

**Міністерство освіти і науки України**  
**Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка**  
**Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського**  
**Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка**  
**Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини**  
**Рівненський державний гуманітарний університет**  
**Житомирський державний університет імені Івана Франка**  
**Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка**  
**Полтавська академія неперервної освіти ім. М. В. Остроградського**  
**Громадська організація «Майстерня освітніх інновацій ЛКО»**



## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«XIX ПОЛТАВСЬКІ ХІМІЧНІ ЧИТАННЯ»**

**18 – 19 березня 2026 року**

**Полтава 2026**

УДК 54(072)(09)(092).001

XIX Полтавські хімічні читання: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції, (Полтава, 18 – 19 березня 2026 р.) / М-во освіти і науки України, Полтав. нац. пед. ун-т ім. В. Г. Короленка [та ін.] – Полтава: Редакційно-видавничий відділ ПНПУ імені В. Г. Короленка. 2026. – 258 с.

У збірнику вміщено матеріали, присвячені сучасним проблемам хімічної науки та освіти, їхнього історичного розвитку: становлення та розвиток хімічної науки і промисловості; хімічна наука – сучасність, досягнення та перспективи; методика навчання хімії у закладах вищої, фахової передвищої та загальної середньої освіти; методичні підходи до навчання хімії у новій українській школі.

Видання адресоване науковим працівникам, викладачам і студентам вищих навчальних закладів, учителям і учням закладів загальної середньої освіти.

ISBN 978-966-2538-82-3

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

**Гриньова Марина Вікторівна** – доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Новописьменний Сергій Анатолійович** – кандидат педагогічних наук, доцент, професор кафедри біології та основ здоров'я людини, декан факультету природничих наук та менеджменту Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Стрижак Світлана Володимирівна** – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Шиян Надія Іванівна** – доктор педагогічних наук, професор кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Криворучко Аліна Валеріївна** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Кузнецова Тетяна Юріївна** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Куленко Олена Анатоліївна** – старший викладач кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Соловійов Веніамін Васильович** – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка.

**Шинкаренко Валентин Іванович** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Бедюх Вікторія Володимирівна** – завідувач навчальної лабораторії кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Деркач Анастасія Віталіївна** – старший лаборант кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

**Лоза Валентина Миколаївна** – старший лаборант кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

## **РЕЦЕНЗЕНТИ:**

*Шинкаренко Валентин Іванович* – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка.

*Крикунова Валентина Юхимівна* – кандидат хімічних наук, професор кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова Полтавського державного аграрного університету.

Друкується за ухвалою вченої ради Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка (протокол № 9 від 26 березня 2026 року).

**Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, правильність фактів та посилань несуть автори статей.**

# СЕКЦІЯ І

## ХІМІЧНА НАУКА: СУЧАСНІСТЬ, ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

### КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ НАПОЇВ МЕТОДАМИ ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛІЗУ

Агеєва Я. Д.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

У сучасних умовах зростання споживання енергетичних напоїв серед різних вікових груп населення особливої актуальності набуває проблема забезпечення їхньої якості та безпечності. Активна популяризація такої продукції, розширення асортименту та поява нових рецептур зумовлюють необхідність системного контролю хімічного складу, відповідності нормативним вимогам і заявленим виробником характеристикам. З огляду на вміст фізіологічно активних компонентів (кофеїну, таурину, глюкуронолактону, вітамінів групи В, цукрів або підсолоджувачів, барвників і консервантів) питання аналітичного контролю набуває не лише технологічного, а й соціально-гігієнічного значення.

Якість енергетичних напоїв визначається сукупністю фізико-хімічних показників, серед яких масова концентрація кофеїну, вміст цукрів, кислотність (рН), загальна кислотність, наявність синтетичних барвників і консервантів, а також відповідність маркування фактичному складу. Для їх оцінювання застосовують комплекс сучасних методів лабораторного аналізу: титриметричні, фотометричні, спектрофотометричні, хроматографічні та електрохімічні методики. Кожен із цих підходів має власні аналітичні можливості, межі чутливості, специфічність і сферу доцільного використання [1-7].

Особливого значення набуває методичне обґрунтування вибору аналітичних процедур з урахуванням доступності обладнання, відтворюваності результатів і відповідності чинним стандартам якості харчових продуктів. У цьому контексті важливо здійснити систематизацію та критичний аналіз існуючих методик лабораторного контролю, визначити їх переваги й обмеження, а також окреслити перспективи вдосконалення аналітичного забезпечення контролю енергетичних напоїв.

Метою цієї оглядової статті є узагальнення сучасних підходів до контролю якості енергетичних напоїв методами лабораторного аналізу, порівняння їх аналітичних характеристик та визначення оптимальних напрямів застосування в умовах навчальних лабораторій.

