрутів до випробування та інтеграції транспортних засобів доставки з низьким вмістом вуглецю в систему.

Підсумовуючи, для вирішення декарбонізації рекомендовано наступні заходи процеси виробництва скла, у порядку релевантності:

1) збільшити частку електроенергії для процесу плавлення скла. Електричне плавлення може бути введено поетапно, доки нарешті частка електричної енергії не переважатиме (гібрид плавлення) або становить майже 100% споживання енергії (повністю електричне плавлення);

2) частина енергії, яка не забезпечується електроенергією замінюється спалюванням водню. Рекомендується кисневе спалювання;

3) впровадження вдосконалених систем керування процесом для компенсації коливань ціни та доступності енергії;

4) підвищення ефективності плавлення за допомогою конструкції печі або налаштування системи спалювання. У випадку наявності значної кількості відпрацьованого тепла (енергія забезпечується спалюванням, а не повністю електричним плавленням), слід перевірити, як це можна використовувати найбільш розумно.

Впровадження декарбонізації секторів промисловості України дозволить впровадити принципи «нульового рівня» на шляху до сталого розвитку держави та міжнародного партнерства на засадах відповідального ведення бізнесу [4].

За словами Станіслава Зінченко, директор GMK Centery рамках проекту Low Carbon Ukraine: «Декарбонізація – це не данина моді, а глобальна тенденція та процес на найближчі десятиліття. Вона торкнеться як виробників сталі, а й усіх промислових підприємств, яким необхідно збільшити капітальні вкладення скорочення викидів CO₂» [5]. Тому виробники склотарної продукції України потужно підготувалися до нових викликів на шляху до збереження навколишнього середовища та виробництва якісної продукції.

Список використаних джерел

1. Menegaki A. Chapter 1 – An editorial and an introduction to the economic softhe energy-growth nexus: Current challenges for applied and theoretical research A Guideto Econometrics Methods for the Energy-Growth Nexus, 2021. – P. 1–30.

2. Zier M., Stenzel P., Kotzur L. [et al.]. A review of decarbonization options for the glass industry. *Energy Conversion and Management*. 2021. Vol. 10. P. 100083.

3. Del Rio D. D. F., Sovacool B. K., Foley A. M. [et al.]. Decarbonizing the glass industry: a critical and systematic review of developments, sociotechnical system sand policy options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 155. P. 111885.

4. Курс на декарбонізацію. П'ять засадничих принципів досягнення нульового рівня викидів. (Режим доступу: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-19-26>).

5. Гура К. Ю., Петрук В. Г. Аналіз сучасних тенденцій декарбонізації та екомодернізації енергетики України і світу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. № 5. С. 19–26.

ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВНИХ ВОЛОКОН У ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

Куленко Олена Анатоліївна,

старший викладач

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

chemikulenko@gmail.com

Сучасний період розвитку характеризується явним виснаженням невідновлюваних ресурсів енергії та заподіянням шкоди навколишньому середовищу при їх переробці. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання біопалива, здатне замінити традиційні паливні джерела. Значну роль відіграє екологічна чистота нових енергетичних теплоносіїв. В останні роки енергетичне використання деревних відходів сприймається як альтернатива традиційним видам палива. Це з тим, що деревні відходи є CO_2 -нейтральними, мають низький вміст сірки, ставляться до відновлюваних джерел енергії. Все це призвело до того, що технології одержання енергії з деревних відходів останніми роками розвиваються та вдосконалюються. Переробка деревних відходів на паливні пелети вирішує багато проблем, пов'язаних із вторинною переробкою відходів деревини у процесі виробництва. Виготовлення паливних гранул пов'язане з переробкою деревної сировини, що полягає в подрібненні низькосортної сировини, щоб отримати високоякісний матеріал. Процес отримання деревних пелет класично складається з наступних основних стадій: велике дроблення; сушіння; дрібне подрібнення; змішання та водопідготовка; пресування; охолодження та сушіння; розфасовка. Фізико-хімічні основи багатьох технологічних операцій базуються на хімії деревини та синтетичних полімерів, фізичній та колоїдній хімії, теорії міцності.

Одержання паливних пелет можна розглянути з точки зору явищ, що відбуваються в умовах пресування при контакті деревних частинок між собою: когезія, релаксація, в'язкопружні властивості компонентів деревини та їх роль міжволоконної взаємодії. Знаючи фізико-хімічні процеси, що протікають при отриманні паливних пелет, можна розробити ефективні методи вдосконалення технології та поліпшення властивостей пелет, отриманих з деревини хвойних, так і листяних порід. Знання в'язкопружних властивостей деревних волокон необхідні створення релаксаційної теорії та пояснення механізму міжволоконної взаємодії для утворення паливних гранул. Технологічні режими з урахуванням в'язкопружних властивостей деревини, регулюючи які можна узгодити оптимальні режими з параметрами обладнання. Оскільки основні

компоненти деревного комплексу є полімерами, їх поведінка при нагріванні під тиском визначається їх фізичним станом [4].

У загальному вигляді релаксацією називається процес переходу системи з нерівноважного стану до рівноважного. Релаксаційні явища в полімерах виникають за будь-якого порушення статичної рівноваги, викликаного зовнішнім впливом. Вони пов'язані з відгуком на ці впливи груп атомів, ланок, що повторюються, сегментів макромолекул, надмолекулярних утворень. Інтервали часу, протягом якого складові елементи досягають своєї рівноваги, залежать від хімічної будови та фізичної структури полімеру, типу релаксаційного процесу, температури та тиску. Вони лежать у досить широких межах – від мікросекунд до кількох років. Причому складові елементи структури виступають у ролі самостійних кінетичних одиниць різної рухливості. Рухливість певних елементів характеризують часом релаксації.

Для опису фізико-хімічних полімерів при деформації використовують механічні моделі, що складаються з ідеальної пружної пружини (пружний елемент) та демпфера-поршня, завантаженого у в'язку рідину (в'язкий елемент). Послідовне їх з'єднання відтворює поведінку пружних тіл (модель Москвілла). Паралельне з'єднання моделює поведінку в'язкопружних тіл (модель Кельвіна). Досить спрощено можна вважати, що модель Москвілла описує поведінку лінійного полімеру, модель Кельвіна – зшитого [1, 2]. Таким чином, механічно оборотна високоеластична деформація внаслідок її релаксаційного характеру є термодинамічно необоротною [3].

Уперше статичний метод визначення температурних переходів до встановлення склеювання целюлози застосували дослідники В. О. Каргін та П. В. Козлов [4]. За їх даними, температура склеювання сухої целюлози становить 220–230 °С. Пізніше було виявлено ряд переходів, що відповідають знижувальній температурі. Зокрема, перехід за 100 °С пов'язують із зміною конформації окремих піранозних кілець. Для вивчення температурних переходів деревних волокон, деревини та її компонентів застосовують як статичний, і динамічні методи. Стосовно завдань дослідження паливних гранул основний інтерес становлять температурні переходи препаратів нативного лігніну та геміцелюлоз як відповідальних за розвиток міжволоконної взаємодії. Ці знання потрібні для розуміння з фізико-хімічних властивостей участі компонентів у процесі утворення паливних гранул. Для вирішення практичних завдань управління процесом утворення деревних гранул потрібно знати поведінку деревного волокна в цілому. Низькотемпературні переходи лігнінів пов'язують з коливаннями груп $-\text{CH}_3$ в метоксильних групах бічних ланцюгів лігніну, гідроксильних груп, здатних до утворення стабільних водних внутрішньомолекулярних зв'язків.

Основний температурний перехід полімерів пов'язаний з появою сегментальної рухливості, в результаті чого полімер переходить зі склоподібного стану в високоеластичний. Низькотемпературні переходи геміцелюлоз, встановлені динамічними методами, відносять до молекулярного руху гідроксильних груп та зміни конформації піранозних кілець. Температура розм'якшення геміцелюлоз у високотемпературній області лежить близько 100–160 °С і змінюється внаслідок різних обробок (або у бік підвищення, або у бік зниження). Для деревини залежно від умов визначення спостерігають або один перехід (область температур сухої целюлози), або кілька, причому за більш низьких температур (область температур інших сухих компонентів). Домінуючий перехід відноситься до целюлози, інші, навпаки, виражені слабо [5].

Міцність і в'язкопружні властивості деревини і деревних волокон, що виробляються з неї, і хімічні перетворення основних компонентів при гарячому пресуванні розкривають механізм утворення паливних гранул. Сутність його полягає у розвитку міжволоконної взаємодії. Однак процес поширюється на всю клітинну стінку деревини та є невід'ємною складовою виготовлення паливного матеріалу. Хімічні перетворення при гарячому пресуванні пелет є гетерогенним процесом та протікають із низьким ступенем завершеності. Перетворення поширюються за межі міжволоконного контакту та знижують власну міцність деревних волокон. Розділити ділянки хімічних реакцій на необхідні для розвитку міжволоконної взаємодії і на супутні, в яких у тому числі відбуваються реакції, що негативно діють на міцність компонентів, неможливо [5].

Фізико-хімічні явища, пов'язані з температурними переходами та встановленням адгезійної взаємодії, згідно з дифузійною теорією адгезії також захоплюють весь об'єм клітинної стінки, а не обмежуються тільки поверхнею розділу фаз. Лігнін та нецелюлозні полісахариди у деревній тканині є не повністю сумісними полімерами. Отже, в умовах пресування у них відбуваються фізико-хімічні зміни, такі як температурні переходи, взаємодифузія структур різного рівня, а також хімічні – деструкція та поява нових функціональних груп. Зміни супроводжуються переміщеннями макромолекул чи його сегментів у силовому полі. У результаті таких реакцій встановлюються нові міжмолекулярні та хімічні взаємодії. Напрями, за якими досягають зростання міжволоконної взаємодії, зводяться до наступного: регулювання в'язкопружних властивостей, щоб забезпечити достатню поверхню контакту; активація поверхні контакту волокон, необхідної для хімічних взаємодій та утворення Н-зв'язків; використання додаткових активних екологічно чистих добавок для розвитку адгезії або хімічного зшивання

макромолекул та структур; мінімізація внутрішніх напруг, що підвищить формостабільність паливних пелет [4].

На закінчення відзначимо, що міжволоконна взаємодія обумовлена широким спектром явищ, що отримують розвиток у процесі температурно-силового впливу на вихідну деревну сировину при трансформації їх у готові паливні пелети. Зусилля, що зумовлюють взаємодію, складаються з сил тертя між поверхнями переплетених волокон і міжмолекулярних сил. Стабільна взаємодія досягається в результаті хімічних реакцій між компонентами деревини: фракціями лігніну, частково деструктованими та окисленими геміцелюлозами, а також екстрактивних речовин. З меншою активністю в процес залучені всі інші компоненти. Міжволоконна взаємодія розвивається з неодмінними змінами всього обсягу [5].

Міцність характеризує здатність твердих тіл протистояти руйнуванню та зберігати цілісність під дією зовнішніх сил. Міцність є одним із найголовніших властивостей деревноплитних матеріалів, у тому числі і паливних гранул. Такі фізичні властивості, як щільність, твердість, модуль пружності є інтегральними, усередненими у всьому зразку. На противагу їм міцність – це властивість екстремальна: руйнація відбувається у найслабшому місці зразка [1, 3].

Когезійні властивості паливних пелет визначаються сукупністю взаємодії атомів, ланок, сегментів макромолекул та надмолекулярних структур. Необхідну для поділу тіла частини роботи з видаленням їх у відстань, коли порушується цілісність цього тіла, називають питомою роботою когезії. Для характеристики когезії використовують поняття щільність енергії когезії, відносячи його до енергії одиниці об'єму речовини, яку потрібно витратити на його випаровування або сублімацію. Вона залежить від типу й числа атомних груп, що входять у ланку, яка повторюється, від конфігурації й ступеня полімеризації макромолекул, а також надмолекулярної структури. Значення щільності енергії когезії знаходять розрахунковим шляхом [1–5].

Введення функціональних груп у макромолекули збільшує їхню когезію. Зв'язок будови полімерних матеріалів та їх когезійних характеристик простежується на прикладі паливних пелет. Ці знання корисні для розробки модифікації пелетів. Модифікування паливних пелет спрямоване на підвищення рівня якості, а також забезпечення властивостей готового матеріалу ефективнішими та менш витратними способами виготовлення. Виходячи з дослідження в'язкопружних властивостей деревних волокон у процесі виготовлення паливних гранул можна сформулювати наступні висновки:

1) міцність і в'язкопружні властивості деревини і деревних волокон, що виробляються з неї, та хімічні перетворення основних компонентів при гарячому пресуванні розкривають механізм утворення паливних гранул.

Сутність його полягає у розвитку міжволоконної взаємодії. Однак процес поширюється на всю клітинну стінку деревини та є невід'ємною складовою виготовлення паливних пелет;

2) слід зазначити, основні хімічні компоненти деревини беруть участь у утворенні паливних пелет, виконуючи свої функції. Целюлоза є армуючим компонентом, а її деполімеризація та деструкція повинні бути обмежені визначенням параметрів отримання пелет, лігніну та геміцелюлози, формуючи полімерну матрицю. Виняток композиції призводить до зниження якості паливних гранул;

3) міцність є однією з найголовніших властивостей паливних пелет. При розгляді механізму утворення паливних гранул необхідно знати, які теоретичні межі існують у підвищенні їх міцності. Таку інформацію дають релаксаційні явища та процес когезії, на основі яких можна скласти уявлення про майбутні перспективи того чи іншого технічного рішення у галузі вдосконалення технології та модифікування паливних гранул.

Список використаних джерел

1. Курка Р. Р. Особливості технології формування паливних гранул з подрібненої деревини листяних порід. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. С. 132–136.

2. Співак О. Ю., Дахновська О. В., Фіник І. В. Експериментальні дослідження низькотемпературного сушіння відходів деревини. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2016. № 1. 60–64.

3. Клименко В. В. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів : монографія. Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем». 2017, 162 с.

4. Гайда С. В. Технології та рекомендації до використання вживаної деревини в деревообробленні. *Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб.* 2013. Вип. 39. С. 48–67.

5. Комплексне перероблення рослинної сировини: Комплексна хімічна переробка деревини : навч. посіб. / уклад.: В. В. Галиш, О. В. Ященко, І. В. Трембус. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022, 104 с.

Середенко В. В.

старший викладач,

Національний аерокосмічний університет

ім. М. Є. Жуковського, «ХАІ»

seredenkovikt@gmail.com

Екологічні проблеми займають все більше місця в сучасному світі. Забруднення середовища існування досягло гігантських розмірів і продовжує збільшуватися. Це вже призвело до незворотних наслідків. Підняття глобальної середньої температури на 1,5–2 градуси є причиною екстремальних погодних явищ. Зараз ми можемо це спостерігати. У Сахарі випадають дощі, стрімко збільшується кількість ураганів на побережжі Північної Америки, змінюється кліматичні умови в Європі.

В Україні глобальні тенденції зміну екологічного стану середовища погіршуються впливом військових дій. Одним із основних джерел викидів вуглекислого газу є військовий транспорт, який використовує палива набагато більше ніж цивільний. Фура витрачає в середньому 20–40 літрів на 100 кілометрів пробігу. Витрати бронетранспортеру досягають 130 літрів, а деяких танків – 500 літрів. Зараз в бойових діях приймають участь тисячі таких машин. Окрім того тисячі машин перевозять гуманітарні вантажі і переселенців. Запуски літаків-винищувачів, ракет, обстріли та бомбардування, пожежі та вибухи – все це призводить до колосальних викидів CO₂ в атмосферу [1].

Постійні бомбардування території різними видами зброї, це і ракети, і шахеди і авіаційні бомби різного типу, приводить до постійного механічного руйнування ґрунтів. Вібрація приводить до критичних змін ландшафту і біологічних видів, існуючих на цієї території. Крім того, за вибуху будь-якого боєприпасу в атмосферу і літосферу потрапляє багата кількість токсичних сполук. Це вуглекислий та чадний газ, водяна пара, пари ціанистої кислоти, оксиди сірки та інші токсичні речовини). Ці хімічні сполуки можуть проникати разом із опадами з атмосфери в ґрунт, потім потрапляти до ґрунтових вод, разом з ними до річок, а згодом і до харчових ланцюгів тварин і людей.

Порівняння якості атмосферного повітря в Україні в 2021 та 2022 роках показує зменшення забруднення за основними показниками, особливо для районів з щільним розміщенням промислових підприємств. Це Запорізьська, Днепропетровська та Донецька області. Це явище пов'язано з зупинкою роботи багатьох підприємств і частковою окупацією цих регіонів. Тимчасово окупований Маріуполь став лідером серед міст, де зменшився обсяг викидів від

промислових об'єктів, оскільки більшість з них припинила роботу під час окупації або взагалі були знищені. Так з 333 610 т за 2021 рік Маріуполь понизив свій показник аж до 229 т за 2022 рік. А у відсотковому співвідношенні лідирує Енергодар з показником зниження аж у 92,16 % [2].

Якщо викиди промислових підприємств зменшилися, то забруднення пов'язані з бойовими діями значно збільшилися. Руйнування енергосистеми України підприємства подбати про додаткові джерела енергії – генератори (дизельні та бензинові). За 2022 рік в нашу країну було завезено більше ніж 670 тис. генераторів. Під час роботи двигунів генераторів докільця забруднюється шкідливими речовинами. У повітря викидається велика кількість вуглекислого та чадного газів, сажа, оксиди азоту та дрібнодисперсний пил. Це впливає на здоров'я людей. Найбільш уразливі категорії це люди, які хворіють на астму, серцево-судинні та гострі респіраторні захворювання. Дрібнодисперсний пил може проникати в легені, кров, судини. Це чинить негативний вплив на роботу нервової системи мозку, сприяти розвитку хронічних захворювань [3].

У серпні спостерігалось значне задимлення повітря в Харкові в області. Кількість забруднюючих речовин збільшилась в кілька разів. Причиною цього явища були не тільки бойові дії, но і перенесення повітряних мас з південного сходу та масові пожежі, які спостерігалися в регіоні протягом великого часу. Ворог наносив бомбові удари в лісові масиви і поля, викликаючи загорання трави і дерев. У декількох селах вогонь не змогли зупинити і це привело до знищення не тільки екосистеми, но і домівок і господарчих споруд. В Харківському регіоні запроваджено створення п'яти нових пунктів спостереження, придбання та введення в експлуатацію пересувної лабораторії, створення системи моніторингу повітря для контролю за якістю повітря [4].

Список використаних джерел

1. Війна та екологія: чому природа стає жертвою збройного конфлікту? (Режим доступу: <https://iaa.org.ua/articles/vijna-ta-ekologiya-chomu-pryroda-staye-zhertvoyu-zbrojnogo-konfliktu/>).
2. Якість атмосферного повітря в Україні до і під час повномасштабного вторгнення. (Режим доступу: https://www.savednipro.org/wp-content/uploads/2023/10/zvit_doslidzhennya_101723.pdf).
3. Вплив війни на навколишнє середовище. (Режим доступу: <https://ciwf.in.ua/?p=3507>).
4. Нові пункти спостережень та пересувна лабораторія: у Харкові посилять контроль за станом повітря. (Режим доступу: <https://www.slk.kh.ua/oblast-online/harkiv/novi-punkti-sposterezen-ta-peresuvna-laboratoria-u-harkovi-posilat-kontrol-za-stanom-povitra.html>).