Контроль якості енергетичних напоїв в Україні здійснюється відповідно до вимог національних стандартів і технічних регламентів, що регламентують показники безпечності та якості безалкогольної продукції. Нормативна база визначає порядок відбору проб, умови транспортування та зберігання зразків, перелік обов'язкових показників, методи їх визначення, допустимі межі відхилень, а також правила інтерпретації результатів. Такий підхід забезпечує єдність аналітичних процедур, відтворюваність результатів та їх юридичну значущість у системі державного нагляду.

Відповідно до чинних стандартів, контроль охоплює органолептичні, фізико-хімічні та хімічні показники. До основних критеріїв належать зовнішній вигляд,

прозорість, колір, запах і смак; масова частка сухих речовин; активна та титрована кислотність; вміст діоксиду вуглецю (для газованих напоїв); концентрація фізіологічно активних компонентів, насамперед кофеїну. Дотримання встановлених нормативів гарантує стабільність рецептури, прогнозовані споживчі властивості, мікробіологічну стійкість і безпечність продукції для споживача [1-6].

Фізико-хімічні методи аналізу становлять основу об'єктивного контролю, оскільки забезпечують кількісну характеристику складу напою. Масову частку сухих речовин визначають рефрактометричним, ареометричним або гравіметричним методами. Рефрактометричний метод базується на залежності показника заломлення розчину від концентрації розчинених компонентів (переважно цукрів, органічних кислот та інших екстрактивних речовин) і є швидким та зручним для поточного виробничого контролю. Гравіметричний метод (висушування до постійної маси) відзначається вищою точністю, однак потребує більше часу та суворого дотримання умов сушіння, що зумовлює його застосування переважно для арбітражних визначень [3].

Кислотність напоїв оцінюють за двома взаємодоповнювальними показниками – активною (рН) та титрованою кислотністю. Титриметричний метод передбачає нейтралізацію органічних кислот стандартним розчином лугу з використанням індикатора або потенціометричної фіксації точки еквівалентності. Потенціометричний метод із застосуванням рН-метра дозволяє оперативно контролювати активну кислотність, що має істотне значення для формування смакових характеристик, стабільності барвників та консервантів, а також для забезпечення мікробіологічної безпеки продукції [5].

Вміст вуглекислого газу в газованих енергетичних напоях визначають методом дегазації з подальшим вимірюванням об'єму виділеного газу або зміни маси зразка. Точність визначення залежить від герметичності системи та температурних умов аналізу. Концентрація CO<sub>2</sub> впливає на органолептичні властивості (відчуття «свіжості», інтенсивність смаку), піноутворення та термін зберігання, тому цей показник є важливим індикатором стабільності технологічного процесу [6].

Особливе місце в системі контролю займає визначення кофеїну як основного функціонального інгредієнта енергетичних напоїв. Найбільш доступним у лабораторній практиці є спектрофотометричний метод після попередньої рідинно-рідинної екстракції. Методика передбачає переведення кофеїну з водної фази в органічний розчинник, що мінімізує вплив супутніх компонентів матриці, після чого концентрацію визначають за величиною оптичної густини в ультрафіолетовій області спектра. Кількісний розрахунок здійснюють за калібрувальним графіком або з використанням питомого коефіцієнта поглинання. Метод характеризується достатньою чутливістю, відносною простотою та можливістю реалізації в умовах навчальних лабораторій [7].

У сучасній аналітичній практиці дедалі ширше застосовують високоефективну рідинну хроматографію (ВЕРХ), яка забезпечує високу селективність, точність і можливість одночасного визначення кількох біологічно активних компонентів. Перевагою хроматографічних методів є мінімальний вплив матричних ефектів та висока відтворюваність результатів, однак їх використання потребує спеціалізованого обладнання, стандартизованих умов калібрування [2, 5-7].

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика методів контролю якості енергетичних напоїв.