ХІМІЧНО СТІЙКІ ЛАКОФАРБОВІ КОМПОЗИЦІЇ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ХІМІЧНОЇ ТА КОКСОХІМІЧНОЇ СИРОВИНИ

Нестеренко Сергій Вікторович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Скрипинець Анна Василівна,

кандидат технічних наук, старший викладач,

Владико Олександра Олександрівна,

студентка 3 курсу,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Anna.Skrypynets@kname.edu.ua

На сьогодні проблема утилізації відходів хімічної та коксохімічної промисловості є надзвичайно актуальною, зважаючи на кілька ключових аспектів. Виведення промислових відходів з екосистеми та їхнє використання для створення нових матеріалів дозволяє значно знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище. Враховуючи величезні обсяги виробництва хімічних і коксохімічних продуктів, відходи, що утворюються в цих процесах, можуть бути ефективно використані для створення інноваційних матеріалів, зокрема лакофарбових композицій [1, 2]. По-друге, застосування відходів як частини сировини для виробництва лакофарбових матеріалів дозволяє знизити вартість кінцевої продукції та зменшити залежність від традиційних природних ресурсів, таких як нафта і газ. Зокрема, використання таких побічних продуктів, як полістирол (ПС) і вуглеводнева смола (СУФ), є перспективним напрямом у зменшенні витрат на сировину для фарбувальних матеріалів.

Отже, ця проблема має великий науково-практичний потенціал, оскільки вона допомагає вирішити низку екологічних, економічних та технологічних завдань при створенні нових матеріалів з покращеними фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками.

Метою цієї роботи є розробка лакофарбових матеріалів з використанням у їх складі відходів хімічної та коксохімічної сировини. Основним зв'язуючим компонентом при розробці композицій обрана епоксидна смола ЕД-16, яку модифікували додаванням відходів полістиролу та вуглеводневої смоли – побічного продукту при виробництві нафталіну формальдегідною очисткою. Під час обробки складів, що включають зазначені компоненти, був визначений прийнятний розчинник толуол, який добре розчиняє ПС, СУФ та епоксидну смолу ЕД-16.

Дослідження фізико-механічних властивостей розроблених композицій проводили відповідно до вимог стандартів. Для випробувань на атмосферостійкість були підготовлені зразки з сталевого листа Ст.3 розмірами 60x150 мм. Нанесення лакофарбового матеріалу здійснювали кистю у 3 шари при в'язкості за віскозиметром ВЗ-4, 35 – 40 с. Загальна товщина дослідних покриттів становила 85 – 90 мкм.

Прискорені лабораторні випробування покриттів на атмосферостійкість за ISO 9227:2022 та аналіз ємнісно-омічних вимірювань показали, що після 20 циклів випробувань покриття зберегли свої захисні властивості (не спостерігалось корозії, відшарування, бульбашок тощо). Декоративні властивості змінилися незначно (зміна кольору та блиску).

Проведені експерименти показали, що введення в композицію СУФ у поєднанні з ізометилтетрагідрофталовим ангідридом (ІМТГФА), який використовувався як отверджувач епоксидної смоли, призводить до пасивації поверхні металу в процесі випробувань, що уповільнює процес старіння лакофарбових покриттів.

Аналіз отриманих результатів показує, що покриття на епоксидній основі з додаванням пластифікаторів, таких як ПС та СУФ, демонструють високі захисні властивості, що значно перевищують захисні властивості досліджуваних покриттів і близькі за своїм захисним ефектом до епоксидних покриттів (ЕП-0010). Результати ємнісно-омічних вимірювань, під час яких визначали провідність і електрохімічну ємність досліджуваних систем у розчинах хлористого натрію, повністю узгоджуються з даними поляризаційних досліджень.

Розроблена лакофарбова композиція показала високу ефективність захисту від корозії у лабораторних умовах, що підтверджується результатами електрохімічних досліджень. За рівнем захисних властивостей ця композиція наближається до традиційних епоксидних матеріалів, що вказує на її перспективність для використання в умовах високої корозійної активності.

Список використаних джерел

1. Hodul J., Meszerosova L., Drochytka R. New chemically resistant coating systems with progressive incorporation of hazardous waste in polyurethane and epoxy matrices. *Materials*. 2022. Vol. 15(9). 3235.
2. Skripinets A., Saienko N., Danchenko Yu. [et al.]. Corrosion-resistant epoxy coating for protection of structural glued-laminated timber in high humidity conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1164. 012073.

СОЛЬОВІ ПЛАВИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ

Булавина Дар'я Андріївна,

здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,

Савцова Оксана Вікторівна,

доктор технічних наук, професор,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

darya.bulavina@kname.edu.ua

Переробка радіоактивних відходів (РАВ) є однією з основних проблем ядерної енергетики (ЯЕ) та екологічної безпеки на сьогоднішній день. У всьому світі накопичено значні обсяги високоактивних відходів (ВАВ), які потребують надійного зберігання та максимальної утилізації. Відповідно до положень Енергетичної стратегії України на період до 2035 року безпечне поводження з РАВ є одним із найважливіших факторів сталого розвитку ЯЕ держави.

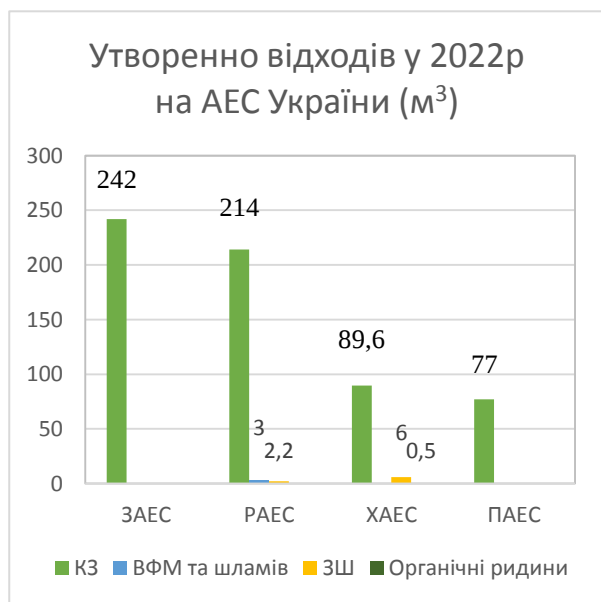
Одним із перспективних методів стабілізації та ізоляції радіоактивних матеріалів є використання сольових плавів (СП), які здатні забезпечувати ефективну іммобілізацію небезпечних елементів та зменшити кількість кінцевих відходів. СП – це рідкі або частково розплавлені суміші неорганічних солей, що здатні розчиняти різні метали та оксиди, включаючи радіоактивні елементи. До складу таких систем найчастіше входять хлориди (NaCl-KCl , LiCl-KCl , CaCl_2), фториди (LiF-NaF-KF , CaF_2), нітрати ($\text{LiNO}_3\text{-NaNO}_3\text{-KNO}_3$) та карбонати ($\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-K}_2\text{CO}_3$, $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3$) лужних і лужноземельних металів. Вони застосовуються для селективного вилучення Cs, Sr, Pu та інших небезпечних радіонуклідів.

Сольові плави мають певні переваги у порівнянні з іншими традиційними методами (цементування, керамічні матриці) переробки РАВ, а саме високу хімічну стабільність, можливість розчинення широкого спектра радіонуклідів, стійкість до руйнівного впливу радіації, можливість зменшення кількості РАВ та поєднання з іншими методами, наприклад, електрохімічним очищенням. Такі плави активно досліджують у розробках нових технологій для зберігання відходів, а також для відновлення та переробки ядерного палива.

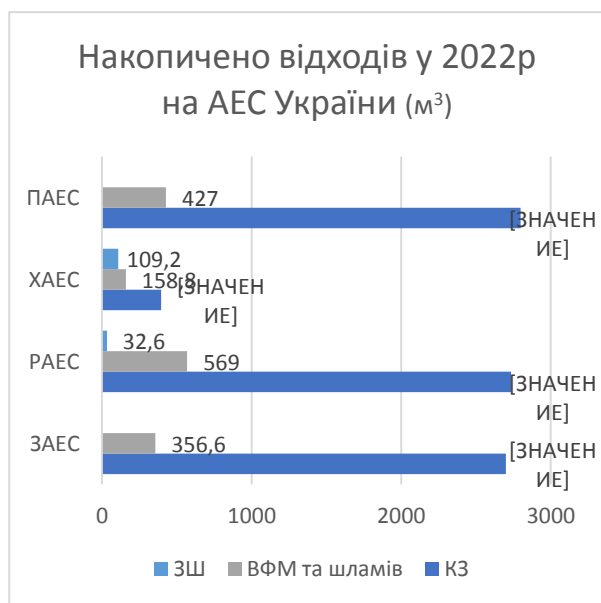
Радіоактивні відходи, що іммобілізуються СП є: продукти поділу (Cs-137, Sr-90, Tc-99, I-129), важкі трансуранові елементи (Np, Am, Cm), відходи радіохімічного виробництва, такі як рідкі розчини з нітратами, фосфатами, сульфатами, відходи електрохімічної переробки палива (металеві актиноїди), радіоактивні метали та органічні відходи. Наукові дослідження підтверджують, що

застосування СП дозволяє значно зменшити ризики, пов'язані з довготривалим зберіганням відходів, і є важливими у розвитку безпечної ЯЕ.

Нині ядерна генерація ґрунтується на продовженні терміну експлуатації реакторних установок. У 2010 році Україна вперше подовжила роботу двох енергоблоків РАЕС з ВВЕР-440 (0,835 ГВт) та ВВЕР-1000, а в 2015–2017 роках – ще чотирьох, а на інших АЕС розпочали підготовку до аналогічних заходів.



а



б

Рис.1. Порівняння обсягів утворення (а) та зберігання (б) відходів на Запорізькій, Рівненській, Хмельницькій і Південноукраїнській АЕС України станом на 2022р.

Однак тривала експлуатація корпусів реакторів типу ВВЕР призводить до накопичення дефектів у металі (радіаційна крихкість, втомне розтріскування, потенційних аномальних коливальних процесів у першому контурі реактора та ін.), що впливає на безпечність подальшої експлуатації та скорочує термін служби українських АЕС. У країнах, які раніше використовували реактори ВВЕР, вже є досвід дострокового виведення їх через структурні пошкодження елементів

першого контуру завдяки динамічним навантаженням, впливу радіації, неконтрольованим фізико-хімічним процесам та аномальним теплогідравлічним коливанням. Для України важливо порівняти радіаційну надійність конструкційних матеріалів корпусів реакторів із сучасними зарубіжними аналогами, щоб визначити оптимальні для заміни старих на безпечніші та ефективніші установки [1].

За звітними даними у 2022 році на АЕС України утворилося 634,3 м³ відходів, з яких найбільше припало на ЗАЕС – 38 % та РАЕС – 35 %, менше – на ХАЕС – 15 % і ПАЕС – 12 %. Загальний обсяг накопичених відходів склав приблизно 10 306,2 м³, де майже

однаковий відсоток у РАЕС – 32 %, ПАЕС – 31 % і ЗАЕС – 30 %, а ХАЕС накопичила лише 7 %. Показники заповненості продовжують зростати з кожним роком приблизно на 1 000~2 000 м³. Серед накопичених відходів знаходяться: кубовий залишок (розподілений майже рівномірно між ЗАЕС – 31 %, ХАЕС – 32 % і ПАЕС – 32 %, тоді як на РАЕС припало лише 5 %), відпрацьовані фільтруючі матеріали (переважають на ХАЕС – 38%, ПАЕС – 28 % та ЗАЕС – 24 %, а РАЕС лише 10 %) та зневоднений шлам (переважно на РАЕС – 77 % та частково на ХАЕС – 23 %). Утворені за рік відходи мали менший об'єм, але подібний розподіл: найбільше кубового залишку з'явилося на ЗАЕС – 39 % і ХАЕС – 34 %, а решта припала на РАЕС – 15 % і ПАЕС – 12 %. Відпрацьовані фільтруючі матеріали зафіксовані лише на РАЕС, зневоднений шлам утворився переважно на ХАЕС – 73 % та РАЕС – 27 %, а органічні рідини – лише на ХАЕС [2].

Україна, маючи велику кількість накопичених РАВ, потребує нових технологій для безпечної утилізації. Одним із перспективних напрямків є модифікація сольового складу. Додавання стабілізуючих компонентів, таких як алюмосилікати, підвищує механічну міцність сольового розплаву, а багатокомпонентні суміші сприяють утворенню термо- та хімічно стійкої структури. Важливим також є підвищення ефективності термічної обробки, що можна реалізувати шляхом розробки низькотемпературних випарників для зменшення енергоспоживання та застосування мікрохвильового нагріву, який забезпечує рівномірне прогрівання матеріалу та знижує ризик його розтріскування.

Ще одним напрямком є вдосконалення методів герметизації СП та ретельний контроль вологості в місцях зберігання. СП, що утворюється після глибокого випарювання, містить в основному нерозчинні або малорозчинні солі, що зменшує ризик розповсюдження радіонуклідів. Але взаємодія плавів з вологою або ґрунтовими водами може призвести до їх вивільнення, тому є потреба у захоронення в сертифікованих контейнерах (КРО-200, УЗЗК), що мінімізує можливість контакту з довкіллям. Використання композитних оболонок замість контейнерів підвищує довговічність зберігання відходів. Додатковий захист забезпечують покриття із полімерних або склокерамічних матеріалів запобігаючи небажаним хімічним реакціям.

Окрім безпечного зберігання, СП можна використовувати для відновлення корисних матеріалів із РАВ. Наприклад, іонний обмін або електроліз дозволяють видобувати рідкісноземельні метали, а процеси розчинення солей у спеціальних кислотах сприяють вилученню цінних компонентів без утворення додаткових відходів. Відпрацьовані солі можна застосовувати повторно – як сировину для виробництва будівельних матеріалів

(бетону та кераміки) або у хімічній промисловості для отримання чистих солей і реагентів.

СП активно використовуються та досліджується у країнах із розвинутою ЯЕ. Зокрема, у США, Франції та Китаї проводяться дослідження щодо застосування СП для іммобілізації радіонуклідів та відновлення корисних матеріалів із відпрацьованого ядерного палива.

У США СП використовується у програмах з утилізації ВАР в лабораторіях таких як, Argonne National Laboratory (ANL) та Idaho National Laboratory (INL). В останній проводяться дослідження щодо повного розуміння поведінки й удосконалення технологій СП в інтересах майбутнього чистої енергії. У ANL розроблено проєкт «Integral Fast Reactor» – використання технології піропереробки (електрорафінування) для розділення Pu та U з відпрацьованого ядерного палива. У цьому процесі електроліз у розплавах солей застосовується для вилучення та переробки актинідів, забезпечуючи ефективне відокремлення корисних матеріалів від ВАР.

У минулому столітті Франція мала одну з найрозвиненіших систем переробки ядерних відходів, зокрема на заводах La Hague та Marcoule. Сьогодні там застосовуються передові технології для переробки та зменшення обсягу РАР, включаючи методи вітрифікації, які можуть передбачати використання різних добавок для покращення властивостей отриманого скла, що свідчить про постійний розвиток та вдосконалення технологій переробки ядерних відходів у цій країні.

Китай також використовує метод СП для переробки відходів та активно розробляє рідкосольові реактори «Molten Salt Reactors», які використовують розплавлені солі як паливо й охолоджувач. Важливим проєктом з 2018 року є експериментальний торієвий рідкосольовий реактор TMSR-LF1. Реактор розроблено Шанхайським інститутом прикладної фізики КАН у межах національної програми з розвитку передових ядерних технологій. У серпні 2021 року реактор отримав ліцензію на експлуатацію від Національного управління з ядерної безпеки Китаю, що є важливим кроком у розвитку технологій MSR, впровадженні безпечних і ефективних рішень для ЯЕ та поводження з відходами, що включає використання СП для фіксації високоактивних матеріалів.

Реалізація розвитку ядерної безпеки та зменшення екологічних ризиків України також потребує розробки наукових програм, наприклад, впровадження державних ініціатив і підтримки наукових досліджень у цій сфері. Інтеграція міжнародного досвіду, а саме співпраця з міжнародними партнерами для тестування та адаптації технологій допоможе прискорити процес. Будівництво демонстраційного підприємства допоможе перевірити ефективності методу в

умовах України. Розробка детальних нормативних актів допоможе впровадженню нових технологій переробки РАВ. Інтеграція СП у систему поводження з РАВ в Україні може здійснюватися через модернізацію існуючих сховищ шляхом впровадження ліній термічної обробки та випарювання відходів, використання СП для захоронення відходів у глибоких геологічних сховищах, а також створення відповідних правил і стандартів для довготривалого зберігання РАВ із застосуванням СП.

Список використаних джерел

1. Шараєвський І. Г. Актуальні проблеми фізики динамічних пошкоджень в елементах першого контуру реакторів типу ВВЕР. *Ядерна енергетика та довкілля*. 2022. № 3. С. 3–17.
2. Радіоактивні відходи в Україні: стан та перспективи : аналіт. звіт / ДП «НАЕК «Енергоатом». – Київ, 2022. – 88 с. (Режим доступу: https://old.energoatom.com.ua/parts/pdf-file/radioactive_waste_2022.pdf).
3. Ольховик Ю. О. Сольовий плав як визначальний чинник розвитку системи кондиціонування рідких радіоактивних відходів. *Ядерна енергетика та довкілля*. 2022. № 2. С. 37–42.
4. Поводження з радіоактивними відходами на діючих АЕС. (Режим доступу: <https://www.uation.org/ru/obrashhenye-s-radyoaktyvnymy-othodamy-na-dejstvuyushhyh-aes>).
5. Рудичев Є. В., Ольховик Ю. О. Радіаційно-захисні властивості упаковки для кондиціонування сольового плаву АЕС УКРАЇНИ. *Геохімія техногенезу*. 2021. № 33. С. 100–104.
6. Operating permit issued for Chinese molten salt. World Nuclear News. (Режим доступу: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Operating-permit-issued-for-Chinese-molten-salt-re>).

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ALTSHULER'S ALGORITHM FOR
DIAGNOSTICS OF BIOGENES ENTERING WATER**

Klochko Tetiana,

Candidate of technical science (Ph. D.), Associate Professor,

Strashnenko Hanna,

Candidate of technical science (Ph. D.), Docent, Associate Professor,

Vetrova Anastasia,

student,

National aerospace university "Kharkiv Aviation Institute", Kharkov, Ukraine;

Nosov Konstantin,

Candidate of technical science (Ph. D.), Docent, Associate Professor,

Bespalov Yuri,

Research Officer,

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkov, Ukraine

h.strashnenko@khai.edu

The entry of nutrients into water (eutrophication) is the cause of various types of threats to the biosafety of water consumption. This largely relates to the entry of nutrients into reservoirs and watercourses due to the destruction of sewerage systems – due to hostilities and man-made disasters. In this regard, the problem of diagnosing the entry of nutrients into water over large areas may arise, often in difficult-to-reach areas. In modern conditions, this problem can be optimally solved by processing and analyzing digital photos of test microecosystems taken from drones (TMES, bioindicator systems). We are talking about the analysis of colorimetric parameters (CP) that are present in TMES and similar topics. In the well-known [1] Margalef succession model (MMS), this is associated with the productivity and stability of a relatively simple ecosystem. In this work, the role of TMES is performed by a microalgae film on the surface of a fouling plate, which is placed in water. This plate is placed in control in clean pond water. In the experiment, the plate is placed in water, the composition of which imitates untreated domestic wastewater. Digital photographs of the indicated TMES were used for CP analysis. These photos were taken in conditions simulating shooting from a drone hovering at a height of 1–2 m. The influence of biogenes entering water on the CP is systemic and quite complex. It is advisable to use artificial intelligence (AI) methods for modeling.

In this work, an AI software package was used, which is freely available (Chat GPT 3.5). However, AI currently cannot completely replace data analysis methods (DAM), which are used by humans. We can only talk about supplementing the well-known DAM with the help of AI. We can only talk about supplementing well-known DAM with the help of AI, for example, those using the logic of natural languages

(English, Ukrainian, etc.). In this work, the well-known [2] Altshuller invention algorithm (AIA) (AIA) is used as the DAM. The values of the RGB model components of the digital photo TMES were used as CP. They were determined by computer analysis. We are talking about the parameters described in [3]. They are similar to those in MMS associated with photosynthetic productivity and system stability. The values of these parameters were determined based on the initial values of the RGB components. The components were determined using a program implemented in PYTHON for each pixel image. When testing the findings using AI in combination with AIA, the values of Pearson correlation coefficients between the values of the indicated CP were used to diagnose the external input of nutrients into water.