№	Метод дослідження	Показник	Принцип методу	Переваги	Обмеження
1	Органолептичний	Зовнішній вигляд, колір, прозорість, запах, смак	Візуальна та сенсорна оцінка відповідності стандартам	Простота, швидкість, відсутність складного обладнання	Суб'єктивність оцінки, залежність від кваліфікації експерта
2	Рефрактометричний	Масова частка сухих речовин	Визначення показника заломлення розчину	Оперативність, простота виконання, придатність для поточного контролю	Менша точність порівняно з гравіметричним методом; вплив температури
3	Гравіметричний	Масова частка сухих речовин	Видалення вологи з наступним зважуванням сухого залишку	Висока точність, надійність результатів	Тривалість, трудомісткість, потреба в сушильному обладнанні
4	Титриметричний	Титрована кислотність	Нейтралізація органічних кислот стандартним розчином лугу	Доступність, достатня точність	Похибки при неправильному визначенні точки еквівалентності
5	Потенціометричний	Активна кислотність (рН)	Вимірювання електродного потенціалу в розчині	Швидкість, об'єктивність, висока відтворюваність	Необхідність калібрування електродів
6	Метод дегазації	Вміст CO <sub>2</sub>	Виділення та вимірювання об'єму або маси газу	Простота виконання	Залежність від температури та герметичності системи
7	Спектрофотометричний (після екстракції)	Вміст кофеїну	Вимірювання оптичної густини в УФ-області	Достатня чутливість, доступність, можливість застосування в навчальних лабораторіях	Вплив матричних компонентів, потреба в попередній екстракції

8	Високоєфективна рідинна хроматографія	Кофеїн та інші біологічно активні речовини	Розділення компонентів на хроматографічній колонці з детектуванням	Висока селективність і точність, можливість одночасного визначення кількох компонентів	Висока вартість обладнання, потреба у кваліфікованому персоналі
---	---------------------------------------	--	--	--	---

Порівняльний аналіз показує, що для ефективного контролю якості енергетичних напоїв доцільним є комплексне поєднання класичних хімічних та сучасних інструментальних методів. Експрес-методи (рефрактометрія, рН-метрія) забезпечують оперативний контроль, тоді як гравіметричні та хроматографічні методи доцільні для більш ретельного аналізу. Спектрофотометрія посідає проміжне місце, поєднуючи доступність та достатню аналітичну чутливість.

Таким чином, лабораторний аналіз є ключовою складовою системи забезпечення якості енергетичних напоїв. Комплексне поєднання органолептичних, класичних хімічних та інструментальних методів дозволяє здійснювати всебічну оцінку складу та властивостей продукції, своєчасно виявляти відхилення від нормативних показників і запобігати реалізації неякісної або небезпечної продукції.

Систематизація, методичне узагальнення та наукове обґрунтування аналітичних підходів сприяють удосконаленню системи контролю в харчовій галузі, підвищенню достовірності результатів досліджень і формуванню професійної компетентності фахівців у сфері хімічного контролю якості харчових продуктів.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ 4069:2016 Напої безалкогольні. Загальні технічні умови. Чинний від 2016-06-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 18 с.
2. ДСТУ 7099:2021 Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення органолептичних показників, об'єму продукції та герметичності закупорювання. Чинний від 2023-03-05. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 20 с.
3. ДСТУ 4855:2007 Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення сухих речовин. Чинний від 2009-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 10 с.
4. ДСТУ 4856:2007 Продукція безалкогольної промисловості. Правила приймання та методи відбирання проб. Чинний від 2009-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 12 с.
5. ДСТУ 7102:2009 Продукція безалкогольної промисловості. Метод визначення кислотності. Чинний від 2011-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 8 с.
6. ДСТУ 7138:2009 Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення діоксиду вуглецю. Чинний від 2011-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 12 с.
7. Yazid E. A., Wafi A., Wulandari A. E. Spectrophotometric methods for the determination of caffeine in beverages // Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry. 2013. Vol. 2, № 6. P. 341–347.

# ФЛАВАНОЇДИ: ДОСЯГНЕННЯ ХІМІЧНОЇ НАУКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Безпалько А. С.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Флаваноїди - це різноманітна група поліфенольних сполук, які містяться в різних фруктах, овочах, чаї, червоному вині та інших продуктах рослинного походження. Вони створюють яскраві кольори багатьох фруктів і квітів.

Фенольні сполуки – найбільш поширений клас біологічно активних речовин рослинного походження. У 1989 році Харборн ввів термін «феноли» (Harborne, 1989), що об'єднує групу ідентифікованих хімічних сполук, у молекулі яких наявне ароматичне кільце, пов'язане з однією або кількома гідроксильними групами.

Розшифровано будову 8000 флаваноїдів структури класифікації. За будовою вуглецевого скелету феноли поділяють на:

- C<sub>6</sub> – прості феноли, бензохінон;
- C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> – фенольні кислоти, похідні бензойної кислоти;
- C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub> – ацетофенон, фенілоцтова кислота;
- C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> – гідроксикоричні кислоти, кумарини, фенілпропани, хромони;
- C<sub>6</sub>-C<sub>4</sub> – нафтохінони;
- C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> – ксантони;
- C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> – стильбени, антрахінони;
- C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> – флаваноїди, ізофлаваноїди;
- (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – лігнани, неолігнани;
- (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)<sub>2</sub> – біофлаваноїди;
- (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)<sub>n</sub> – лігніни;
- (C<sub>6</sub>)<sub>n</sub> – катехіни, меланіни,
- (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)<sub>n</sub> – конденсовані дубильні речовини.