During this work, the AI was offered the following text for analysis: «The presence or absence of biogenes entering water can be remotely diagnosed by analyzing correlations between the values of colorimetric parameters of the microalgal film of a test microecosystem (TMES). We are talking about the colorimetric parameter $G/(R + G + B)$ associated with the photosynthetic productivity of TMES and the colorimetric parameter R/G associated with the stability of TMES.

High values of the colorimetric parameter $G/(R + G + B)$ can diagnose the external input of biogenes into water during periods of time. When there is no negative feedback between the photosynthetic productivity of TMES and the stability of TMES. High values of the colorimetric parameter R/G are an indicator of the stability of TMES. The absence of a negative correlation between the values of the colorimetric parameters R/G and $G/(R + G + B)$ is an indicator of the absence of negative feedback between photosynthetic productivity and stability of TMES. High values of the colorimetric parameter $G/(R + G + B)$ may be associated not with the external input of biogenes into water, but with the nature of negative feedback between the photosynthetic productivity and the stability of TMES. Therefore, high values of the colorimetric parameter $G/(R + G + B)$ cannot diagnose the external input of biogenes into water during periods of time, when there is a negative feedback between the photosynthetic productivity and the stability of TMES. An indicator of the existence of a negative feedback between photosynthetic productivity and stability of TMES is the negative correlation between the values of the colorimetric parameters R/G and $G/(R + G + B)$.

The AI was then asked, in accordance with the AIA, to answer the following questions: 1. What requirements should an ideal image of a method for remote diagnostics of external input of biogenes into water by analyzing correlations of colorimetric parameters of TMES meet? 2. What contradiction is contained in this ideal image of a method for remote diagnostics of external input of biogenes into water by analyzing correlations of colorimetric parameters of TMES? 3. How can this

contradiction be resolved by dividing it in time? What will be the correlations between the parameters R/G and $G/(R+G+B)$ over time periods? When, by analyzing these correlations, is it possible or impossible to remotely diagnose the presence or absence of external input of biogenes into water?

The following answers were given to these questions.

An ideal method for remote diagnostics of external input of biogenes by analyzing correlations of colorimetric parameters of TMES should meet the following requirements:

1) diagnostic accuracy: the method must correctly determine the presence or absence of external input of biogenes into water;

2) diagnostic sustainability: the assay must be reliable regardless of changing conditions in the TMES, such as photosynthetic productivity and stability;

3) ease of interpretation: diagnostics should be based on clear and unambiguous correlations between the parameters R/G and $G/(R + G + B)$, excluding ambiguities in interpretation;

4) differentiation of influencing factors: the method must distinguish between high values of the parameter $G/(R + G + B)$ caused by external input of nutrients and high values, which are caused by internal processes. Namely, such processes as negative feedback between photosynthetic productivity and stability.

Contradiction in the ideal image of the diagnostic method:

1) the essence of the contradiction: high values of the parameter $G/(R + G + B)$ can be caused by both external input of nutrients and internal processes. They are associated with a negative feedback between photosynthetic productivity and stability of TMES. This makes it impossible to unambiguously use this parameter for diagnostics;

2) solution by time division: it is necessary to take into account the nature of time correlations between parameters to resolve the contradiction.

During periods of time when there is no negative feedback, there is no negative correlation between R/G and $G/(R + G + B)$. Under these conditions, high $G/(R + G + B)$ values may indicate an external input of biogenes.

During periods of time when negative feedback is present, a negative correlation between R/G and $G/(R + G + B)$ is observed. Under these conditions, high values of $G/(R + G + B)$ cannot be used to diagnose the external input of biogenes.

Correlations depending on conditions.

Diagnostics is possible: the absence of a negative correlation between the parameters R/G and $G/(R + G + B)$ indicates the possibility of analyzing the external input of biogenes.

Diagnostics is impossible: the presence of a negative correlation between R/G and $G/(R + G + B)$ indicates the action of internal feedback, which excludes the possibility of remote diagnostics.

The correspondence of the conclusions made by AI based on AIA to real data is confirmed by comparison of the values of statistically significant ($p < 0.05$) correlations between CP in control and experiment. Namely, there is a negative correlation between the values of the parameters R/G and $G/(R + G + B)$ in the control, and a positive correlation in the experiment.

The results obtained in this work indicate that the combination of AI and AIA is promising for studying relatively simple ecosystems. This may also have practical significance – for the development of remote methods for recording the external entry of biogenes into reservoirs and watercourses. The conclusion about the certain interest of the results obtained seems to be quite justified.

References

1. Margalef R. Some concepts relative to the organization of plankton. *Oceanography and Marine Biology annual review*. 1967. Vol. 5. P. 257–289.
2. Altshuller G. The Invention Algorithm TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. (Режим доступу: [http://www.evolutus.com/Textbooks/Altshuller 2007.pdf](http://www.evolutus.com/Textbooks/Altshuller%2007.pdf)).
3. Bepalov Y., Nosov K., Kabalyants P. Discrete dynamical model of mechanisms determining the relations of biodiversity and stability at different levels of organization of living matter. 2017. (Режим доступу: bioRxiv doi:10.1101/161687).
4. Klochko T., Kalashnikova V., Kruchyna V. [et al.]. Remote monitoring of ichthyofauna using artificial intelligence and Altshuller's algorithm / Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2024. Synergetic Engineering, Volume 1. Editors Oleksii Litvinov, Volodymir Pavlikov, Dmytro Krytskyi. Lecture Notes in Networks and Systems.

**АКТУАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА
ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

Гуріна Галина Іванівна,

кандидат хімічних наук, доцент, доцент,

Яковенко Світлана Євгенівна,

студентка,

Косенко Ірина Володимирівна,

студентка,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Сучасна лакофарбова промисловість України – це приклад галузі, підприємства якої виробляють сучасну лакофарбову продукцію, застосовують лакофарбові матеріали для одержання захисних, декоративних та захисно-декоративних покриттів для індустрії та дизайну. Найбільш потужні та провідні виробництва розміщені на підприємствах, що входять до складу Асоціації українських виробників лакофарбової промисловості (АУВЛП). Лакофарбові матеріали – це композиційні матеріали, що складаються з багатьох сировинних компонентів, функціональних домішок, які виробляються на різних ділянках лакофарбових заводів та застосовуються для одержання різних типів покриттів. Тому екологічні проблеми лакофарбової галузі стосуються виробництва багатьох хімічних речовин, починаючи з органічних олігомерів в якості плівкотвірних речовин, пігментів та наповнювачів, розчинників, пластифікаторів, стабілізаторів, агентів реології, диспергаторів, біоцидів та багатьох інших функціональних добавок і лакофарбових покриттів,

Відносини у сфері забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією регулюються в нашій державі Законом «Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією» введеним в дію з 01.06.2024 р., законами України "Про охорону навколишнього природного середовища", "Про оцінку впливу на довкілля", "Про охорону праці", "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", Технічним регламентом щодо обмеження викидів летких органічних сполук унаслідок використання органічних розчинників у лакофарбових матеріалах для будівель та ремонту колісних транспортних засобів, Технічним регламентом обмеження використання свинцю у лакофарбових матеріалах і сировинних компонентах.

Важливо розуміти, що екологічна безпека одержання будь-яких лакофарбових матеріалів та покриттів обумовлена правильним, обґрунтованим вибором фахівцями технологічного процесу. Наприклад, цинкові крони можна

одержувати за різними технологіями. Безвідходна технологія з такої сировини, як ZnO та CrO_3 має суттєві переваги перед технологією з застосуванням ZnSO_4 та K_2CrO_4 як сировинних компонентів, внаслідок необхідності очищення відходів виробництва від токсичних розчинів, що містять Cr^{6+} . Наступними кроками для забезпечення ефективності технології виробництва матеріалів є урахування аспектів ресурсо- та енергозбереження та розробка технологічних заходів із зменшення та утилізації відходів виробництва та зменшення тривалості стадій технологічних процесів із застосуванням високоенергетичного обладнання: бісерних, шарових млинів, дисольверів.

Викладачами та здобувачами за всіма трьома рівнями вищої освіти під керівництвом науково-педагогічних працівників кафедри хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ імені О. М. Бекетова виконані роботи по розробці шляхів одержання екологічно безпечних органічних олігомерів з низьким рівнем легколетких органічних сполук [1], інноваційних екологічно безпечних пігментів, що не містять свинцю на основі монтморилоніту [2], індустриальних уралкідних пігментованих лакофарбових матеріалів. [3]. Розроблені екологічно-повноцінні епоксидні матеріали та водно дисперсійні матеріали [4].

Аналіз ринку лакофарбових матеріалів в 2023–2024 роках свідчить про збільшення в Україні обсягів споживання і виробництва водно дисперсійних матеріалів. Так великий попит на оздоблювальні водно дисперсійні матеріали обумовив збільшення їх споживання до 69 %. Збільшилося також виробництво водно дисперсійних матеріалів з 60 % у 2021 р. до 72 % у 2024 р. Максимальні обсяги виробництва та споживання лакофарбових матеріалів припадають на водовмісні матеріали (рис. 1). Характерно, що таке зростання як споживання, так і виробництва водно дисперсійних матеріалів відбувалося на фоні загального скорочення споживання готових лакофарбових матеріалів у 2024 році на 5–7 %. На п'ять груп водно дисперсійних лакофарбових матеріалів припадає майже 90 % випуску: фарби інтер'єрні (31 %), ґрунти (20 %), штукатурки (14 %), фарби фасадні (13 %), шпаклівки (11 %), але зростання відбувається не в цих групах, а в групі матеріалів спеціального призначення, таких як вогнезахисні, гумові фарби.

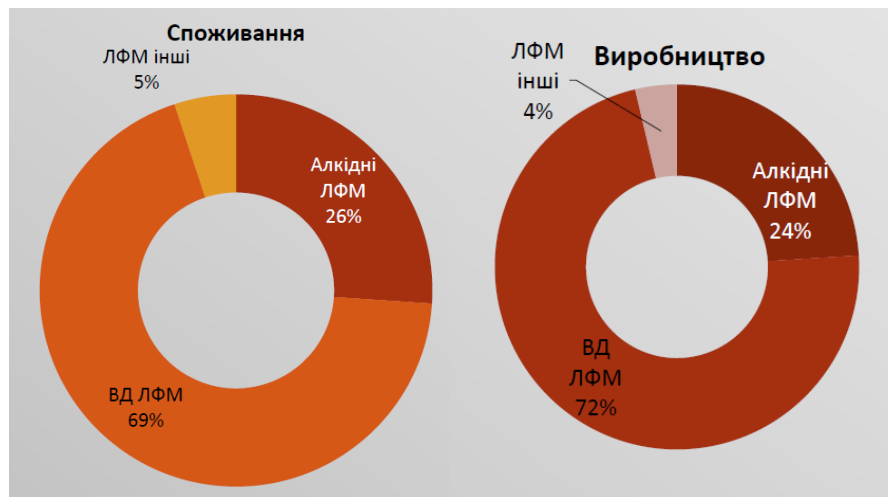


Рисунок 1 – Розподіл обсягів виробництва та споживання лакофарбових матеріалів у 2023–2024 роках

Таким чином, євроінтеграційні процеси в Україні позитивно відбиваються на розвитку лакофарбової галузі в напрямку виробництва екологічно повноцінних лакофарбових матеріалів: органорозчинних з низьким вмістом ЛОС, порошкових фарб та воднодисперсійних матеріалів.

Список використаних джерел

1. Gurina G., Druzhynin Ye., Saienko N. [et al.]. Methods for optimizing the content of VOCs to create environmentally friendly materials for protective coatings. *Solid State Phenomena*. 2023. Vol. 350. P. 21–30.
2. Gurina G., Druzhinin E., Saienko N. [et al.]. New functional pigments for polymer nanocomposite materials with a specified set of properties. *Smart Technologies in Urban Engineering*. 2023. Vol. 808. P. 373–381.
3. Гуріна Г. І., Богачов О. В. Уралкідна ґрунт-емаль. Патент №140262. Заявка № u 201908066; заявл. 12.07.2019; опубл. 10.02.2020. Бюл. № 3.
4. Saienko N., Skripinets A. Gurina G. [et al.]. Thermal insulation coating based on water-based polymer dispersion. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1376. 012033.

ВПЛИВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У МІСТІ ПОЛТАВА

Івченко Максим Максимович,

здобувач вищої освіти I курсу ОС «Магістр», ОП «Хімія»,
Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка
maxym9290@gmail.com

Забруднення атмосферного повітря є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасних міст, зокрема й Полтави. Основними джерелами забруднення є транспорт, промислові підприємства, енергетичний сектор і житлово-комунальне господарство. Викиди забруднюючих речовин, таких як оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO_2), чадний газ (CO), тверді частинки (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) та леткі органічні сполуки, суттєво погіршують якість повітря.

Одним із ключових шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження енергоефективних технологій, які сприяють зниженню споживання енергії та скороченню шкідливих викидів.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря в Полтаві є (табл. 1):

1) автомобільний транспорт ($\approx 70\%$ викидів) – двигуни внутрішнього згоряння викидають CO , NO_x , CO_2 та тверді частинки (PM);

2) промисловість – котельні, цементні заводи, підприємства хімічної промисловості;

3) комунальний сектор – опалювальні системи, що використовують природний газ (CH_4) та тверде паливо (вугілля, деревина);

4) енергетичний сектор – ТЕЦ та котельні, які викидають CO_2 , SO_2 , NO_x та частинки золи.

Традиційні енергетичні технології передбачають значне спалювання викопного палива, що призводить до значних викидів парникових газів і шкідливих речовин.

Впровадження енергоефективних технологій для зменшення викидів. Сонячна та вітрова енергетика – одні з найбільш екологічно чистих технологій, які не генерують викидів CO , SO_2 , NO_x чи PM . *Технологія:* Встановлення сонячних панелей на будівлях та підприємствах Полтави; Використання вітрових електростанцій у приміських районах.

Результат: Зменшення залежності від ТЕЦ та котелень, що працюють на газу або вугіллі.

Таблиця 1 – Основні забруднюючі речовини та їхні джерела у Полтаві

Забруднююча речовина	Основні джерела	Вплив на здоров'я
CO (чадний газ)	Автомобілі, ТЕЦ	Порушення транспорту кисню в організмі
NO _x (оксиди азоту)	Двигуни, промисловість	Викликають кислотні дощі, захворювання дихальних шляхів
SO ₂ (діоксид сірки)	ТЕЦ, котельні	Викликає кислотні дощі, подразнює дихальні органи
PM ₁₀ , PM _{2.5} (тверді частинки)	Автомобілі, промисловість	Викликають респіраторні захворювання
CO ₂ (вуглекислий газ)	Будь-яке спалювання палива	Парниковий ефект

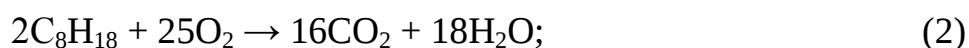
Перехід на теплові насоси та конденсаційні котли дозволяє значно знизити викиди CO₂.

Формула реакції горіння природного газу (метану) в традиційних котлах:



За використання теплових насосів знижується необхідність у спалюванні палива, що скорочує викиди CO₂ та NO_x.

Перехід на електробуси та електромобілі дозволяє зменшити викиди NO_x, CO та PM, які утворюються при спалюванні бензину та дизельного пального. Реакції згоряння пального в автомобільних двигунах:



За використання електротранспорту ці реакції відсутні, що веде до покращення якості повітря.

Застосування «зелених» будівельних технологій під час:

- 1) використання енергоефективних матеріалів для утеплення будинків;
- 2) впровадження системи рекуперації тепла;
- 3) використання LED-освітлення для зменшення споживання електроенергії.

Завдяки впровадженню енергоефективних технологій можливе суттєве покращення якості повітря в Полтаві:

- 1) скорочення викидів CO₂ на 20–40 % за переходу на альтернативну енергетику;
- 2) зменшення концентрації SO₂, NO_x за рахунок модернізації опалювальних систем;
- 3) зниження рівня твердих частинок PM_{2.5} на 30–50 % за розвитку електротранспорту.

Таблиця 2 – Дані моніторингу якості повітря до та після впровадження заходів

Показник	До впровадження	Після впровадження
CO (мг/м ³)	2,5	1,2
NO _x (мг/м ³)	0,08	0,04
PM _{2.5} (мкг/м ³)	35	18

Енергоефективні технології відіграють важливу роль у зменшенні забруднення повітря в місті Полтава. Використання альтернативної енергетики, модернізація опалювальних систем, розвиток електротранспорту та «зелених» будівель сприяють значному покращенню екологічної ситуації. Запровадження таких заходів дозволить досягти сталого розвитку міста та підвищити якість життя мешканців.

Список використаних джерел

1. Карта якості повітря Лун Місто AIR. (Режим доступу: <https://lun.ua/misto/air/poltava>).

**ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ
ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У СФЕРІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Телюра Наталя Олександрівна,
кандидат технічних наук, доцентка кафедри, начальниця науково-дослідної частини,
Семенов Дмитро Сергійович,
аспірант,
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;
Німець Наталя Миколаївна,
кандидат технічних наук, менеджер зі сталого розвитку,
АТ «Укргазвидобування»
Natalya.Telyura@kname.edu.ua

Зростання антропогенного впливу на довкілля потребує впровадження сучасних інформаційних технологій для ефективного моніторингу, аналізу та прогнозування екологічних ризиків. Автоматизовані інформаційні системи (АІС) відіграють ключову роль у підтримці прийняття рішень у сфері екологічної безпеки, забезпечуючи швидке опрацювання великої кількості даних, підвищення точності аналізу та оптимізацію управлінських рішень.

Автоматизовані інформаційні системи у сфері екологічної безпеки виконують основні функції які спрямовані на моніторинг, прогнозування та оцінку, підтримку та оповіщення.

Моніторинг екологічного стану – збір та аналіз даних щодо рівня забруднення повітря, води, ґрунту та інших екологічних показників.

Прогнозування екологічних ризиків – моделювання сценаріїв можливих техногенних аварій, стихійних лих та інших загроз.

Оцінка впливу на довкілля – аналіз наслідків діяльності промислових підприємств, транспорту, сільського господарства та інших галузей.

Підтримка прийняття рішень – надання аналітичної інформації для екологічних служб, органів державної влади та підприємств.

Оповіщення та реагування – автоматичне сповіщення про перевищення граничних рівнів забруднень та рекомендації щодо усунення наслідків.

Сучасні автоматизовані інформаційні системи базуються на технологічних компонентах. Геоінформаційні системи (ГІС) – інтеграція картографічних даних для аналізу територіального поширення забруднень. Сенсорні мережі та IoT – використання датчиків для збору даних у режимі реального часу. Штучний інтелект та машинне навчання – прогнозування та

моделювання екологічних загроз. Хмарні технології – централізоване зберігання та обробка великих обсягів екологічних даних. Блокчейн для екологічного моніторингу – забезпечення прозорості та достовірності даних.

Впровадження автоматизованих інформаційних систем у сфері екологічної безпеки має низку переваг. Підвищення ефективності управління екологічними ризиками – швидке реагування на зміни в навколишньому середовищі. Зниження витрат на екологічний контроль – оптимізація ресурсів завдяки автоматизації процесів. Мінімізація впливу людського фактора – зменшення ймовірності помилок у процесі аналізу даних. Інтеграція з міжнародними екологічними програмами – можливість обміну даними з глобальними системами моніторингу.

На сьогодні у світі впроваджено низку передових інформаційних систем для екологічного моніторингу. Copernicus – супутникова система для відстеження змін клімату та стану довкілля, це онлайн-тренінг, спрямований на те, щоб дати можливість людям зрозуміти, як використовувати дані спостереження за Землею супутників «Sentinel» для забезпечення суспільних та державних потреб, а також створення бізнес-можливостей. Комплексна програма спостереження за допомогою системи супутників та наземних систем, а також комплекс похідних програмних продуктів та сервісів для застосування даних в щоденному житті – від екологічних та аграрних проблем до питань безпеки та реагування на надзвичайні ситуації. AirVisual – моніторинг якості повітря у містах на основі сенсорних мереж. З додатком AirVisual ви отримуєте інформацію про якість повітря, показники забруднення, детальну погоду та прогнози в реальному часі. AirVisual також містить рекомендації щодо здоров'я та попередні дані про погоду, щоб ви могли дихати чистішим повітрям, де б ви не були. Water Quality Monitoring System – аналіз стану водних ресурсів за допомогою датчиків. EcoGIS – регіональні ГІС-рішення для управління природними ресурсами та екологічної безпеки.