Вивчення біологічної активності. Багато флаваноїдів, а саме дигідрокверцетин, дигідрофісетин, лейкоціанідин, пеларгонідин хлорид і катехін, виявляють активність проти кількох типів вірусів, включаючи ВПГ, респіраторно-синцитіальний вірус, вірус поліомієліту та вірус Сіндбіса. Інгібування вірусної полімерази та зв'язування вірусної нуклеїнової кислоти або білків вірусного капсиду були запропоновані як противірусні механізми дії.

Низка флаваноїдів, таких як гесперидин, апігенін, лютеолін і кверцетин, мають протизапальну та знеболювальну дію. Флаваноїди можуть впливати конкретно на функцію ферментних систем, критично залучених у генерацію запальних процесів, особливо тирозин- і серин/треонін-протеїнкінази. Інгібування кіназ відбувається за рахунок конкурентного зв'язування флаваноїдів з АТФ у каталітичних центрах ферментів. Ці ферменти беруть участь у передачі сигналу та процесах активації клітин, в задіяні клітини імунної системи.

Синтез флаваноїдів. Дезамінування фенілаланіну. Під дією ферменту фенілаланін-аміак-ліази фенілаланін перетворюється на коричну кислоту. Гідроксилування коричної кислоти. За участю ферменту циннамат-4-гідроксилази утворюється п-кумарова кислота. Активація п-кумарової кислоти. За участю п-кумароїл-КоА-ліази формується п-кумароїл-КоА, який є ключовим попередником у біосинтезі флаваноїдів.

Конденсація з малоніл-КоА. Три молекули малоніл-КоА конденсуються з однією молекулою п-кумароїл-КоА під дією ферменту халконсинтази, утворюючи халкон – основний попередник усіх флавоноїдів.

Циклізація халкону. Фермент халкон-ізомераза каталізує ізомеризацію халкону у флаванон (нарингенин). Подальші перетворення. Флаванони зазнають різних ферментативних модифікацій – гідроксилування, метилування, глікозилування та ацилювання, – у результаті чого утворюються інші класи флавоноїдів: флаволи, флавоноли, антоціани, ізофлаволи, катехіни.

Широке застосування і актуальність флавоноїдів. Фенольні сполуки – найбільш розповсюджені вторинні метаболіти рослин, які, маючи низьку токсичність, позитивно впливають на фізіологічні процеси в організмі людини, підвищуючи його резистентність. За біологічною активністю, поширенням, перспективністю застосування серед фенолів виділено три групи сполук – фенольні кислоти, флавоноїди, поліфеноли. Нині найбільш перспективним напрямом прикладних досліджень є вивчення антиоксидантних, антибактеріальних, цитотоксичних, нейротоксичних властивостей фенольних сполук з метою отримання екологічно безпечних препаратів природного походження для фармацевтичної, харчової, сільськогосподарської промисловості. Пошук нових джерел фенольних сполук рослинного походження може бути ефективною, екологічно та економічно вигідною альтернативою їхнім синтетичним аналогам.

#### **Список використаних джерел**

1. Quercetin oxidation metabolite present in onion peel protects caco-2 cells against the oxidative stress, NF-kB activation, and loss of epithelial barrier function induced by NSAIDs / J. Fuentes et al. J. Agric. Food Chem., 2021. 69, P. 2157–2167
2. Войцехівська Олена Василівна, ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, вул. Володимирська 64, Київ, 01033;
3. Alvares-Jubete L., Wijngaard H., Arend E.K., Gallagher E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking // Food Chem. - 2010. – V. 119. – P. 770-778. Aoki T., Akashi T., Aya

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ ТА ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ СУЛЬФУРОВМІСНИХ СПОЛУК У НАФТОПРОДУКТАХ**

**Бедюх В. М., Шинкаренко В. І.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Кількісне визначення та ідентифікація сульфуровмісних сполук у нафтопродуктах є однією з фундаментальних задач сучасної нафтохімії, оскільки присутність Сульфуру суттєво детермінує експлуатаційні, екологічні та антикорозійні властивості вуглеводневих палив. Сірка присутня в нафтовій сировині у вигляді широкого спектру органічних сполук, включаючи меркаптани (тіоли), аліфатичні та циклічні сульфіді, дисульфіді, а також складні гетероциклічні структури, такі як тіофени, бензотіофени та їхні алкілпохідні. З точки зору хімічної кінетики, наявність сірчистих компонентів у світлих нафтопродуктах є критичним фактором, що ініціює отруєння дороговісних металевих каталізаторів (зокрема платинових та паладієвих) під час процесів риформінгу та ізомеризації [1]. Хімізм деактивації каталізаторів полягає в утворенні стійких поверхневих сульфідів

металів, що призводить до незворотної втрати активних центрів адсорбції вуглеводнів. Крім того, при згорянні сульфуровмісних палив утворюються оксиди сірки, які не лише спричиняють деградацію каталітичних нейтралізаторів вихлопних газів, а й є основними прекурсорами кислотних опадів, що зумовлює жорсткі обмеження вмісту загальної сірки в паливах стандартів Euro-5 та Euro-6 на рівні не більше 10 мг/кг.

Методологічна база дослідження кількісного вмісту Сульфуру базується на поєднанні класичних аналітичних методів та сучасних інструментальних підходів, таких як рентгенофлуоресцентна спектрометрія, ультрафіолетова флуоресценція та мікрокулонометрія. Для глибокого аналізу індивідуального складу сірчистих сполук застосовується газова хроматографія з використанням специфічних детекторів, зокрема хемілюмінесцентного (SCD) або фотометричного полум'яного (FPD), що дозволяє ідентифікувати компоненти в ультранизьких концентраціях на тлі складного вуглеводневого матриксу. Процес аналізу вимагає врахування хімічної стабільності тіолів, які здатні до окиснення з утворенням дисульфідів безпосередньо в процесі відбору проб, що може спотворювати результати диференційованого визначення сірки [2]. Використання мікрокулонометричного методу дозволяє проводити високоточне вимірювання шляхом спалювання нафтопродукту в потоці кисню з подальшим титруванням утвореного діоксиду сірки іонами йоду, генерованими електрохімічно. Цей метод характеризується високою селективністю та мінімальним порогом виявлення, що є критичним для моніторингу процесів гідроочищення вуглеводневих фракцій.

Хімічна реакційна здатність сульфуровмісних сполук суттєво відрізняється залежно від їхньої молекулярної структури, що безпосередньо впливає на складність процесів десульфуризації. Наприклад, аліфатичні меркаптани та сульфідиди легко піддаються гідрогенолізу на алюмо-кобальт-молібденових каталізаторах, перетворюючись на відповідні вуглеводні та сірководень за відносно м'яких умов [4]. Натомість стерично утруднені структури, такі як 4,6-діалкілдибензотіофени, проявляють надзвичайну хімічну інертність через екранування атома Сульфуру алкільними замісниками, що перешкоджає їхній адсорбції на активних центрах каталізатора. Хімізм окисної десульфуризації, що розглядається як альтернатива гідроочищенню, базується на селективному перетворенні сірчистих сполук у відповідні сульфоксиди та сульфони під дією пероксиду водню або органічних надкислот. Отримані полярні продукти легко видаляються з неполярного нафтопродукту шляхом рідинної екстракції або адсорбції, що дозволяє досягати глибокого очищення без використання високих тисків водню.

Загальний вплив сірчистих сполук на фізико-хімічні властивості нафтопродуктів проявляється також у зміні їхньої термоокиснювальної стабільності та схильності до утворення відкладень. Продукти часткового окиснення сірки можуть виступати як ініціатори радикально-ланцюгових реакцій полімеризації ненасичених вуглеводнів, що призводить до потемніння палив та випадання осаду при тривалому зберіганні [3]. З іншого боку, деякі типи природних сульфідидів можуть проявляти інгібуючу дію, зв'язуючи вільні радикали, проте їхня негативна роль у корозійних процесах (особливо меркаптанової сірки щодо кольорових металів) нівелює цей позитивний ефект. Таким чином, комплексне дослідження кількісного та якісного складу сполук Сульфуру є невід'ємною частиною хімічного контролю якості нафтопродуктів. Розвиток нових аналітичних стратегій, спрямованих на експрес-визначення вмісту сірки безпосередньо в потоці виробництва, є ключовим фактором підвищення екологічної безпеки енергоносіїв та продовження ресурсу роботи двигунів внутрішнього згорання.