Автоматизовані інформаційні системи є невід'ємною складовою сучасного екологічного менеджменту, які забезпечують моніторинг, прогнозування та підтримку прийняття рішень у сфері екологічної безпеки. Впровадження цих технологій сприятиме зменшенню негативного впливу людини на довкілля та створенню умов для сталого розвитку суспільства.

Список використаних джерел

1. Телюра Н. О., Ломакіна О. С. Комплексні системи підтримки прийняття інноваційних рішень в охороні довкілля. *Комунальне господарство міст. Серія «Технічні науки та архітектура»*. 2023. №. 1(175). С. 19–25.

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ І РІШЕНЬ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Телюра Наталя Олександрівна,

кандидат технічних наук, доцентка кафедри, начальниця науково-дослідної частини,

Коркуц Максим Сергійович,

аспірант,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Німець Наталя Миколаївна,

кандидат технічних наук, менеджер зі сталого розвитку,

²АТ «Укргазвидобування»

Natalya.Telyura@kname.edu.ua

У сучасних умовах техногенного навантаження на довкілля розробка інноваційних підходів для зменшення негативного впливу стає одним із головних завдань наукової спільноти. Інноваційні рішення, засновані на принципах сталого розвитку, сприяють ефективному використанню ресурсів, мінімізації викидів та відходів, а також покращенню екологічного моніторингу.

Одним із ключових аспектів екологічної безпеки є розробка комплексних платформ для моніторингу екологічного стану територій. Такі платформи базуються на використанні сучасних інформаційних технологій, зокрема геоінформаційних систем (ГІС), сенсорних мереж, супутникових систем та штучного інтелекту. Вони дозволяють отримувати точні дані щодо рівня забруднення повітря, води, ґрунтів та оперативно реагувати на екологічні загрози. Використання дронів для збору даних у реальному часі та розробка штучного інтелекту для прогнозування змін екологічного стану сприяють ранньому виявленню кризових ситуацій та запобіганню екологічним катастрофам.

Серед перспективних рішень для зменшення впливу на довкілля слід відзначити найбільш пріоритетні.

Екологічно чисті технології виробництва – зниження споживання енергоресурсів, впровадження відновлюваних джерел енергії, розвиток низьковуглецевих виробництв.

Розробка новітніх матеріалів – використання екологічно безпечних компонентів у промисловості та будівництві, впровадження біорозкладних та композитних матеріалів.

Біотехнології для очищення довкілля – застосування біофільтрів, мікроорганізмів і фіторе mediaції для очищення водних ресурсів, ґрунтів і повітря.

Розвиток циркулярної економіки – повторне використання матеріалів, мінімізація промислових відходів, створення замкнених технологічних циклів.

Використання «зелених» енергетичних рішень – застосування водневої енергетики, енергоефективних будівель та інтелектуальних мереж електропостачання.

Розробка низькотемпературних технологій виробництва – зменшення викидів парникових газів шляхом впровадження новітніх методів обробки матеріалів із меншим використанням енергії.

Переваги впровадження інноваційних рішень на сьогодні є умовою для подальшого інноваційно-екологічного розвитку на засадах сталого розвитку.

Зниження екологічних ризиків – оперативне виявлення та усунення загроз забруднення через використання цифрових екосистем для моніторингу довкілля.

Оптимізація ресурсів – ефективне використання природних ресурсів і зменшення витрат на їх відновлення через розумне планування та екологічно орієнтовані виробничі процеси.

Підвищення якості життя – зменшення шкідливого впливу на здоров'я населення, покращення екологічних умов проживання, зниження рівня забруднення повітря та води.

Економічна ефективність – зниження витрат на ліквідацію наслідків екологічних катастроф, стимулювання розвитку нових технологій і створення нових робочих місць у сфері екологічних інновацій.

Завдяки поєднанню технологічних інновацій, цифрових рішень та принципів сталого розвитку можливо створити ефективну систему захисту довкілля та забезпечити екологічну безпеку майбутніх поколінь. Важливо, щоб подальший розвиток екологічних технологій супроводжувався підтримкою на законодавчому рівні, формуванням екологічно відповідальної культури споживання та активною участю наукової спільноти у розробці стратегій сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. Proskurnin O., Tsapko N., Ivashchenko T. [et al.]. Standardizing the wastewater composition in order to minimize the eutrophication risk for the reservoir. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25(6). P. 144–152.
2. Телюра Н. О. Комплексна методика дослідження технологічних та організаційно-економічних інструментів управління природокористуванням. *Екологічні науки*. 2021. № 3(36). С. 131–136.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Телюра Наталя Олександрівна,

кандидат технічних наук, доцентка кафедри, начальниця науково-дослідної частини,

Завада Микола Геннадійович,

магістр,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Німець Наталя Миколаївна,

кандидат технічних наук, менеджер зі сталого розвитку,

АТ «Укргазвидобування»

Natalya.Telyura@kname.edu.ua

У сучасному світі проблема екологічної безпеки будівельних матеріалів набуває особливої актуальності. Зростання урбанізації, техногенне навантаження на довкілля та необхідність забезпечення сталого розвитку вимагають пошуку нових екологічно безпечних рішень. Силікатні матеріали, які широко застосовуються в будівництві, можуть значно впливати на екологічний стан довкілля. Саме тому розробка інноваційних технологій виробництва екологічно безпечних силікатних матеріалів є важливим напрямом наукових досліджень.

Сталий розвиток будівельної галузі передбачає впровадження технологій, які мінімізують негативний вплив на довкілля, сприяють ефективному використанню природних ресурсів та знижують рівень викидів шкідливих речовин. Одним із перспективних напрямів є використання технологій низькотемпературного синтезу силікатів, що дозволяє знизити рівень енергоспоживання під час їх виробництва. Це досягається шляхом застосування активованих кремнеземистих компонентів та модифікованих в'язучих речовин, які сприяють утворенню міцної структури матеріалу за нижчих температур.

Низькотемпературний синтез силікатів базується на використанні хімічно активних компонентів, які сприяють формуванню міцної кристалічної структури при значно нижчих температурах у порівнянні з традиційними методами випалу. Такий підхід дозволяє значно зменшити енергоспоживання та викиди CO₂, що є критично важливим для екологічної безпеки. Крім того, використання низькотемпературного синтезу сприяє покращенню довговічності матеріалів, підвищенню їхньої стійкості до механічних навантажень і впливу зовнішніх факторів.

Інноваційною технологією є також використання нанoadитивів у виробництві силікатних матеріалів. Додавання наночастинок кремнезему або

титану дозволяє покращити фізико-механічні характеристики матеріалу, підвищити його стійкість до впливу зовнішніх факторів та зменшити водопоглинання, що суттєво продовжує термін експлуатації.

Ще одним важливим напрямом є застосування відходів промисловості у виробництві силікатних матеріалів. Використання золи-виносу, доменних шлаків та інших вторинних ресурсів дозволяє не лише знизити викиди CO₂ у процесі виробництва, а й зменшити кількість промислових відходів, що нагромаджуються на полігонах. Це сприяє екологізації будівельної галузі та зменшенню антропогенного навантаження на природні екосистеми.

Впровадження методів 3D-друку у виробництво силікатних матеріалів відкриває нові можливості для створення складних конструктивних елементів з покращеними характеристиками. Дана технологія дозволяє значно зменшити витрати матеріалів та енергетичних ресурсів, а також скоротити час виготовлення будівельних конструкцій.

Застосування біополімерних добавок є ще одним перспективним підходом у розробці екологічно безпечних силікатних матеріалів. Біополімери, такі як альгірати або хітозан, можуть підвищити механічну міцність матеріалу, а також покращити його екологічну безпеку завдяки біодеградабельності та відсутності токсичних компонентів.

Таким чином, розробка та впровадження інноваційних технологій у виробництво силікатних матеріалів є ключовим напрямом у забезпеченні їх екологічної безпеки. Використання новітніх підходів дозволяє не лише покращити експлуатаційні характеристики матеріалів, а й сприяти зменшенню негативного впливу будівельної галузі на довкілля. Запровадження цих технологій сприятиме сталому розвитку, ефективному використанню ресурсів та мінімізації екологічних ризиків, що є важливим кроком у формуванні екологічно орієнтованого будівництва.

Список використаних джерел

1. Savvova O. V., Tur O. H., Fesenko O. I. [et al.]. Study of the phase formation of transparent magnesium aluminosilicate glass-ceramic materials. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2024. No. 3. P. 155–164.
2. Pokroeva Y., Savvova O., Voronov H. [et al.]. Biocidal protective glass-ceramic coatings for porcelain stoneware. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 808. P. 391–402.

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У НАФТОГАЗОВІЙ ГАЛУЗІ З МЕТОЮ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Суліма Євгенія Олександрівна,

аспірантка,

НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»;

Мандрик Олег Миколайович,

доктор технічних наук, професор, перший проректор,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;

Савцова Оксана Вікторівна,

доктор технічних наук, професорка, завідувачка кафедри,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова.

vcomfy1456@gmail.com

У сучасному житті галузь нафти і газу стала невід'ємною частиною повсякденного життя людства. Нафта і газ є важливими джерелами енергії, відіграючи фундаментальну роль у таких сферах, як економічне зростання, промислове виробництво і транспорт. Нафтовагазова галузь дозволяє забезпечити народне господарство України найефективнішими видами палива.

Однак в районах видобутку нафти і газу підвищується імовірність забруднення водойм внаслідок потрапляння у водні об'єкти нафти і нафтопродуктів та подальшого знаходження їх там у вигляді поверхневої плівки, емульсії або в розчиненому стані, що згубно відбивається на якості води. Негативний вплив нафтопродуктів позначається і на рибному господарстві: навіть незначні домішки нафтопродуктів у водоймах надають рибі неприємного присмаку і запаху, а у великій кількості призводять до її загибелі. Нафтопродукти у водойми надходять в основному під час розливу з нафтосховищ, аварій на нафто- і газопроводах, залізничних перевезень, а також внаслідок змиву дощовими і талими водами з промислових територій, на яких видобувають і переробляють нафту і газ [1].

З метою попередження негативного впливу діяльності нафтогазової галузі на стан поверхневих вод нашої країни виникає потреба в застосуванні новітніх технологій. На сьогоднішній день у світовому науковому середовищі надзвичайний інтерес викликає питання використання нанотехнологій та наноматеріалів. Нанотехнології є галуззю глобального економічного значення, що швидко розвивається та включає розробку і виробництво нанорозмірних частинок, волокон, покриттів, що разом називаються наноматеріалами. Маючи унікальні властивості, наноматеріали використовуються для промислових і

споживчих застосувань, а їхні різні типи знайшли своє місце в багатьох галузях, в тому числі і у нафтогазовій [2].

Застосування нанотехнологій у нафтогазовій галузі охоплює усі її технологічні процеси: пошук та розвідку, буріння, видобування, збір та підготовку, транспортування до споживача тощо.

Особливу роль займають нанотехнології у забезпеченні екологічності функціонування нафтогазового комплексу. З метою зменшення негативного впливу нафтовидобувної діяльності на водне середовище, зокрема на поверхневі води, використовують: наноматеріали для очищення бурових розчинів; нанокаталізatori для розкладу забруднювальних речовин; наноматеріали для зміцнення свердловин; наночастинки для виявлення витоків; наноматеріали для збирання нафтопродуктів; антикорозійні нанопокриття; нанотехнології для моніторингу якості води.

Наноматеріалами для очищення бурових розчинів виступають нанофільтри та нанопористі мембрани. Вони використовуються для очищення стічних вод від нафтових домішок, мінералів і солей, для забезпечення високого рівня фільтрації і зменшення токсичного впливу бурових розчинів.

Сучасні дослідники працюють над використанням наночастинок як добавок до бурового розчину для зменшення втрат рідини та підвищення стабільності стовбура свердловини. Так званий, фільтрований корж, який утворюється під час фільтрації бурового розчину на основі наночастинок, дуже тонкий, що передбачає високий потенціал для зменшення проблеми затримки перепаду тиску та пошкодження пласта під час буріння [3].

У сланцевих утвореннях з проникністю нанодарси (нД) пори нанометрового розміру запобігають утворенню фільтраційної корки, яка відповідає за зменшення втрат рідини. Наночастинки можна додавати до бурового розчину, щоб мінімізувати проникність сланцю шляхом фізичного закупорювання пор нанометрового розміру та перекриття втрати води. Таким чином, наночастинки можуть забезпечити потенційне рішення для екологічно чутливих територій, де нафтові розчини використовуються як рішення проблем нестабільності сланців [3].

Каталітичні наночастинки, такі як срібло або платина, застосовуються для прискорення *розкладу органічних забруднювальних речовин* у стічних водах. Вони дозволяють ефективно знешкоджувати залишки вуглеводнів та інших хімічних речовин.

Завдяки дуже високій площі поверхні наноматеріалів їх також можна використовувати для цементування нафтових і газових свердловин для прискорення процесу гідратації цементу, підвищення міцності на стиск, контролю втрати рідини, зменшення ймовірності руйнування обсадної труби та

запобігання міграції газу, що є однією з проблем цементування газових свердловин. Крім того, вони часто потрібні в невеликих кількостях [3].

Нанокompозити, що використовуються для зміцнення свердловин покращують герметичність обсадних колон, запобігаючи витокам пластових вод і нафти у поверхневі водні об'єкти, та підвищують стійкість цементу до корозії та високих температур.

Наночастинки з флуоресцентними властивостями додаються до бурових або технологічних рідин для виявлення витоків у трубопроводах або свердловинах, що дозволяє швидко локалізувати джерела витoku, запобігаючи потраплянню забруднювачів у воду.

Наногубки – це нанопористі матеріали, що використовуються при збиранні нафтопродуктів для адсорбції нафти з поверхні води при аварійних витках та мають високу поглинальну здатність і можуть використовуватися багаторазово.

Антикорозійні нанопокриття на основі наночастинок кремнезему або полімерних матеріалів забезпечують захист трубопроводів і обладнання. Це знижує ризик руйнування інфраструктури та витоків, що можуть забруднити водні ресурси.

Використання наносенсорів підвищує ефективність проведення моніторингу якості води. Вони використовуються для швидкого виявлення забруднень у воді, зокрема слідів нафтопродуктів і важких металів.

Отже, можна стверджувати, що на сьогоднішній подальший розвиток сучасних та впровадження нових нанотехнологій є дієвим напрямком зменшення впливу нафтогазовидобувної діяльності на довкілля. Зокрема, застосування нанотехнологій в нафтогазовій галузі сприятиме захисту водних ресурсів шляхом підвищення ефективності очищення водою, запобігання витоків забруднювальних речовин і проведення моніторингу якості води.

Список використаних джерел

1. Білецький В. С., Суярко В. Г., Сіренко В. І. [та ін.]. Екологічна безпека у нафтогазовій промисловості: конспект лекцій / за ред. І. М. Фика. – Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 175 с.

2. Кеуш Л. Г., Коверя А. С. Аналіз й оцінка впливу наноматеріалів на навколишнє середовище. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології*. 2020. Т. 18. Вип. 1. С. 141–156.

3. Peng B., Tang J., Luo J. [et al.]. Applications of nanotechnology in the oil & gas industry: latest trends worldwide & future challenges in Egypt. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. 2018. Vol. 96. № 1. P. 91.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕТРИВКИХ ЦЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ЛУЖНОЗЕМЕЛЬНИХ СПОЛУК

Христич Михайло Олександрович,

аспірант,

Шабанова Галина Миколаївна,

доктор технічних наук, професор, професор,

Христич Олена Валеріївна,

кандидат технічних наук, доцент, докторант,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Mykhailo.Khrystych@iht.khpi.edu.ua

У сучасній будівельній індустрії нагальною проблемою є підвищення якості цементу, покращення його властивостей та ефективності виробництва, особлива увага у цьому контексті приділяється розробці нових видів та складів вогнетривких цементів та матеріалів на їх основі. З огляду на реалії сьогодення, на перший план висувуються завдання по створенню матеріалів, затребуваність яких зумовлена необхідністю вирішення завдань екологічних проблем країни та її сталого розвитку у повоєнний період. Значною мірою таким вимогам мають відповідати нові вогнетривкі цементи з комплексом захисних властивостей. Дослідження спеціальних властивостей таких цементів та процеси, які можуть відбуватися в цементі, дають можливість використовувати такі матеріали для іммобілізації радіоактивних відходів. Найпоширенішим типом цементу, який використовують під час іммобілізації радіоактивних відходів, є портландцемент через високу міцність затверділого цементного каменю. Вибір інших типів цементу для цементування тих чи інших відходів залежить від конкретних технологічних завдань і умов (температурних режимів, необхідності швидкого або повільного затвердіння, необхідної кінцевої міцності продукту та ін.).

З літературних джерел визначено, що можливо використовувати цемент, який вже мають відповідні підвищені характеристики – спеціальні цементы [1]. Зазвичай рекомендується використовувати високоглиноземистий цемент, який містить понад 40 % Al_2O_3 та під час твердіння цей цемент зв'язує до 50 мас. % води.

Дотримання встановлених критеріїв якості цементних композицій повинне забезпечувати безпеку поводження з ними (безпеку транспортування, зберігання і поховання в могильниках). Основними критеріями якості затверділого цементного продукту є: міцність; стійкість до вилугування радіонуклідів і макрокомпонентів; стійкість до впливу середовища зберігання і

поховання (морозостійкість і хімічна корозія). Частково ці показники є похідними від міцності цементного каменю, яка залежить від складу відходів, марки цементу, складу цементної композиції. Необхідно зазначити, що механізм впливу радіації на цементну матрицю досить добре вивчений. Відомо застосування цементів у ядерних реакторах, сховищах відпрацьованих джерел, де вони піддаються жорсткішій радіаційній дії порівняно з впливом відходів середнього рівня активності та зберігають при цьому свої фізико-хімічні властивості [2].

Метою роботи було розрахувати коефіцієнт масового поглинання для цементних композицій та розглянути можливість використання вогнетривкого кобальтвмісного глиноземистого цементу, який містить понад 60 мас. % Al_2O_3 та характеризується підвищеною міцністю, вогнетривкістю, хімічною та корозійною стійкістю для цементування радіоактивних відходів.

Для обраних оптимальних складів кальцієвих кобальтвмісних цементів з вмістом, мас. %: CaAl_2O_4 – 25–55, CaAl_4O_7 – 15–35; CoAl_2O_4 – 25–45 проводили розрахунок коефіцієнту масового поглинання на підставі табличних даних μ простих елементів за методикою авторів [3].

Коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання визначався відповідно до формули:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \rho x_0} \quad (1)$$

де I , I_0 – інтенсивність падаючого випромінювання і інтенсивність випромінювання, що пройшла через матеріал густиною ρ і товщиною x_0 ;

μ – коефіцієнт масового поглинання.

Коефіцієнт масового поглинання постійний для даної речовини і не залежить від його фізичного стану. На підставі табличних даних μ простих елементів можна розрахувати μ складної речовини за формулою:

$$\mu = \frac{\mu_1 a y_1 + \mu_2 b y_2 + \dots}{a y_1 + b y_2 + \dots} \quad (2)$$

де a , b – атомна вага елементів А, В...;

y – стехіометричні коефіцієнти у формулі речовини A_{y1} , B_{y2} ...

Можливість підсумовування μ простих елементів для розрахунку μ складних речовин пояснюється тим, що гамма-промені, пронизуючи речовину,

взаємодіють з електронами внутрішніх оболонок атома, і на їх поглинанні не позначаються зовнішні електрони, що беруть участь в хімічних зв'язках.