### Список використаних джерел

1. Shi Q., Wu J. Review on sulfur compounds in petroleum and its products: state-of-the-art and perspectives. *Energy & fuels*. 2021. Vol. 35, no. 18. P. 14445–14461. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c02229> (date of access: 23.01.2026).
2. Vetere A., Pröfrock D., Schrader W. Qualitative and quantitative evaluation of sulfur-containing compound types in heavy crude oil and its fractions. *Energy & fuels*. 2021. Vol. 35, no. 10. P. 8723–8732. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c00491> (date of access: 23.01.2026).
3. Білінський Й. Й., Городецька О. С., Кротевич В. В. Огляд методів визначення вмісту сірки в нафтопродуктах. *НаукПраці ВНТУ*. 2014. Т. 3.
4. Бойченко С. В. Екологічні аспекти визначення вмісту сірки в нафтопродуктах / С. В. Бойченко, В. Ф. Новікова, В. М. Турчак, Т. В. Медведєва // Вісник НАУ. – 2010. – №1. – С. 219 – 222.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ЙМОВІРНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ПОХІДНИХ 1,2,4-ОКСОДІАЗОЛ-5-АМІНУ

<sup>1</sup>Бондар О. С., <sup>1</sup>Журмакова І. М., <sup>2</sup>Макей О. П.

<sup>1</sup>Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка

<sup>2</sup>ТОВ НВП «Укроргсинтез»

Значна кількість діючих речовин фармакологічних препаратів є нітрогеновмісними гетероциклічними сполуками, в тому числі похідними 1,2,4-оксадіазолу. На основі скаффолду 1,2,4-оксадіазолу розроблені комерційно доступні лікарські препарати Аталурен (для лікування м'язової дистрофії Дюшенна), протикашлеві препарати Оксоламін та Преноксдіазин, анксиолітик Фазіплон, спазмолітик Проксазол, вазоділататор Буталамін та ін [1].

При цьому 1,2,4-оксадіазольний цикл залишається привабливим фрагментом для пошуку нових фармакологічно активних форм. В дослідженні [2] показано, що введення різних замісників та здійснення структурних модифікацій оксадіазольного циклу може впливати на його фармакокінетичні та фармакодинамічні показники, що дозволяє розробляти селективні лікарські засоби.

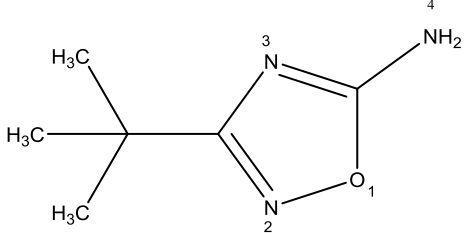
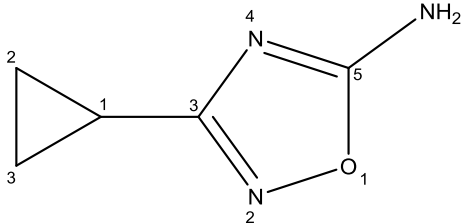
Об'єктами дослідження є похідні 1,2,4-оксадіазол-5-аміни (табл. 1.). За допомогою програми SwissTargetPrediction здійснювалася оцінка фармакокінетичних параметрів. Віртуальний скринінг ймовірних білкових мішеней проведено за допомогою онлайн-ресурсу Galaxy Web Sagittarius, молекулярний докінг – ресурсу Webina 1.0.5. Інформацію про кристалічну структуру білків взято з Protein Data Bank (<https://www.rcsb.org/>). Перед проведенням розрахунків з рентгено-структурного кристалу ферменту вилучено молекули води та лігандів, додано атоми Гідрогену. Для достатнього охоплення області сайту зв'язування ферменту розмір сітки поля для зв'язування становив 20Å × 20Å × 20Å. Візуалізацію результатів та аналіз білок-лігандних взаємодій проведено за допомогою Discovery Studio Visualizer v25.1.0. (Dassault Systemes Biova Corp). Для аналізу обрано конформації лігандів, з RMSD не більше 2Å.

Розподіл електронних зарядів на атомах молекул та енергетичні характеристики молекул розраховували за допомогою програми Chem3D (ChemOffice,

PerkinElmerInformatics Inc.) Оптимізацію геометрії молекули проводили за методом MM2 (minimum RMS gradient = 0.010, step interval = 2, frame interval = 10, target temperature = 300 K; parameter quality: all parameters used are finalized; job type: minimize energy to minimum RMS gradient of 0.010 display every iteration). За різницею енергій вищої зайнятої ( $E_{\text{HOMO}}$ ) та нижньої вакантної ( $E_{\text{LUMO}}$ ) молекулярних орбіталей розраховували величину «енергетичної щілини» ( $E_{\text{HOMO}} - E_{\text{LUMO}}$ ).

Таблиця 1.

Досліджені 1,2,4-оксодіазол-5-аміни.

№	Структурна формула	Назва сполуки
<b>1</b>		3-(третбутил)-1,2,4-оксодіазол-5-амін
<b>2</b>		3-(циклопропіл)-1,2,4-оксодіазол-5-амін

Важливою складовою прогнозування фармакологічної активності речовин є розрахунок квантово-хімічних параметрів (табл. 2). Позитивне значення енергії нижньої вакантної молекулярної орбіталі вказує на нуклеофільні властивості молекул. Величина енергетичної щілини у понад 1 еВ, вказує на здатність виступати жорстким реагентом згідно теорії ТМКО Пірсона та високу реакційну активність молекул.