За результатами розрахунків для обраних оптимальних складів кальцієвих кобальтвмісних цементів коефіцієнт масового поглинання іонізуючого випромінювання визначається в діапазоні 80–123 см²/г. Як видно з отриманих результатів, зі збільшенням у складі композиції CoAl_2O_4 закономірно збільшується коефіцієнт масового поглинання іонізуючого випромінювання.

Таким чином, на підставі отриманих результатів теоретичних досліджень розглянута можливість використання складів вогнетривкого кобальтвмісного глиноземистого цементу, який містить понад 60 мас. % Al_2O_3 та характеризується підвищеними експлуатаційними критеріями якості, а саме, мають коефіцієнт масового поглинання іонізуючого випромінювання до 120 см²/г, для іммобілізації радіоактивних відходів. Обрані матеріали можуть бути застосовані, як твердотільна матриця для прямого цементування, а також, як матеріал для виготовлення контейнерів та сховищ відпрацьованих джерел (як наповнювачі можна використовувати для підвищення екрануючого ефекту – добавки сполук важких металів (барит, гематит та ін.)). Поза сумнівом, в конкретному випадку, сумісність певних цементів з деякими компонентами радіоактивних відходів повинна оцінюватися і контролюватися як на стадії вибору параметрів іммобілізації, так і на всіх стадіях технологічного процесу.

Список використаних джерел

1. Korohodska A. M., Shabanova H. M., Logvinkov S. M. Unshaped refractories in the (Mg, Ca, Sr, Ba)O – Al_2O_3 – Cr_2O_3 system / Monograph. – Chisinau (Moldova): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2023. – 326 p.
2. Kustov M. V., Kalugin V. D., Deineka V. V. [et al.]. Radioprotective cement for long-term storage of nuclear waste. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2020. No. 2. P. 73–81.
3. Henke B. L., Gullikson E. M., Davis J. C. X-ray interactions: photoabsorption, scattering, transmission, and reflection at $E = 50\text{--}30000$ eV, $Z = 1\text{--}92$. *Atomic Data and Nuclear Data Tables*. 1993. Vol. 54. No. 2. P. 181–342.

МОНІТОРИНГ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ У РАЗІ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНОГО ВИКИДУ ХЛОРУ

Гапон Юліана Костянтинівна,

кандидат технічних наук, доцент,

Національний університет цивільного захисту України

hapon_yuliana@nuczu.edu.ua

У сучасних умовах підвищення техногенної небезпеки особливу увагу привертають питання безпеки об'єктів критичної інфраструктури, зокрема водонасосно-фільтрувальних станцій. Хлор використовується у багатьох галузях промисловості, включаючи виробництво хімічних речовин, дезінфекцію питної води, а також у виробництві пластмас, паперу та інших матеріалів. Хлор належить до високотоксичних речовин, і навіть незначні викиди можуть спричинити серйозні екологічні та соціальні наслідки. Аварії, пов'язані з транспортуванням або витоком хлору, становлять значну загрозу, особливо якщо поруч розташовані густонаселені території або важливі транспортні вузли. Витік хлору є серйозною проблемою, оскільки цей хімічний речовина може викликати серйозні наслідки для здоров'я людини, екосистемам та промисловим об'єктам [1,2].

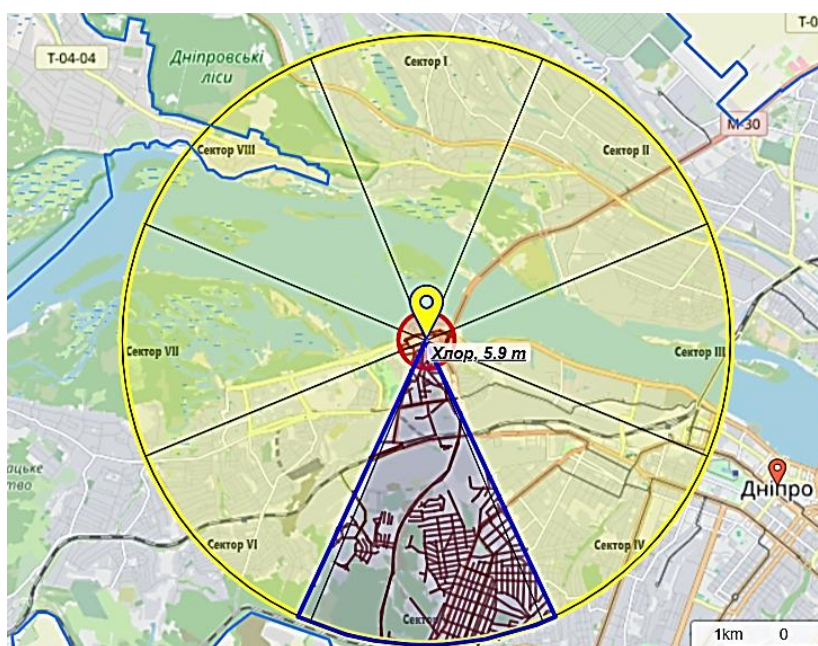
У роботі зроблено припущення, що умовна аварія виникла через обстріл насосно-фільтрувальної станції Дніпровської області, що призвело до розгерметизації ємностей із газуватим хлором, внаслідок чого відбувся повний витік небезпечної хімічної речовини [3, 4].

Прогнозування зони хімічного зараження під час аварійної ситуації з викидом хлору вимагає певних вихідних даних щодо характеристики об'єкта, відомостей про район надзвичайної ситуації, метеорологічних умов, топографічних особливостей місцевості. Вихідні данні зазначено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні данні змодельованої аварії на насосно-фільтрувальній станції

Показник	Значення	Одиниці виміру
Хімічна речовина	Хлор	
Агрегатний стан НХР	газоподібний	
Кількість НХР в ємності	5.9	т
Швидкість вітру	1	м/с
Напрямок вітру	V (південний)	сектор
Температура повітря	20	°C
Вертикальна стійкість повітря	ізотермія	
Коефіцієнт впливу місцевості	0,800	

Розрахунок здійснюється згідно з наказом №1000 від 29.11.2019 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті» (зі змінами від 16.10.2024 р.) [5]. Ця методика дозволяє виконати довгострокову (оперативну) та аварійну оцінку ситуації у разі виникнення аварій, пов'язаних з виливом або викидом небезпечних хімічних речовин із технологічних ємностей на об'єктах, а також під час транспортування автомобільним, річковим, залізничним транспортом (у нерухомому стані) та трубопровідним транспортом. Узагальнені розрахунки наведено в таблиці 2 та рисунку 1.



Рисунк 1 – Довгострокове прогнозування (червона зона – зона аварії, синя зона – первинна хмара, жовта зона – зона можливого хімічного зараження)

Таблиця 2 – Результаті довгострокового прогнозування

Показник	Значення	Одиниці виміру
Радіус аварії	0,500	км
Площа аварії	0,785	км ²
Глибина поширення первинної хмари	4,974	км
Глибина зони хімічного забруднення	5,474	км
Площа ЗМХЗ	94,124	км ²
Площа первинної хмари	12,484	км ²
Площа ПЗХЗ	13,749	км ²
Кількість населення, яке мешкає в ЗМХЗ	2 000	осіб
Очікувані втрати населення	370	осіб

Результати свідчать про масштабну загрозу для екосистеми та життєдіяльності населення, що мешкає в ураженій зоні. Висвітлюються основні

заходи екологічного моніторингу, необхідні для своєчасного виявлення рівня забруднення повітря, ґрунтів та водних ресурсів. Запропоновано комплекс заходів із запобігання негативним наслідкам, включаючи:

- оперативне оповіщення та евакуацію населення;
- моніторинг концентрації хлору в атмосфері;
- дегазаційні роботи для зменшення концентрації токсичних речовин;
- використання сучасних методів очищення води та ґрунтів;
- впровадження автоматизованих систем раннього виявлення витоків небезпечних хімічних речовин.

Проведений довгостроковий розрахунок свідчить про масштабні та надзвичайно небезпечні наслідки аварії з викидом 5,9 тонн хлору. За прогнозами, в зону хімічного забруднення можуть потрапити близько 2 000 осіб, що проживають у місті Дніпро. Здоров'я цих людей, а також стан екосистеми опиняться під серйозною загрозою. Для запобігання тяжких наслідків необхідно провести негайну евакуацію населення з уражених районів.

Список використаних джерел

1. Мельниченко А. С., Кустов М. В., Кіреєв О. О. Аналіз стану небезпеки стану на об'єктах зберігання хлору. *Problems of Emergency Situations*. 2020. № 31. С. 198–210.
2. Биченок М. М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою. Київ.: РНБО, Інститут проблем національної безпеки. 2021, 194 с.
3. Дії підрозділів ДСНС у умовах воєнного конфлікту: навч. посіб. / М. Коваль, С. Крук, Д. Бондар та ін. Львів: ЛДУБЖД. 2023, 306 с.
4. Цитлес І. В., Сімонов Ю. Г. Методичні рекомендації посадовим особам з питань цивільного захисту з організації цивільного захисту на суб'єкті господарювання. Київ. 2017, 70 с.
5. Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті: Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 29.11.2019 № 1000. (Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/RE34723?an=161>).

СЕКЦІЯ 4

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ТА МЕТОДИ НАВЧАННЯ У ХІМІЧНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЇ

ДУАЛЬНА ОСВІТА ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УКРАЇНИ

Луцюк Ірина Володимирівна,
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри,
Боровець Зенон Іванович,
кандидат технічних наук, доцент, доцент,
Антонюк Катерина Андріївна,
здобувач вищої освіти,
Національний університет “Львівська політехніка”;
Шепінько Андрій Ігорович,
директор ТзОВ “Лаймстоун Україна”
Iryna.V.Lutsiuk@lpnu.ua

У сучасних реаліях повномасштабної агресії росії проти України наше суспільство зіштовхнулося з масштабними економічними та соціальними викликами, спричиненими війною, що призвели до руйнувань та зумовили невідкладну потребу у відновленні національної економіки. У цей період трансформацій зростають вимоги до професійної підготовки фахівців, що вимагає впровадження інноваційних освітніх підходів. Одним із таких підходів є дуальна освіта, яка поєднує теоретичне навчання у закладах вищої освіти з практичною підготовкою на підприємствах [1]. Це особливо важливо для формування висококваліфікованих кадрів, здатних ефективно адаптуватися до викликів як національної, так і глобальної економіки.

Післявоєнне відновлення економіки України вимагає впровадження ефективних механізмів підготовки кадрів, які мають не лише теоретичні знання, але й практичні навички. Дуальна освіта, що поєднує теорію з виробничою практикою, є оптимальним рішенням для задоволення цих потреб, оскільки дозволяє студентам здобувати досвід, безпосередньо застосовуваний в умовах реального виробництва. Це значно підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку праці. Така модель освіти сприяє зменшенню розриву між академічними знаннями та вимогами підприємств, а також допомагає вирішити проблему дефіциту висококваліфікованих кадрів, що є однією з основних перепон для відбудови промисловості.

В умовах війни важливою є підготовка кадрів для відновлення та розвитку критичних галузей, зокрема хімічної індустрії, яка відіграє ключову роль у забезпеченні національної безпеки, енергетичної стабільності та впровадженні екологічно чистих технологій. Дуальна освіта в галузі хімічних технологій дає можливість поєднувати фундаментальні наукові знання з

актуальними трансформаційними процесами, що відбуваються в індустрії. Це особливо важливо для підготовки фахівців, здатних працювати з новітніми технологіями, зокрема в сфері екологічно чистих та ресурсозберігаючих технологій.

Після завершення війни Україна потребуватиме інноваційних підходів до технологічного розвитку, зокрема в хімічній промисловості. Дуальна освіта стане важливим інструментом підготовки фахівців, здатних працювати з передовими технологіями та адаптувати їх до специфічних умов українського ринку. Такі фахівці повинні бути готові не тільки до традиційних методів у хімічних технологіях та інженерії, але й до впровадження інноваційних рішень, які сприятимуть модернізації виробництва і впровадженню нових технологій для забезпечення сталого розвитку країни.

В умовах швидких змін на ринку праці важливою є роль бізнесу в освітньому процесі через дуальну освіту. Співпраця між закладами вищої освіти та підприємствами дозволяє адаптувати навчальні програми до потреб сучасної промисловості, зокрема в галузі хімічних технологій [2]. Це дає змогу ЗВО оперативно реагувати на вимоги ринку праці, а підприємствам – отримувати кадри, готові до роботи на виробництвах. Студенти, своєю чергою, здобувають не лише теоретичні знання, а й практичний досвід, необхідний для успішної кар'єри.

Дуальна освіта значно підвищує якість підготовки фахівців, поєднуючи теоретичні знання, здобуті в ЗВО, з практичними навичками, отриманими безпосередньо на виробництві. Завдяки цьому випускники стають більш конкурентоспроможними на ринку праці, оскільки володіють навичками, які відповідають вимогам сучасних підприємств. Це особливо важливо для таких галузей, як хімічні технології, де технологічні зміни відбуваються швидко, а фахівці повинні бути готові оперативно адаптуватися до цих змін.

Викладачі відіграють ключову роль у впровадженні дуальної освіти. Вони не лише передають теоретичні знання, але й повинні бути ініціаторами постійного оновлення навчальних програм, інтеграції новітніх технологій і методів навчання. Співпраця з роботодавцями дозволяє викладачам удосконалювати свої професійні навички, адаптуючись до змін на ринку праці та вимог сучасного виробництва. Освоєння досягнень новітніх технологій викладачами є необхідною умовою для ефективної інтеграції інновацій у навчальні програми.

Співпраця між університетами та підприємствами є ключовим аспектом успішної реалізації дуальної освіти. В умовах війни, коли необхідно швидко адаптуватися до нових реалій, така співпраця дає змогу створювати навчальні програми, що відповідають потребам як сьогодення, так і майбутнього. Це

особливо важливо для галузі хімічних технологій, які за останні десятиліття зазнали значних змін і продовжують динамічно розвиватися в різних напрямках, таких як стрімке розширення асортименту продукції, максимальна автоматизація виробничих процесів тощо.

На сучасному етапі розвитку вищої освіти зміст на наповнення освітніх програм повинні визначатися у співпраці між представниками академічних спільнот і роботодавцями для підготовки фахівців, здатних ефективно працювати на сучасних виробництвах.

Попри численні переваги, впровадження дуальної освіти в Україні стикається з певними викликами. Одним з основних є потреба у збільшенні фінансування, як з боку держави, так і активізації допомоги з боку підприємств. Важливим також є розробка нормативно-правової бази, яка забезпечить ефективне функціонування дуальної освіти в країні. Налагодження співпраці між університетами, підприємствами та державними органами вимагає постійної взаємодії та координації зусиль усіх учасників процесу.

Отже, дуальна освіта є стратегічним інструментом для відновлення та подальшого економічного розвитку України після війни, зокрема в таких важливих галузях, як хімічні технології. Вона дозволяє формувати висококваліфікованих фахівців, здатних вирішувати складні технологічні завдання, модернізувати виробництва відповідно до нових реалій та впроваджувати інновації, які забезпечать сталий розвиток економіки. Ключовою для успіху є підтримка цієї форми освіти з боку держави, підприємств та освітніх установ, що сприятиме економічному відродженню та технологічному прогресу України.

Список використаних джерел

1. Марценюк Л. В., Груздєв О. В. Дуальна освіта як засіб ефективного поєднання теорії та практики. *Економіка та держава*. 2021. № 3. С. 58–65.
2. Кравченко О. Дуальна освіта в Україні: від концепції до практики. *Молодий вчений*. 2021. № 2(90). С. 64–69.

СТУДЕНТОЦЕНТРОВАНИЙ ПІДХІД В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ G1 «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»

Бабіч Олена Вікторівна,

кандидат технічних наук, доцент, старший дослідник,

Косенко Ірина Володимирівна,

здобувачка освіти другого (магістерського) рівня,

Сахно Валерія Сергіївна,

здобувачка освіти першого (бакалаврського) рівня,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Покроєва Яна Олександрівна,

головний технолог ПраТ «ХПЗ»;

Гожа Максим Миколайович,

інженер проєктів компанії Cm.project.ing GmbH (Німеччина)

Olena.Babich@kname.edu.ua

В Україні на сьогодні складний процес реформування вищої освіти безумовно має вагомий взаємозв'язок із імплементацією у вишах закладах освіти саме принципів студентоцентрованого підходу до навчання. Реалізація таких принципів сприятиме у формуванні, насамперед, конкурентоспроможного фахівця, з набутими необхідними навичками удосконалення професійного розвитку, здатного до подальшого самовдосконалення з інноваційним напрямком мислення. Слід зазначити, що студентоцентрований підхід в наш час є основним напрямом розвитку вищої освіти ЄС. Його метою для усіх спеціальностей є цільове формування у здобувача необхідних компетентностей, які у подальшому житті забезпечать успішність у майбутньому при отриманні професії [1].

Освітній процес на сучасному етапі вимагає провадження інноваційних педагогічних підходів для його організації, а особливо, використання ефективних методів взаємодії у взаємозв'язку «викладач-здобувач», а саме впевненої зміни методів дидактичного навчання на новий вид навчання, яке буде спрямоване на студента, з урахуванням його особливих академічних потреб, включаючи досвід та його бачення реалізації свого майбутнього шляху на ринку праці як фахівець. Згідно [2] студентоцентроване навчання є підходом «до організації освітнього процесу, що передбачає: 1. Заохочення здобувачів вищої освіти до ролі автономних і відповідальних суб'єктів освітнього процесу; 2. Створення освітнього середовища, орієнтованого на задоволення потреб та інтересів здобувачів вищої освіти, зокрема надання можливостей для формування індивідуальної освітньої траєкторії; 3. Побудову

освітнього процесу на засадах взаємної поваги і партнерства між учасниками освітнього процесу» [2].

З погляду на вищесказане впродовж останніх років при організації навчального процесу на кафедрі хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова викладачами здійснюється направлення на використання студентоцентрованого підходу при викладанні дисциплін. Викладачі в освітньому процесі стають для студентів особистістю-зразком для прикладу майбутнього фахівця в процесі надбання фахових знань та фахових навичок, з розумінням та повагою ставляться до кожного студента усіх рівнів освіти, а також впроваджують метод корисного контакту під час аудиторного і позааудиторного часу. Викладачами кафедри впроваджується індивідуальна освітня траєкторія, метою якої є максимально сприятливі умови для навчання й розвитку здобувача.

До нових напрямків якісного освітнього процесу на кафедрі хімії та інтегрованих технологій в напрямку студентоцентрованого підходу можна віднести: концентрація у навчанні і викладанні на повазі та увазі до розмаїтості студентів, а також їх потреб, з можливістю впровадження гнучкості навчальної траєкторії; участь студентів усіх рівнів вищої освіти в процесі формування і особливо перегляді існуючих освітніх програм; всебічної підтримки з боку викладача; розвиток взаємоповажачих відносин між студентом і викладачем; впровадження системи щодо відповіді на студентські скарги; реалізація процесу для здобувачів усіх рівнів освіти мати право і навчатися, і стажуватися, а також проводити свою наукову діяльність в закладах вищої освіти або наукових установах як на території України так і за межами. Реалізація напрямку студентоцентрованого підходу сприятиме усвідомленню здобувачами вищої освіти власної відповідальності за навчання, впровадженню освітньої траєкторії, одержання бажаного результату, сприйняття цінності освіти для подальшого професійного розвитку.

Список використаних джерел

1. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on a renewed EU agenda for higher education. Brussels, 30.5.2017. (Режим доступу: https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/he-com-2017-247_en.pdf).

2. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо вдосконалення освітньої діяльності у сфері вищої освіти». (Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2020. № 24. Ст. 170). (Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392-20#Text>).

ВНУТРІШНЯ АКАДЕМІЧНА МОБІЛЬНІСТЬ СТУДЕНТІВ В УКРАЇНІ: МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Хоменко Олена Сергіївна,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

o.s.khomenko@ust.edu.ua

Фоменко Галина Валеріївна,

старший викладач, методист 1 кат. Навчально-методичного відділу ННЦЗЯО,

Український державний університет науки і технологій

g.v.fomenko@ust.edu.ua

Сьогодні у світі є набагато більше можливостей для освіти та розвитку компетенцій студентів, ніж, наприклад, п'ять-десять років тому – стрімкий розвиток дистанційних технологій дозволив слухати лекції провідних фахівців з будь-якого куточку світу, спрощення візового режиму та політика євроінтеграції призвели до збільшення академічної мобільності студентів у заклади вищої освіти європейських країн, а тісна співпраця з виробниками-стейкхолдерами освітніх програм обумовила швидшу адаптацію майбутнього випускника до практичної роботи на підприємствах галузі.

Академічна мобільність студентів сьогодні закріплена на законодавчому рівні [1] і розкриває широкі перспективи розвинути унікальні навички і компетенції, навчаючись на одній освітній програмі, і беручи краще у іншій [2]. Такою можливістю навіть в умовах воєнного часу можуть користуватись тисячі українських студентів, приймаючи участь у міжнародних наукових та освітніх програмах [3].

Але незаслужено малорозвиненим залишається такий напрямок реалізації вибору студента при вивченні вибірових освітніх компонентів, як академічна мобільність в середині країни. У вітчизняних закладах вищої освіти є численні освітні програми за кожною спеціальністю: вони мають багато спільного між собою в частині загальноосвітнього блоку, оскільки мають відповідати одному стандарту. Та в кожній освітній програмі є свої «родзинки», які можуть бути корисними для студентів, які опановують схожу освітню програму в іншому університеті.

Малу популярність такий вид навчання, ймовірно, має місце із-за певної конкуренції вітчизняних університетів та освітніх програм, але розвиток цього напрямку може піти як на користь студенту, так і сприяти вдосконаленню обох освітніх програм – де студент навчається стаціонарно і де проходить тимчасове стажування.

Внутрішня академічна мобільність сприяє: професійному розвитку (доступ до унікальних освітніх програм, курсів та викладачів), підвищенню конкурентоспроможності (розширенню мережі професійних контактів, покращенню практичних навичок, участі у міжуніверситетських дослідженнях), гнучкості навчання, культурному та соціальному обміну (адаптація до нових умов, розширення світогляду, знайомство з регіональними особливостями освіти), розвитку дистанційних та змішаних форматів.

У той же час внутрішня академічна мобільність має певні обмеження: фінансовий фактор (необхідність покриття витрат на проживання, проїзд, додаткові витрати лягають на гаманець студента), організаційні труднощі (невідповідність навчальних планів різних ЗВО, складнощі з перезарахуванням дисциплін), бюрократичні бар'єри (складність отримання дозволів, довготривалі адміністративні процедури) та проблеми адаптації (труднощі з інтеграцією у новий навчальний процес, соціальне пристосування).

Перспективи розвитку внутрішньої академічної мобільності в Україні полягають у розширенні державних і грантових програм підтримки; популяризації такої освіти у навчальних закладах; уніфікації навчальних планів та спрощенні механізмів перезарахування дисциплін; розвитку партнерських програм між університетами; вдосконаленні цифрових платформ для дистанційної мобільності та інтеграції онлайн-курсів у навчальний процес; залученні міжнародного досвіду (адаптація успішних практик мобільності європейських країн).

Таким чином, внутрішня академічна мобільність є важливим інструментом підвищення якості освіти в Україні. Попри виклики, її розвиток сприятиме інтеграції освітнього простору, посиленню конкурентоспроможності українських студентів та модернізації системи вищої освіти. Необхідне подальше вдосконалення нормативної бази, фінансування та цифрових технологій для ефективного функціонування даного сектору.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Порядку реалізації права на академічну мобільність: Постанова Кабінету Міністрів України від 12.08.2015 р. № 579. *Офіційний вісник України*. 2015. № 66. С. 35, Ст. 2183.

2. Зленко А., Ісайкіна О., Ісайкіна, О. Академічна мобільність як невід'ємна складова інтеграції України до сучасного європейського суспільства знань. *Society. Document. Communication*. 2019. № 6/2. С. 56–76.

3. Чубніська А.-М., Гучко, В. Академічна мобільність як предмет науково-педагогічних досліджень. *Академічні візії*. 2023. № 23.

**ПРАКТИКА ЯК СКЛАДОВА ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ
«ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»**

Гуріна Галина Іванівна,

кандидат хімічних наук, доцент, доцент,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Кот Антоніна Григорівна,

Директор ТОВ «Алгол Кемікалз», Рига, Латвія;

Шаповал Вікторія Миколаївна,

студент,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Практична підготовка на першому (бакалаврському), другому (магістерському) та третьому (освітньо-науковому) рівнях освіти є невід'ємною складовою освітньої програми підготовки фахівців за спеціальністю G1 «Хімічні технології та інженерія» ХНУМГ імені О. М. Бекетова.

Навчальна, технологічна, виробнича та переддипломна практика [1], закріплює теоретичні знання, отримані студентами під час навчання, набуває та вдосконалює практичні уміння та навички, формує та розвиває професійні навички для самостійного прийняття рішень у конкретних професійних ситуаціях та ознайомлює з новітніми методами, технологіями та формами організації виробництва в галузі хімічної технології та інженерії.

Мета полягає в тому, щоб студенти спеціальності G1 «Хімічні технології та інженерія», запровадженої на кафедрі хімії та інтегрованих технологій, мали можливість проходити практику на сучасних промислових підприємствах та вдосконалювати свої практичні навички з використанням сучасного обладнання та спеціалізованих лабораторій. Договори про проходження практики здобувачами вищої освіти укладаються не тільки з українськими підприємствами, науково-дослідними інститутами та закладами вищої освіти, а й з іноземними підприємствами, завдяки чому студенти мають змогу ознайомитися з організацією виробництва склокерамічних і лакофарбових матеріалів та особливостями роботи в європейських компаніях і підприємствах. На рисунку 1 наведені логотипи та назви провідних підприємств галузі, що є стейкхолдерами освітньої програми «Хімічні технології та інженерія» в ХНУМГ імені О. М. Бекетова.



Рисунок 1 – Логотипи підприємств-партнерів з розвитку ОП за спеціальністю G1 «Хімічні технології та інженерія»

Відповідно до змісту освітньої програми, навчальна практика, запроваджена у другому семестрі, дозволяє студентам ознайомитися з продукцією компанії, науково-технічною літературою за фахом та публічно представити свої звіти шляхом публічного захисту, обговорювати результати своєї професійної діяльності з експертами та фахівцями, а також відстоювати свою позицію як результат навчання за програмою. Особливістю технічної практики для студентів-майбутніх фахівців у галузі хімічних технологій та інженерії в 4 семестрі є те, що здобувачі знайомляться з технологічними процесами та технічним обладнанням. Під час підготовки звіту за темою практики здобувачі професійно обговорюють результати своєї практичної діяльності в діалозі та дискусії, відстоюють свою позицію, підбирають та використовують відповідне обладнання, методи для вирішення комплексних завдань в хімічній інженерії, демонструють здатність контролювати та управляти технічними процесами хімічного виробництва. Студенти зможуть приймати рішення та діяти відповідно до принципу нульової толерантності до корупції та інших форм прояву недоброчесності. Вони також розвинули професійну компетентність, включаючи здатність використовувати новітні матеріали, технології та конструкції обладнання в хімічній інженерії, готувати технічну документацію відповідно до найсучасніших вимог та застосовувати на практиці основні принципи проектування та розробки новітніх хімічних технологій та матеріалів. Виробнича практика, яка проходить у шостому семестрі, має на меті ознайомити студентів з організацією роботи на підприємствах, в цехах і на дільницях, а також з аналізом властивостей і

характеристик сировини та продукції. Підготовка звіту за темою практики та захист звіту з практики перевіряє вміння студентів відстоювати та аргументувати свою точку зору, проводити якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного та органічного походження з використанням відповідних методів аналізу. Під час виробничої практики студенти вчаться розв'язувати спеціалізовані задачі з використанням положень і методів фундаментальних наук та застосовувати на практиці основні принципи проектування і розробки інноваційних хімічних технологій та матеріалів [2].

Переддипломна практика здобувачів вищої освіти є завершальним етапом навчання і проводиться на випускному курсі з метою узагальнення і вдосконалення здобутих ними знань, практичних умінь та навичок, оволодіння професійним досвідом, практичними навичками та вміннями організаторської роботи зі спеціальності та готовності майбутнього фахівця до самостійної трудової діяльності, збору матеріалів для випускної кваліфікаційної роботи. За бакалаврським рівнем вищої освіти переддипломна практика запланована у восьмому семестрі та здійснюється внаслідок збору та систематизації даних за темою проекту на підприємстві, виконання технологічних розрахунків, складання звіту за темою практики. Проходження переддипломної практики передбачає одержання загальних компетентностей щодо прагнення до збереження навколишнього середовища та фахових щодо здатності використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії, здатності систематизувати технічну документацію, застосовувати на практиці основні принципи проектування та розробки сучасних хімічних технологій та матеріалів. Практичні результати навчання, що набувають здобувачі, пов'язані із здатністю приймати участь у обговоренні результатів професійної діяльності з колегами та зацікавленими фахівцями у розвитку хімічних технологій, беручі до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики.

Переддипломна практика на рівні магістратури передбачає вивчення структури підприємств, вибір технологічних схем і обладнання та вивчення економічних і екологічних характеристик технологічних процесів. Під час проходження переддипломної практики випускники магістратури набувають загальних та фахових компетентностей, здатності застосовувати знання в практичних ситуаціях, вміння здійснювати пошук, обробку та аналіз інформації з різних джерел, вміння організовувати та управляти хіміко-технологічними процесами на промислових виробництвах та в науково-дослідних центрах з урахуванням соціальних, економічних та екологічних аспектів, Переддипломна практика магістра спрямована на досягнення результатів навчання,

передбачених програмою, таких як здатність організовувати власну та командну роботу на промисловому виробництві, в конструкторських підрозділах та лабораторіях, визначати цілі та ефективні шляхи їх досягнення, мотивувати та навчати персонал. Здобувачі вищої освіти повинні вміти вільно спілкуватися, усно та письмово, державною та іноземними мовами з метою обговорення та представлення результатів своєї професійної діяльності, досліджень та проектів.

Науково-педагогічна практика є невід'ємним етапом підготовки здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня, здійснюється з метою оволодіння професійним досвідом та готовності їх до самостійної наукової і педагогічної діяльності, вивчення основ педагогічної і навчально-методичної роботи в закладах вищої освіти, оволодіння педагогічними навичками проведення окремих видів навчальних занять з дисциплін відповідного профілю підготовки. Переддипломна практика у вищому навчальному закладі відбувається на останньому курсі навчання. Її метою є закріплення та вдосконалення набутих знань, практичних умінь і навичок з управління організацією, підготовка майбутніх фахівців до самостійної роботи та збір матеріалу для написання випускної кваліфікаційної роботи.

Навчально-методичний комплекс практичної підготовки здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Хімічні технології та інженерія» містить повний перелік документів за всіма видами практик за освітньою програмою та навчальним планом. До складу навчально-методичного комплексу практичної підготовки входять: нормативна, навчально-методична та обліково-звітна документація. Нормативна документація у вигляді освітньої програми, навчального плану, графіку освітнього процесу, угод про проведення практик здобувачів вищої освіти між Університетом та базами практик міститься на сайті університету (<https://www.kname.edu.ua/>) та кафедри (<https://chem.kname.edu.ua/>). Обліково-звітна документація, а саме залікові-екзаменаційні відомості, звіти про проходження практики разом із щоденниками практики, звіти керівників практики від кафедри щодо проведення практик оформлюються після проходження практики і захисту звітів з практики в останній день терміну практики відповідно до графіку навчального процесу (<https://surl.li/rqtoan>).

Відмінною особливістю практики за спеціалізацією «Хімічні технології та інженерія» на кафедрі є виконання студентами індивідуальних завдань. Важливо, щоб індивідуальні завдання обов'язково відповідали теоретичній підготовці здобувачів вищої освіти. На початку практики здобувачі вищої освіти проходять первинний інструктаж з питань охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, ознайомлюються з правилами внутрішнього

трудового розпорядку на підприємстві, порядком отримання документів та інших матеріалів.

Завдяки проходженню практики здобувачі вищої освіти розвивають соціальні навички (soft skills). Проходження практики дозволяє студентам будувати відносини з колегами, демонструвати лідерські якості, працювати в кризових ситуаціях, логічно та системно мислити. Розвиток соціальних навичок сприяє здатності студентів оцінювати цілісність та достовірність інформації, формувати власну думку, генерувати нові ідеї та приймати обґрунтовані рішення та дозволяють здобувачам досягти успіху в кар'єрі.

Зокрема, стажування для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології та інженерія» - це можливість ознайомитися з сучасними інноваційними технологіями та матеріалами, а також можливість обрати власне місце майбутнього працевлаштування за фахом у сфері виробництва склокерамічних та лакофарбових матеріалів.

Список використаних джерел

1. Методичні рекомендації з переддипломної практики (для студентів 2 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : [Воронов, Г.К. и Гуріна, Г.І. и Саввова, О.В. и Смирнова, Ю.О. и Фесенко, О.І]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 18 с.

2. Пат. 126053 Україна, МПК7 C03C10/04, C03C10/08, C03C10/14, F41H5/02, F41H5/08, B32B17/06. Високоміцний склокристалічний матеріал / Саввова О.В., Фесенко О.І., Воронов Г.К. Смирнова Ю.О.; заявник та патентовласник ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. – № а 2021 01907; заявл. 12.04.2021 ; опубл. 22.09.2022, Бюл. № 31. – 9 с.

**ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ АСПЕКТІВ МІЖНАРОДНОЇ ОСВІТИ
В РАМКАХ ВІТЧИЗНЯНИХ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ**

Фесенко Олексій Ігорович,

кандидат технічних наук, старший викладач,

Яковлева Поліна Єгорівна,

здобувачка освіти першого (бакалаврського) рівня,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Шалигіна Оксана Володимирівна,

кандидат технічних наук, технолог,

Емо Frite Company;

Andriy Parsyehov,

голова відділу маркетингу, розробок та розвитку Glazura S.R.O.;

Тимошук Ігор Васильович,

директор з виробництва ТОВ «Малинівський склозавод»;

Oleksii.Fesenko@kname.edu.ua

Однією із основ розвитку людського суспільства є передача культурно-історичного досвіду від одного покоління до іншого. Багато століть освітній процес протікав, як природний, без суттєвого нормування з боку держав. Проте, критичне накопичення значної кількості знань в соціальній, гуманітарній та інших областях науки і техніки, яке відбулось ще у період рабовласницького ладу, привело до формування потреби у новій професії – вчителів, які спеціально займаються вихованням і навчанням дітей [1, 2]. Подальший розвиток сфери освіти пройшов значну кількість послідовних стадій, зокрема: створення закладів освіти, зменшення середнього віку набуття освіти, створення державних закладів освіти та поява державних органів, які визначають мету, завдання та інші елементи освітньої політики в кожній державі, конституційне закріплення права людей на освіту.

На сьогоднішній день, зокрема після введення в Україні Болонської системи освіти, сфера надання освітніх послуг вже міцно включена у процеси глобалізації, зокрема за рахунок активної інтеграції системи вищої освіти у світовий освітній простір [3]. Протікання цих процесів стало передумовою змін місії ВНЗ, яка орієнтується на сталий розвиток українського суспільства, як частини глобального. Це може бути досягнуто за рахунок забезпечення якісної та конкурентоспроможної освіти, залученням здобувачів до проведення наукових досліджень, використанням передових результатів досліджень в освітньому процесі та формуванням позитивних соціокультурних моделей особистості й професіонала у здобувачів.

Сучасний ВНЗ повинен реалізувати комплекс заходів та стратегій розвитку спрямований на [3]:

- розвиток актуальних та затребуваних компетентної здобувачів;
- забезпечення конкурентоспроможності випускників не тільки на вітчизняному, а й на міжнародному ринку праці;
- гарантування вступникам надання освітніх послуг, які відповідають міжнародним стандартам якості;
- створення можливостей та стимулювання професійного зростання викладачів, розвитку креативності та спроможності розробляти унікальні освітні та наукові продукти;
- модернізація системи управління та організації навчально-освітнього процесу, зокрема за рахунок імплементації сучасних інформаційно-комунікаційних технологій;
- впровадження передових форм, типів та методів навчання, проведення наукових досліджень та реалізації розробок;
- створення конкурентоспроможного науково-освітнього центру;
- ефективну інтеграцію до міжнародних освітньо-наукових проєктів та кооперація із провідними ВНЗ світу;
- створення власного, унікального та впізнаваного на міжнародному рівні бренду.

Саме ці виклики та зміна умов функціонування ВНЗ, особливо в період війни, вимагають адаптації освітньо-наукового процесу, яка повинна включати не тільки вибір форм протистояння зростаючій конкуренції на світовому ринку надання освітніх послуг, а й участі у формуванні цих змін.

Міжнародна мобільність освіти є однією із основ концепції Болонської системи та її реалізація в рамках освітньої діяльності Українських ВНЗ є одним із основних принципів інтеграції вітчизняної системи освіти у Європейський простір. Причому, в контексті глобалізації освітньо-наукового процесу та необхідності реалізації вищенаведеного комплексу заходів, необхідність участі в міжнародній мобільності включає не тільки здобувачів, а науково-педагогічних працівників та науковців.

Саме із цією метою, починаючи із 2020 року викладачі кафедри хімії та інтегрованих технологій [4] приймають участь у міжнародних заходах організованих Центром міжнародної діяльності та освіти ХНУМГ імені О. М. Бекетова, готують до участі у конкурсах здобувачів, проводять пошук міжнародних наукових проєктів та представляють результати своїх розробок на міжнародному рівні.

Так, у 2022 році, завідувачка кафедри Саввова О.В. пройшла міжнародне стажування на підприємстві «ЕМО FRITE D.O.O.» (м. Цельє, Словенія), яка має майже 100-річну історію виробництва матеріалів у сфері фрит, емалей, глазурі та клеїв [5] та налагоджену мережу поставок продукції на провідні підприємства Європейського союзу, Азії, Південної Америки та Африки.

Наприкінці 2023 – початку 2024 років доцент Гуріна Г.І. пройшла міжнародне онлайн стажування «Міжнародної фундації науковців та освітян», яке включало серію тематичних вебінарів, у Люблінському науково-дослідному інституті науково-технологічного парку та IESF.

У 2023 та 2024 роках викладачі (Саввова О. В., Воронов Г. К., Телюра Н. О., Фесенко О. І. та Пилипенко О. І.) та аспірант кафедри Гожа М. М. успішно представили результати своїх наукових розробок у рамках XIII та XIV конкурсів стартап-проектів «Міжнародного фестивалю інноваційних проектів Sikorsky Challenge» [6], які були нагороджені відзнаками за краще технологічне рішення.

У 2024 році завідувачка кафедри Саввова О. В., ст. викладач Фесенко О. І. та аспірантка Покроєва Я. О. пройшли стажування в компанії Glazura S.R.O. (Torresid group, м. Роудніце-над-Лабою, Чехія), яка є одним з лідерів виробництва фрит, ангобів, глазурей, керамічних пігментів, емалей та інших споріднених продуктів у центральній та східній Європі.

У рамках програми Erasmus+ [7] здобувачка 4 курсу Яковлева Поліна Євгенівна успішно пройшла навчання протягом зимового семестру 2024/2025 навчального року в Словацькому технічному університеті в Братиславі за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

Викладачі кафедри (проф. Саввова О. В., доц. Телюра Н. О., доц. Бабіч О. В., ст. викладачі Фесенко О. І., Скрипинець А. В. та Смирнова Ю. О.) разом із здобувачами усіх рівнів освіти – Булавина Д. А. (І рівень), Шаповал В. М. (ІІ рівень) та Фалько Т. В. (ІІІ рівень), прийняли участь у програмі «Передача досвіду щодо планування розвитку та відновлення міст України» в рамках Міжнародної академічної мобільності для студентів, аспірантів та викладачів ХНУМГ імені О. М. Бекетова (грантовий проєкт №24-PKVV-UM-001 «Зміцнення спроможності та передача знань університетам для розвитку постраждалих територій України», фінансований МЗС Чеської Республіки).