Таблиця 2.

Квантово-хімічні дескриптори 1,2,4-оксодіазол-5-амінів.

Сполука	$E_{\text{HOMO}}$ , еВ	$E_{\text{LUMO}}$ , еВ	$\Delta E$ , еВ	Величина заряду на атомах			
				O <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	N <sup>3</sup>	N <sup>4</sup>
<b>1</b>	-9,016	6,172	15,188	0,0107	-0,400	-0,596	0,0518
<b>2</b>	-8,698	5,428	14,126	0,0120	-0,401	-0,596	0,0501

Можливими реакційними центрами молекул можуть бути гетероатоми оксодіазольного циклу, а також атом Нітрогену аміногрупи. Електроноацепторними центрами молекул можуть бути атом Оксигену гетероциклічної системи та атом Нітрогену аміногрупи. Атоми Нітрогену оксодіазольного циклу можуть брати участь в електроноакцепторних взаємодіях.

Прогнозування фармакокінетичних параметрів молекул за даними онлайн-ресурсу SwissTargetPrediction показало відповідність формул обох сполук правилу Ліпінського. Окрім того, ці речовини мають високу здатність до адсорбції у шлунково-кишковому

тракті. Досліджені похідні 1,2,4-оксодіазолу не проявляють здатність до зв'язування з ізоформами цитохрому P450 CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, CYP2D6 та CYP3A4, що може вказувати на виведення речовин з організму без участі печінки.

Для похідних 1,2,4-оксодіазол-5-амінів було виявлено понад 20 вірогідних білків-мішеней з високою ймовірністю зв'язування. Для сполуки **1** вірогідне утворення білок-лігандних комплексів з молекулами Peptidyl-prolyl cis-trans isomerase A, Histone acetyltransferase KAT2B, cAMP and cAMP-inhibited cGMP 3',5'-cyclic phosphodiesterase 10A, Oxidized purine nucleoside triphosphate hydrolase, Glutaminyl-peptide cyclotransferase-like protein. Для сполуки **2** вірогідне утворення білок-лігандних комплексів з молекулами Oxidized purine nucleoside triphosphate hydrolase, cAMP and cAMP-inhibited cGMP 3',5'-cyclic phosphodiesterase 10A, cGMP-dependent 3',5'-cyclic phosphodiesterase, Hepatocyte growth factor.

Для обох сполук високою є ймовірність зв'язування з Peptidyl-prolyl cis-trans isomerase A (PDB ID 5now). Аналіз докінгових взаємодій показав утворення білок-лігандних комплексів за участю молекул 1,2,4-оксодіазол-5-амінів відбувається переважно за участі електронної густини гетероциклічної системи (рис.). Електронна густина оксодіазольного циклу може утворювати з LYS82  $\pi$ -катионо-донорний водневий зв'язок за участю атома Нітрогену та  $\pi$ -алкільного зв'язку. Атоми Гідрогену аміногрупи утворюють звичайні водневі зв'язки з GLU81 та GLU75. Для сполуки **1** додатково вірогідна алкільна взаємодія з ALA103 за участю одного з атомів Карбону *трет*-бутильного замісника. Енергія комплексоутворення сполук **1** та **2** з активним сайтом білку становила -10,593 та -10,132 ккал/моль відповідно.

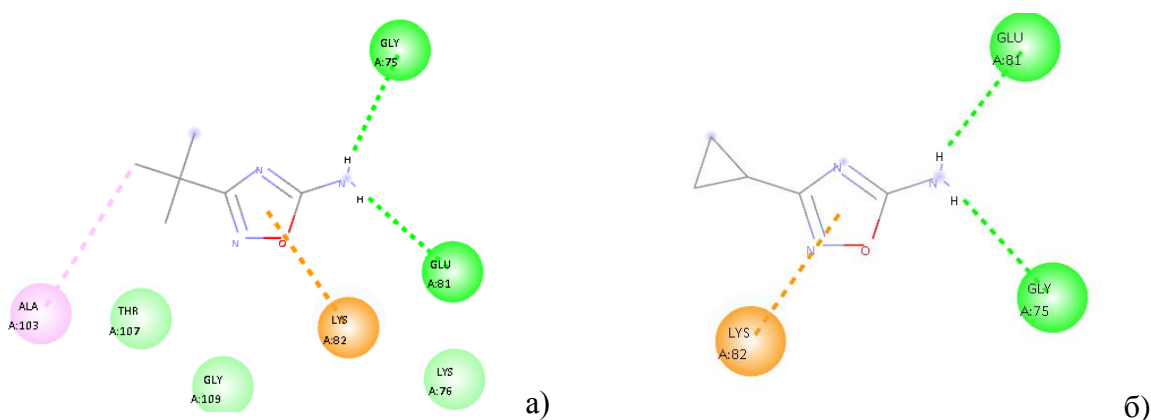


Рис. Схема утворення білок-лігандних комплексів активного центру циклофіліну А (з похідними 1,2,4-оксодіазол-5-аміну: а) сполука **1** б) сполука **2**.