Незважаючи на те, що 2025 рік тільки почався, викладачі кафедри продовжують свою участь у розширенні міжнародної діяльності, зокрема команда із викладачів Саврової О. В., Фесенка О. І., Бабіч О. В. й Скрипинець А. В. та аспіранта Гожі М. М. із проєктом «Наноструктуровані ситали для іммобілізації РАВ» розпочала своє навчання у програмі

«Управління інноваціями: від ідеї до глобального масштабування» організованою бізнес-школою MIM та провідною світовою бізнес-школою IMD (Лозанна, Швейцарія).

Аналізуючи наведені дані можна зробити висновок, що на сьогоднішній день участь у програмах міжнародної мобільності чи стажування є однією із передумов формування конкурентоспроможних на міжнародному рівні ВНЗ і для реалізації цього напрямку пріоритетним є збільшення рівня вмотивованості залучення до цього процесу, як викладачів, так і здобувачів освіти.

Список використаних джерел

1. Гарієвський Ю. В. Освіта як загальнолюдська цінність. Психолого-педагогічні основи гуманізації навчально-виховного процесу в школі та ВНЗ : зб. наук. праць Міжнарод. економ-гуманіт. ун. ім. акад. Степана Дем'янчука. Рівне : РВЦ МЕРУ ім. акад. С. Дем'янчука, 2017. 1(17). С. 18–23.

2. Бабюк А. Освіта як загальнолюдська цінність. Світоглядні трансформації особистості студента ЗВО: історико-філософські, соціально-правові, мовознавчі та здоров'яформуючі аспекти : зб. тез доп. VI студ. наук.-практ. Інт.-конф., 28 лют. 2019 р. / гол. ред. Н. Л. Замкова. Вінниця, 2019. С. 1922.

3. Бебко С. В. Кластеризація освітнього простору та створення міжнародних консорціумів. *Економіка та суспільство*. 2020. № 22. (Режим доступу: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/111/106>).

4. Стажування. Новини кафедри ХІТ ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. (Режим доступу: <https://chem.kname.edu.ua/o-kafedre/sostav-kafedry/stazhuvannia>).

5. HISTORY - EMO FRITE d.o.o. *EMO FRITE d.o.o.* (Режим доступу: <http://www.emo-frite.si/history/?lang=en>).

6. Нагороди та відзнаки. Новини кафедри ХІТ ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. (Режим доступу: <https://chem.kname.edu.ua/o-kafedre/sostav-kafedry/nahorody-ta-vidznaky>).

7. Конкурс на здобуття стипендії Erasmus+ для студентів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія. Новини кафедри ХІТ ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. (Режим доступу: <https://chem.kname.edu.ua/241-konkurs-na-zdobuttya-stipendiji-erasmus-dlya-studentiv-spetsialnosti-161-khimichni-tekhnologiji-ta-inzheneriya>).

8. Міжнародна академічна мобільність для студентів, аспірантів та викладачів з Чехією. Новини кафедри ХІТ ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. (Режим доступу: <https://chem.kname.edu.ua/283-mizhnarodna-akademichna-mobilnist-dlya-studentiv-aspirantiv-ta-vikladachiv-z-chekhiyu>).

ПРАКТИЧНА СКЛАДОВА НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНОГО ФАХІВЦЯ З ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЇ

¹Саввова Оксана Вікторівна,

доктор технічних наук, завідувачка кафедри, професорка,

^{1,2}Гордійчук Валерій Миколайович,

магістрант, технічний директор,

^{1,3}Покроєва Яна Олександрівна,

аспірант, головний технолог,

¹Булавина Дар'я Андріївна,

бакалавр,

¹Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

²ТОВ «Малинівський склозавод»,

³ПрАТ «Харківський плитковий завод»

Oksana.Savvova@kname.edu.ua

Важливим фактором реалізації кар'єрного росту фахівця та його високої конкурентної здатності на ринку праці є його оволодіння практичними навиками та компетентностями в процесі навчання. Визначальну роль при цьому мають інноваційні методи та форми навчання, які застосовуються викладачами в ЗВО та виробництвах при проходженні різних видів практичної підготовки. Практична підготовка здобувачів є невід'ємною складовою реалізації усього навчального процесу і сприяє не лише засвоєнню виробничих знань та умінь, а також розвитку креативності, творчих здібностей, інженерної майстерності, вміння роботи в колективі, прийняття рішень їх аналіз у взаємозв'язку з у рамках студенто центрованого підходу до навчання, зокрема, із застосуванням цифрової трансформації шляхом залучення матеріальної бази виробництв та наукових установ [1].

Особливо цінним при формуванні практичних навиків є реалізація триступеневої інженерної освіти у рамках першого (бакалаврського), другого (магістерського) та третього (доктор філософії) рівнів, які сприяють досконалому накопичувальному досвіду від лабораторій до серійного виробництва. Такий підхід реалізовується на кафедрі хімії та інтегрованих технологій за ОП «Хімічні технології та інженерія» та ОНП «Хімічні технології та інженерія в міському господарстві та будівництві» в тісній співпраці зі стейкхолдерами-виробниками та науковими установами у рамках договорів про співдружність, господарчих договорів та держбюджетної тематики за безпосередньої участі здобувачів.

Традиції наставництва, яке може здатися «пережитком», зарекомендував себе як найбільш успішна практика адаптації молодого працівника на робочому місці та реалізація його не лише на професійному, але і на особистому рівні. Такий механізм успішно розвивається в більшості країн ЄС та світу і надзвичайно позитивно позначається на досягненні практичних навичок.

Особливостями ОП та ОНП на кафедрі за спеціальністю «Хімічні технології та інженерія» є наставництво у навчальному колективі при веденні науково-дослідної роботи та її впровадженні у виробничу практику. Така можливість активно реалізується вже сьогодні на підприємствах – лідерах силікатного виробництва Східного регіону: ПрАТ «Харківський плитковий завод» та ТОВ «Малинівський склозавод» – при впровадженні результатів інноваційної діяльності здобувачів третього рівня із залученням результатів наукової роботи здобувачів першого та третього рівня, які вже сьогодні працюють на виробництвах, у тому числі, на керівних посадах. За таких умов при реалізації ОП та ОНП формуються засади до подолання кризових явищ в економіці, які ґрунтуються на залученні до виробництва високоякісних фахівців [2]. Особливість підготовки кадрів для виробництв в Університеті здійснюється шляхом системного підходу при якісній підготовці здобувачів за рахунок підвищення якості освітніх послуг, зокрема із застосуванням обладнання сертифікованих лабораторій.

Саме тісний взаємозв'язок теоретичної та практичної складової освітнього процесу із залученням професіоналів практиків дозволяє сформулювати конкурентоздатних фахівців хіміків-технологів, які складають особливу цінність в умовах кризових ситуацій, зважаючи на постійний відтік кадрів

Таким чином, узагальнення отриманих даних дає можливість говорити про якісну організацію навчального процесу у період воєнного стану на кафедрі хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім О.М. Бекетова завдяки синергії успішної та злагодженої діяльності адміністрації Університету, викладачів кафедр та стейкхолдерів.

Список використаних джерел

1. Сучасні форми і методи організації освітнього процесу в умовах цифрової трансформації: збірник матеріалів всеукраїнської науково-методичної конференції. Одеса : Університет Ушинського, 2023. 118 с.
2. Освітній процес в умовах воєнного стану в Україні : матеріали всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації, 3 травня – 13 червня 2022 року. – Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2022. – 504 с.

РОЗВИТОК ОСВІТНІХ ПРОГРАМ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 161 «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ» У ПОСТАКРЕДИТАЦІЙНИЙ ПЕРІОД

Саввова Оксана Вікторівна,

доктор технічних наук, завідувачка кафедри хімії та інтегрованих технологій,

Фесенко Олексій Ігорович,

кандидат технічних наук, старший викладач,

Бабіч Олена Вікторівна,

кандидат технічних наук, доцент,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;

Гордійчук Валерій Миколайович,

головний технолог,

ТОВ «Малинівський склозавод»;

Покроєва Яна Олександрівна,

головний технолог,

ПрАТ «Харківський плитковий завод»

Oleksii.Fesenko@kname.edu.ua

Системний підхід до забезпечення якості вищої освіти є одним із пріоритетів розвитку сучасного суспільства, інтеграції України в Європейський простір та провідним пріоритетом державної політики у сфері вищої освіти [1]. За період незалежності України, система забезпечення якості вищої освіти пройшла значний шлях реформування, включаючи структурні й змістові, взаємозумовлені та взаємопов'язані зміни її складників.

Згідно із даними авторів [2], які провели детальний аналіз змісту нормативних документів в області вищої освіти та розвитку механізмів забезпечення якості вищої освіти за період незалежності нашої держави, можна виділити 5 основних історичних етапів розвитку системи забезпечення якості вищої освіти (СЗЯВО) в Україні, кожен із яких має свої особливості (табл. 1).

Якість освіти – це комплексна характеристика, яка включає весь діапазон та рівень освітніх послуг, які надаються ЗВО відповідно до інтересів, як окремих здобувачів, так і суспільства й держави, в цілому [3]. Сучасна якісна освіта повинна забезпечувати усім здобувачам здобувати повноцінну, безперервну освіту належного рівня у оптимальній її формі та з урахуванням їх індивідуальних інтересів та можливостей. Усі ЗВО, які реалізують свою діяльність відповідно до принципів Болонського процесу повинні забезпечувати наближення та адаптацію СЗЯВО до вимог Європейської мережі забезпечення якості (ENQA). Проте, цей процес не може бути реалізований ЗВО самостійно і потребує участі зовнішнього нормуючого і контролюючого органу – НАЗЯВО.

Таблиця 1 – Етапи розвитку СЗЯВО в Україні з 1991 по 2024 роки [2]

Номер етапу	Роки	Коротка характеристика	Особливості
I	1991 – 1999	Початковий. Інституційне структурування національної СЗЯВО.	Створення нормативного поля та структурування СЗЯВО в Україні, зокрема, за рахунок: створення Державної акредитаційної комісії, затвердження вимоги до державних стандартів вищої освіти та положення про ліцензування й декларування обов’язковості дотримання державних стандартів усіма учасниками системи.
II	2000 – 2010	Адаптаційний. Створення нормативних передумов для реформування СЗЯВО з метою імплементації ідей та принципів Болонського процесу.	Створення правового поля для забезпечення законодавчо-нормативної діяльності МОН, з урахуванням змін до державної політики в сфері освіти, зокрема, шляхом: затвердження нового «Положення про акредитацію», введення в дію нового Закону «Про вищу освіту», постанов КМУ «Про Державну акредитаційну комісію» і «Про перелік напрямів, за якими здійснюється підготовка фахівців...» (I та II рівні) та Указу президента України «Про заходи щодо забезпечення пріоритетного розвитку освіти в Україні».
III	2011 – 2014	Формувальний. організаційно-нормативне долучення України до Болонського процесу.	Формування концепції створення НАЗЯВО, зокрема, за рахунок впровадження національної рамки кваліфікацій та прийняття нової редакції Закону України «Про вищу освіту».
IV	2015 – 2019	Модернізаційний. Утворення НАЗЯВО і початок їх діяльності, створення внутрішньої СЗЯВО.	Становлення НАЗЯВО та нормування їх взаємодії із ВНЗ, початком чого є затвердження постанови КМУ «Про утворення Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти», ухвалення «Стандартів і рекомендацій щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти», впровадження Закону України «Про освіту», який визначив ролі та взаємодію внутрішньої та зовнішньої СЗЯВО і початок процесу акредитації освітніх програм.
V	2020 – т. ч.	Сучасний. Час викликів та загроз.	Усвідомлення ЗВО необхідності розробки та послідовного запровадження внутрішніх політик забезпечення якості вищої освіти, імплементації найкращих Європейських практик, реформування мережі закладів вищої освіти, забезпечення якості в умовах надзвичайних та кризових ситуацій і військових дій, затвердження нового переліку галузей знань та спеціальностей у відповідності до Європейських стандартів.

У своїй роботі [3] Л. Пшенична висловлює думку, що «українська вища школа, на превеликий жаль, живе ілюзіями, що систему освіти можна реформувати зсередини, спираючись на власний інтелектуальний потенціал, але практика спростовує ці наміри і стверджує, що тільки реальна участь зовнішніх чинників здатна сприяти отримання необхідних дороговказів та ресурсів для досягнення належної якості» і вказую на те, що необхідно «створити національну систему якості вищої освіти, прийняти певну кількість підзаконних актів, які будуть регулювати, роз'яснювати, доповнювати, визначати місце Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти та мережі незалежних установ з оцінювання якості вищої освіти». Безумовно, правове врегулювання зовнішнього СЗЯВО є наріжним каменем створення ефективної системи управління якістю освітнього процесу. Проте, саме створення ефективної внутрішньої СЗЯВО у ЗВО, які несуть основну відповідальність за якість наданих освітніх послуг, та забезпечення оперативного та адекватного реагування на зауваження зовнішньої СЗЯВО, розробка нових підходів та гнучких механізмів формування високої культури якості у ЗВО є визначальним фактором тривалості якісних змін у сфері вищої освіти. Саме тому, важливим є проведення внутрішньої оцінки результатів акредитації освітніх програм для формування плану усунення недоліків та короткострокової стратегії оновлення програм.

Метою даної роботи є оцінка проведеної роботи та визначення плану усунення недоліків визначених за результатами акредитацій за спеціальністю 161 (G1) Хімічні технології та інженерія у Харківському національному університеті міського господарства ім. О. М. Бекетова.

На базі кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова у 2019 році розпочалась підготовка здобувачів за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія. За останні 6 років було відкрито освітні програми за всіма трьома рівнями освіти, які успішно пройшли акредитацію у НАЗЯВО [4].

Основні зауваження та рекомендації, одержані за результатами роботи експертної групи та висвітлені у висновках ГЕР, були згруповані у 4 великі групи за напрямками їх усунення (табл. 2). Крім того для кожної позиції було визначено приналежність до коротко- чи довгострокового типу планування для їх усунення. Це дозволило сформулювати поетапний план дій та скорегувати стратегію розвитку спеціальності в рамках діяльності кафедри [5].

Таблиця 2 – Зауваження та рекомендації до ОП за спеціальністю 161

Напрямок роботи	Зауваження	Тип планування
Робота зі здобувачами	Запровадити програми академічної мобільності НПП і здобувачів вищої освіти у закордонних ЗВО.	короткострокове / довгострокове
	Організувати ознайомлення здобувачів з можливістю доступу до науково-метричних баз даних.	короткострокове
	Продовжити популяризувати політику академічної доброчесності.	довгострокове
	Удосконалити систему та зміст питань для анкетування здобувачів.	короткострокове
	Залучати аспірантів до участі у забезпеченні (за сумісництвом) освітнього процесу	короткострокове
Зміна ОП	Скоригувати фокус, особливості та унікальності ОП, усунути виявлені недоліки СЛС та відповідності змісту ОП предметній області спеціальності.	короткострокове
	Оприлюднити на сайті Університету результати обговорення зі стейкхолдерами їх позиції та потреби стосовно компетентностей випускників та ПРН.	короткострокове / довгострокове
	Врахувати досвід іноземних програм.	довгострокове
	Розмістити у постійному доступі на сайті Університету проєкт ОП та відомості про обговорення пропозицій роботодавців.	короткострокове
	Переглянути матриці відповідності ПРН до ОК.	короткострокове
	Врахувати проєкт стандарту вищої освіти за спеціальністю 161 для третього рівня вищої освіти.	короткострокове
Матеріально-технічна база та організація освітнього процесу	Розробити порядок аналізу звіту про перевірку на ознаки плагіату.	короткострокове
	Підвищити залученість стейкхолдерів до проведення занять.	короткострокове / довгострокове
	Організувати роботу НПП щодо оновлення в інформаційних листах ОК рекомендованої літератури у відповідності до вимог МОНУ.	короткострокове
	Продовжити удосконалювати МТЗ.	довгострокове
	Атестувати наукові лабораторії.	короткострокове
Наукова та інноваційна діяльність	Розмістити на сайті кафедри наукові публікації за участю здобувачів.	короткострокове / довгострокове
	Сприяти професійному розвитку НПП відповідно до ОК, які ними викладаються.	короткострокове / довгострокове
	Оновити інформацію щодо публікаційної активності НПП на персональних wiki-сторінках.	короткострокове
	Продовжувати поширювати практику залучення здобувачів до участі у дослідницьких проєктах та міжнародних грантових програмах.	довгострокове

Так, за півроку після проходження останньої акредитації в рамках «Роботи зі здобувачами» були проведені ряд заходів спрямованих на підвищення обізнаності здобувачів із ключовими аспектами дотримання принципів академічної доброчесності, можливостями одержання повного доступу до міжнародних науко-метричних баз даних.

При перегляді освітніх програм були враховані усі одержані зауваження та створено сторінку із постійним та відкритим доступом до проекту та результатів обговорення. Створено та розміщено на сайті кафедри постійний канал зв'язку із роботодавцями та проводиться робота щодо їх залучення до освітнього процесу.

В рамках третього блоку зауважень та пропозицій (табл. 2) переглянуто та приведено до вимог МОН України та Університету зміст та форму робочих програм та інформаційних довідок дисциплін, які розміщені на сайті кафедри, та розпочато процес атестації наукових лабораторій кафедри.

За напрямком «Наукова та інноваційна діяльність» було оновлено інформацію на персональних сторінках НПП, як у Wiki, так і у основних науково-метричних базах даних та оновлено перелік праць здобувачів на сайті кафедри. У 2024 році 6 НПП та 3 здобувачів освіти прийняли участь у міжнародній програмі в рамках грантового проекту «Зміцнення спроможності та передача знань університетам для розвитку постраждалих територій України». 3 січня 2025 року на базі кафедри розпочалось виконання ДБ НДР для молодих вчених «Композиційні матеріали на основі наноструктурованих евкриптит-сподуменових склокристалічних матеріалів для технологій адитивного виробництва електронних систем», виконавцями якої є здобувачі кафедри.

Підсумовуючи наведені дані можна дійти висновку, що ключовим аспектом прискорення процесу створення якісної та ефективної СЗЯВО є включення колективів груп забезпечення та інших НПП випускових кафедр до формування комплексу заходів, спрямованих на усунення недоліків виявлених при проведенні акредитацій освітніх програм.

Список використаних джерел

1. Фесенко О. І., Шаповал В. М. Реалізація заходів із забезпечення принципів академічної доброчесності. Матер. міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій», 24-26 вер. 2024 р., Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. С. 248–253.

2. Кірдан О., Авраменко Б. Розвиток системи забезпечення якості вищої освіти в Україні. *Збірник наукових праць УДПУ*. 2024. № 2. С. 112–117.

3. Пшенична Л. Забезпечення якості вищої освіти в контексті імплементації закону України «Про вищу освіту». *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2017. № 2 (66). С. 113–129.

4. Освітня програма кафедри ХІТ ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. Новини кафедри ХІТ ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. (Режим доступу: <https://chem.kname.edu.ua/osvitno-profesiina-prohrama-khimichni-tekhnohii-ta-inzheneriia>).

5. План розвитку кафедри. Новини кафедри ХІТ ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. (Режим доступу: https://chem.kname.edu.ua/images/Inform_kafedra/Plan_Rozvytku2024.pdf).

ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ «LABSTER» ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Зайцева Інна Сергіївна,

кандидат хімічних наук, доцент, доцентка,

Пилипенко Олексій Іванович,

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Зіненко В'ячеслав Іванович,

здобувач освіти 2 курсу першого (бакалаврського) рівня,

Халін Володимир Петрович,

здобувач освіти 3 курсу першого (бакалаврського) рівня,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Inna.Zayceva@kname.edu.ua

Воєнні дії, пов'язані з вторгненням московії на територію нашої країни, на жаль, обумовили те, що навчання у харківських вузах відбувається у дистанційному і, вкрай рідко, у змішаному форматі. Тому далеко не завжди є можливість проводити заняття з хімічних дисциплін, особливо лабораторні роботи, у реальних лабораторіях. У зв'язку з цим важко переоцінити важливість навчальних засобів, які дозволяють ознайомитись з певними хімічними процесами. Будь-яка людина, яка має гаджет, підключений до інтернету, може доєднатися до віртуальної онлайн-лабораторії для виконання експериментів будь-якої складності [1]. Одна з таких лабораторій – це «Labster». Онлайн-лабораторія схожа на комп'ютерну гру. Ось тільки імітує вона не вигаданий світ, а справжню лабораторію, оснащену обладнанням і реактивами. Вона дозволяє займатися навчанням людей з будь-якого куточка світу. Студенти та учні, які виконали симуляції, потім набагато краще вирішують практичні завдання і розуміють різноманітні фізико-хімічні процеси.

Я використовувала платформу «Labster» під час вивчення навчальних дисциплін: «Хімія», «Аналітична хімія», «Органічна хімія», «Харчова хімія», «Методи фізико-хімічного аналізу», «Органічні забрудники довкілля», «Дослідження неорганічних забрудників довкілля» для здобувачів спеціальностей «Хімічні технології та інженерія», «Екологія», «Технології захисту навколишнього середовища», «Готельно-ресторанна справа», «Садово-паркове господарство» та для проведення шкільних уроків в Університеті.

Трішки історії. Онлайн-лабораторія «Labster» розроблена у 2011 році. Спочатку вона починалася як студентський проєкт молодих данців – Майкла Бодаєра та Мадса Бонді. Проєкт виявився успішним. За рік кількість учасників команди зросла до 17 співробітників. Сьогодні «Labster» – велика компанія, яка

має офіси у США, Данії, Швейцарії, Індонезії. Отримані дані свідчать, що «Labster» реально впливає на якість навчання. Його використовують у Гарварді, МТІ, Стенфорді, Університеті Гонконгу, Технічному коледжі Гвіннета та десятках інших закладів освіти, а з 2022 року й в Україні. Компанія активно співробітничала з партнерами для створення більшої кількості симуляцій. «Labster» має додаток для смартфонів, розроблений разом з Google, розвиває співпрацю із Lenovo, Pearson, Springer, Університетом штату Арізона. У 2017 році у проєкт інвестували 10 мільйонів доларів, а у 2019 – ще 21 мільйон.

Мої спостереження показали, що «Labster» є цінним освітнім інструментом, який сприяє підвищенню впевненості та розуміння матеріалу здобувачами. Але, звичайно, його краще використовувати як доповнення, а не як заміну традиційної роботи у лабораторії. У дослідженні Дандолкського технологічного інституту було вивчено сприйняття студентами «Labster» у багатьох програмах природничих наук за період 2021–2024 роки. У опитуванні взяли участь понад 600 студентів бакалаврату. 90 % студентів повідомили, що «Labster» підвищив їхню довіру до експериментальної науки. Також студенти підкреслили, що платформа забезпечує гнучкість навчання та допомагає з концептуальним розумінням, але їм не вистачає соціальної взаємодії та миттєвого зворотного зв'язку інструктора, доступного у реальних умовах [2].

Користь від «Labster» полягає в тому, що він працює у напрямку так званої STEM-освіти, яка спрямована на розвиток особистості здобувача шляхом формування цілісної наукової картини світу, світогляду та життєвих цінностей з залученням міждисциплінарного підходу до навчання.

Список використаних джерел

1. Зайцева І. С., Пилипенко О. І. Неформальна освіта: особливості для здобувачів спеціальності «Хімічні технології та інженерія». Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій [Електронний ресурс] : матеріали Міжнар. науково-практичної інтернет-конф., Харків, 24–26 вересня 2024 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Algol Chemicals SIA (Riga, Latvia), EMO Frite Company (Celje, Slovenia) [та ін.] ; [редкол. : О. І. Пилипенко, І. С. Зайцева, О. І. Фесенко]. – Електронні текстові дані. – Харків : ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 2024. – 288 с. – С. 274–276.

2. C. S. Griffin, S. Loughran, B. Kelly [et al.]. Virtual laboratories complement but should not replace face-to-face classes: perceptions of life science students at Dundalk Institute of Technology, Ireland. *Advances in Physiology Education*. (Режим доступу: <https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/advan.00227.2024>).

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ НАУКОВИХ КАДРІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ ЕКОЛОГІЯ

¹Цапко Наталія Сергіївна,

кандидат технічних наук, завідувач лабораторії, доцент,

¹Хабарова Ганна Володимирівна,

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник, старший дослідник,

²Божко Тетяна Василівна,

начальник,

³Васютинська Катерина Анатоліївна,

кандидат хімічних наук, завідувач кафедри, доцент,

^{1,2}Пономаренко Дмитро Володимирович,

аспірант,

¹Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

²Регіональний офіс водних ресурсів у Харківській області

³Національний університет «Одеська політехніка»

tsapkonatali@gmail.com

В умовах збройної агресії проти України постійно існують ризики втрати біорізноманіття, природних ресурсів та виникають загрози воєнного характеру по відношенню до довкілля. Через це виникає нагальна потреба у підготовці висококваліфікованих фахівців, здатних комплексно вирішувати науково-практичні завдання у галузі екології, охорони довкілля та раціонального природокористування. Необхідних фахівців може готувати науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» (УКРНДІЕП) завдяки ліцензії на провадження освітньої діяльності у сфері вищої освіти, пов'язаної з підготовкою фахівців третього освітньо-наукового рівня «доктор філософії» зі спеціальності Екологія.

Дотримання високої якості освітнього процесу відбувається в рамках євроінтеграції та впровадження міжнародних стандартів освітньої діяльності [1-2] та досягається оновленням освітньо-наукової програми «Екологічна безпека» в контексті заходів, особливо в умовах воєнного стану:

1) впровадження інноваційних підходів до навчальних дисциплін та їх викладання;

2) використання електронних форм журналів відвідування, звітних матеріалів та анкетування здобувачів та стейкхолдерів;

3) оновлення організаційного підходу до вибору та розвитку тематики наукових досліджень з урахуванням екологічної політики державного рівня;

4) впровадження в освітній процес наукових розробок здобувачів та залучення їх до виступів у міжнародних конференціях та семінарах за профільною тематикою установи в дистанційному форматі;

5) впровадження цифрової трансформації в освітній процес;

6) реалізація професійного розвитку науково-педагогічних кадрів здійснюється відповідно до державної політики у галузі освіти, зокрема проходження підвищення кваліфікації наукових працівників УКРНДІЕП із залученням профільних установ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України.

Згідно з даними Програми ООН з навколишнього середовища, впровадження інноваційних цифрових технологій дозволяє суттєво підвищити швидкість і точність отримання екологічних даних, а також робить процес моніторингу більш доступним для широкого кола зацікавлених сторін [3]. Тому особливу увагу при підготовці кадрів за спеціальністю Екологія варто приділити розвитку навичок роботи здобувачів освіти з геоінформаційними технологіями. Цифрові технології дозволяють розширити охоплення моніторингу, знизити його собівартість і підвищити оперативність оновлення даних. Запровадження автоматизованих сенсорних мереж, супутникових систем та геоінформаційних платформ створює умови для «безшовного» збирання інформації з великої кількості різномірних джерел, миттєвої обробки й подальшої візуалізації результатів у вигляді електронних карт або дашбордів. Завдяки таким рішенням прийняття управлінських рішень у сфері охорони довкілля спирається на якісно новий рівень доказовості, що в свою чергу, дозволяє узагальнювати інформацію про викиди, утворення відходів, стан водних ресурсів і зміну земельного покриття у єдиній базі, доступній для державних установ, бізнесу та громадськості.

Список використаних джерел

1. Сучасні форми і методи організації освітнього процесу в умовах цифрової трансформації: збірник матеріалів всеукраїнської науково-методичної конференції. Одеса : Університет Ушинського, 2023. 118 с.

2. Освітній процес в умовах воєнного стану в Україні : матеріали всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації, 3 травня – 13 червня 2022 року. – Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2022. – 504 с.

3. United Nations Environment Programme (UNEP). Frontiers 2022: Noise, Blazes and Mismatches. 2022.

ЗМІСТ

Секція 1. Технології одержання нових функціональних матеріалів та покриттів

1. Тур О. Г., Гожя М. М., Савцова О. В., Шаповал В. М. НОВІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ВИСОКОМІЦНИХ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ.....	6
2. Сахненко М. Д., Желавська Ю. А., Проскуріна В. О., Зюбанова С. І. КОРОЗІЙНА ПОВЕДІНКА СПЛАВУ КОБАЛЬТ-ВАНАДІЙ В КИСЛОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	10
3. Середенко В. В. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛІТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ	12
4. Науменко В. О., Куленко О. А. ПЕРЕДБАЧЕННЯ БУДОВИ МОЛЕКУЛ ГАЛОГЕНОПОХІДНИХ N-АЛКІЛНАФТАЛІМІДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КВАНТОВО-ХІМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ	14
5. Фесенко О. І., Тюріна О. І., Цапко І. С., Климов М. В. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ БІОСУМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОТЕЗУВАННЯ КІСТОК ЛЮДИНИ.....	19
6. Кольцова Я. І. ПОРИСТІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ БАГАТОШАРОВОЇ СТРУКТУРИ	24
7. Македонська-Білих О. М., Хоменко О. С. КЕРОВАНА РОЗЧИННІСТЬ БІОАКТИВНИХ СТЕКОЛ – ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ЇХ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ.....	26
8. Бабіч О. В., Тимошук М. І., Фірсов С. С., Гонко А. О., Лиска А. С. ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ОДЕРЖАННЯ БІОСУМІСНИХ ІМПЛАНТАТІВ НА ОСНОВІ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	28
9. Голеус В. І., Тищенко Д. В. ВЛАСТИВОСТІ КАЛЬЦІЄВО-ФОСФАТНОГО СКЛА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО ХІМІЧНОГО СКЛАДУ	31
10. Бражник Г. О., Савцова О. В. ЕВКРИПТИТО-СПОДУМЕНОВІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	33

11.	<i>Полумисний В. В., Скрипинець А. В.</i> РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОЛІМЕРІВ У СТВОРЕННІ ХАРЧОВИХ ПОКРИТТІВ З ПОЛІПШЕНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	35
12.	<i>Шмітько Д. П., Колесник О. О., Скрипинець А. В.</i> ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ ТРАНСПОРТУ	40
13.	<i>Гуріна Г. І., Кот А. Г., Довгопол А. В., Казанська Н. О.</i> ТЕХНОЛОГІЇ НОВИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ АЛЮМОСИЛКАТІВ ШАРУВАТОЇ СТРУКТУРИ.....	43
14.	<i>Гуріна Г. І., Єременко А. А., Довгопол А. В. Кавун В. С.</i> ТЕХНОЛОГІЇ НОВИХ ВОДОРОЗЧИННИХ АЛКІДНИХ ПЛІВКОУТВОРЮВАЧІВ	46
15.	<i>Карножицький П. П.</i> МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ БУРОГО ВУГІЛЛЯ В ГОСПОДАРСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	48
16.	<i>Пилипенко О. І., Аналькова В. Є., Шульга М. Г.</i> АНОДНА ПОВЕДІНКА ТИТАНОВОГО СПЛАВУ Ti6Al4V У СИСТЕМІ «C ₂ H ₄ (OH) ₂ –H ₂ O–NH ₄ F–HF»	53
17.	<i>Золотарьов К. В., Шарапов М. І., Тараненкова В. В.</i> СУЛЬФАТОСТІЙКИЙ БАРІЙВМІСНИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ ДЛЯ ЦЕМЕНТУВАННЯ НАФТОВИХ ТА ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН	58
18.	<i>Сігунов О. О., Стоянов О. М., Головка А. О., Семірягін С. В.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВАПНА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПАР ДЛЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ТА МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	61
19.	<i>Маценко С. В., Рижова О. П.</i> СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДЕКОРАТИВНИМ АВАНТЮРИНОВИМ ЕФЕКТОМ.....	64
20.	<i>Михайлов Д. О., Штефан В. В.</i> ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ХРОМОВИХ ПОКРИТТІВ	66
21.	<i>Велієв Ю. І., Штефан В. В.</i> СУЧАСНІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ОСАДЖЕННЯ СПЛАВУ НІКЕЛЬ-МОЛІБДЕН	68

**Секція 2. Нафтогазова та коксохімічна інженерія,
корозія конструкційних матеріалів та захист від корозії**

1. Трегубов Д. Г., Мазуров В. С. НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ МОКРОГО ГАСІННЯ КОКСУ.....	71
2. Наливайко О. І., Ромашико О. В., Бобловський О. В., Валері Емілов Мітков ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФІНОВІ ТА СОЛЕВІДКЛАДЕННЯ В НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИНАХ	77
3. Нестеренко С. В., Бічев М. С. ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЗВАРНИХ ШВІВ ЦЕХУ ВЛОВЛЮВАННЯ ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС»	81
4. Нестеренко С. В., Бічев М. С. КАВІТАЦІЙНЕ РУЙНУВАННЯ СТАЛІ S355JR КОЖУХА НАСОСНИХ АГРЕГАТИВ АЕС	84
5. Гуріна Г. І., Кот А. Г., Довгопол А. В., Карасава С. О. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗАХИСТУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ.....	88
6. Тертичний В. В., Банніков Л. П. КОКСОУТВОРЕННЯ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ МАСЕЛ І СМОЛ.....	91
7. Савченко В. В., Банніков Л. П. РОЗПОДІЛ МЕТАЛІВ ПІД ЧАС ЕКСТРАКЦІЇ БУРОГО ВУГІЛЛЯ ТА ВИДІЛЕННЯ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ.....	94
8. Kruglyak I. V., Skrebkov K. O., Kryvko R. G., Zuzin E. P. CORROSION RESISTANCE OF MULTI-COMPONENT COATINGS BASED ON CHROME COMPONENT	96
9. Нестеренко С. В., Скрипинець А. В., Бафталовський Д. С. БАКТЕРИЦИДНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРАФЕНУ.....	97
10. Нестеренко С. В., Гайдамака Ю. В. ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ З ПРИРОДНОГО ГАЗА І СИНТЕЗ НА ЙОГО ОСНОВІ МЕТАНОЛУ	100
11. Kruglyak I. V., Stasevych O. O., Chuhno S. S., Orel V. G. CORROSION RESISTANCE OF COATINGS IN RESIN ENVIRONMENTS OF COKE CHEMICAL PRODUCTION.....	105
12. Sereda B. P., Udod A. M., Soroca D. V., Suslov I. V. CORROSION RESISTANCE OF CHROME PLATED COATINGS TESTED IN ACIDIC ENVIRONMENTS.....	107

**Секція 3. Енерго- та ресурсозберігаючі технології,
екологічний моніторинг та захист навколишнього середовища**

1. *Бабенко В. М., Косенкова І. Д.*
МОНІТОРИНГ ПРИРОДНИХ ВОД В ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАХИСТУ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА110
2. *Шагун Є. М., Чхеайло І. І.*
ЕКОЛОГІЧНА ЕТИКА І НОВА ПАРАДИГМА ВІДНОСИН ЛЮДИНИ
ТА ПРИРОДИ113
3. *Душкін С. С.*
ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОБЕЗПЕКОЮ
СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТ118
4. *Фалько Т. В., Саввова О. В., Луговой І. І., Шмітько Д. П.*
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ
ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ СКЛА.....122
5. *Куленко О. А.*
ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВНИХ
ВОЛОКОН У ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ126
6. *Середенко В. В.*
ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ131
7. *Нестеренко С. В., Скрипинець А. В., Владико О. О.*
ХІМІЧНО СТІЙКІ ЛАКОФАРБОВІ КОМПОЗИЦІЇ НА ОСНОВІ
ВІДХОДІВ ХІМІЧНОЇ ТА КОКСОХІМІЧНОЇ СИРОВИНИ133
8. *Булавіна Д. А., Саввова О. В.*
СОЛЬОВІ ПЛАВИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ:
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ.....135
9. *Klochko T., Strashnenko H., Vetrova A., Nosov K., Bepalov Yu.*
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ALTSHULER'S ALGORITHM FOR
DIAGNOSTICS OF BIOGENES ENTERING WATER140
10. *Гуріна Г. І., Яковенко С. Є., Косенко І. В.*
АКТУАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА
ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ.....144
11. *Івченко М. М.*
ВПЛИВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПОКРАЩЕННЯ
ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У МІСТІ ПОЛТАВА147
12. *Телюра Н. О., Семенов Д. С., Німець Н. М.*
ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНФОРМА-
ЦІЙНИХ СИСТЕМ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПІДТРИМКИ
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....150

13. Телюра Н. О., Коркуц М. С., Німець Н. М. РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ І РІШЕНЬ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ	152
14. Телюра Н. О., Завада М. Г., Німець Н. М. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ СИЛКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	154
15. Суліма Є. О., Мандрик О. М., Савцова О. В. ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У НАФТОГАЗОВІЙ ГАЛУЗІ З МЕТОЮ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД...	156
16. Христич М. О., Шабанова Г. М., Христич О. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕТРИВКИХ ЦЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ЛУЖНОЗЕМЕЛЬНИХ СПОЛУК.....	159
17. Гапон Ю. К. МОНІТОРИНГ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ У РАЗІ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНОГО ВИКИДУ ХЛОРУ	162

Секція 4. Інноваційні підходи та методи навчання у хімічній технології та інженерії

1. Луцюк І. В., Боровець З. І., Антонюк К. А., Шепінько А. І. ДУАЛЬНА ОСВІТА ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УКРАЇНИ.....	166
2. Бабіч О. В., Косенко І. В., Сахно В. С., Покроєва Я. О., Гожя М. М. СТУДЕНТОЦЕНТРОВАНИЙ ПІДХІД В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ G1 «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ».....	169
3. Хоменко О. С., Фоменко Г. В. ВНУТРІШНЯ АКАДЕМІЧНА МОБІЛЬНІСТЬ СТУДЕНТІВ В УКРАЇНІ: МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	171
4. Гуріна Г. І., Кот А. Г., Шаповал В. М. ПРАКТИКА ЯК СКЛАДОВА ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»	173
5. Фесенко О. І., Яковлева П. Є., Шалигіна О. В., Andriy Parsyehov, Тимощук І. В. ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ АСПЕКТІВ МІЖНАРОДНОЇ ОСВІТИ В РАМКАХ ВІТЧИЗНЯНИХ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ	178
6. Савцова О. В., Гордійчук В. М., Покроєва Я. О., Булавіна Д. А. ПРАКТИЧНА СКЛАДОВА НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІ- ФІКОВАНОГО ФАХІВЦЯ З ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЇ ..	182

7. Савцова О. В., Фесенко О. І., Бабіч О. В., Гордійчук В. М., Покроєва Я. О. РОЗВИТОК ОСВІТНІХ ПРОГРАМ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 161 ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ У ПОСТАКРЕДИТАЦІЙНИЙ ПЕРІОД.....	184
8. Зайцева І. С., Пилипенко О. І., Зіненко В. І., Халін В. П. ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ «LABSTER» ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН	190
9. Цапко Н. С., Хабарова Г. В., Божко Т. В., Васютинська К. А., Пономаренко Д. В. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ НАУКОВИХ КАДРІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ ЕКОЛОГІЯ	192

Електронне наукове видання

**БЕКЕТІВСЬКІ ХІМІЧНІ ЧИТАННЯ.
ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ**

МАТЕРІАЛИ

***Міжнародної науково-практичної
конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених***

12–14 лютого 2025 р.

*Матеріали конференції
наведено в авторській редакції мовою оригіналу*

Відповідальний за випуск *О. В. Саввова*

Технічний редактор *О. І. Пилипенко*

Дизайн обкладинки *Т. А. Лазуренко*

Підп. до друку. 11.03.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 11,6.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.