Таким чином досліджені похідні 1,2,4-оксодіазол-5-аміну є перспективними для подальших досліджень *invitro* та *invivo* з дотриманням сучасних вимог біоетики

#### Список використаних джерел

1. Novel 1,2,4-Oxadiazole Derivatives in Drug Discovery / K. Biernacki, M. Dako, O. Ciupak, et al. Pharmaceuticals (Basel). 2020. Vol. 29, №13(6). 111. <https://doi.org/10.3390/ph13060111>

2. 1,2,4-Oxadiazoles in medicinal chemistry: trends of the last years / A. Cherkasova, R. Astolfi, M. Nawrozki, et al. European Journal of Medicinal Chemistry. 2025. Vol. 297, №5. 117935. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2025.117935>

## **RGB-АНАЛІЗ І МОЛЕКУЛЯРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ КАВОВИХ ЗЕРЕН *COFFEA* *ARABICA***

**<sup>1</sup>Бохан Ю. В., <sup>2</sup>Кормош Ж. О.**

<sup>1</sup>Херсонський державний аграрно-економічний університет

<sup>2</sup>Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

Глобальна кавова промисловість характеризується широким спектром класів якості кави, серед яких спеціальна кава (specialty coffee) займає найвищу позицію. Упродовж останніх років ринок спеціальної кави демонструє стабільне зростання: за оцінками міжнародних аналітичних агентств, глобальний обсяг цього сегмента у 2024 році перевищив 100 млрд доларів США. Значне зростання попиту зафіксовано у США, де споживання спеціальної кави у 2024 році зросло більш ніж на 80 % порівняно з 2011 роком, що відображає загальносвітову тенденцію переходу споживачів до продукції з вищими органолептичними характеристиками. Основним чинником зростання попиту є унікальний смаковий і ароматичний профіль спеціальної кави, який чітко відрізняє її від преміум- та комерційних сортів [1].

Подібні тенденції спостерігаються й в Україні, де за останнє десятиліття відбулося суттєве зростання культури споживання кави. Український кавовий ринок активно розвивається за рахунок збільшення кількості спеціалізованих кав'ярень, обсмажувальних виробництв та зростання обізнаності споживачів щодо походження, якості та сенсорних властивостей кави. Особливо помітним є підвищення попиту на спеціальну каву з *Coffea arabica*, що зумовлено орієнтацією споживачів на високу якість, стабільність смаку та прозорість виробничого ланцюга.

Спеціальна кава, виготовлена з *Coffea arabica*, вважається найякіснішою завдяки її вищому смаковому потенціалу порівняно з іншими видами, такими як *Coffea canephora* або *Coffea liberica*. Водночас виробництво кави спеціального сорту потребує суворого багаторівневого процесу оцінювання, який включає фізичну інспекцію зерен і сенсорний аналіз (cupping). Згідно зі стандартами Specialty Coffee Association, для віднесення кави до категорії specialty зерна повинні отримати не менше 80 балів за 100-бальною шкалою. Таким чином, спеціальна кава визначається як продукт із чітко вираженим смаком та ароматом і мінімальною кількістю дефектів [1,2].

Ключовим етапом оцінки якості є грейдінг зелених (необсмажених) зерен, оскільки фізичні дефекти безпосередньо впливають на кінцеві органолептичні властивості напою. Під час грейдінгу зерна перевіряють на наявність первинних дефектів (повністю чорні або кислі зерна, сторонні вclusions) та вторинних дефектів (пошкодження оболонки, розломи, ураження комахами). Додатково враховується однорідність форми та кольору зерен, які є важливими індикаторами якості та стабільності обсмаження. Через складність і трудомісткість ручного сортування частка спеціальної кави у світовому виробництві залишається обмеженою, а її реалізація здійснюється переважно через спеціалізовані канали збуту за вищою ціною [2].

Метою дослідження є наукове обґрунтування кількісної оцінки якості кавових зерен *Coffea arabica* шляхом поєднання RGB-аналізу поверхні зерен та молекулярного моделювання їх структури у VESTA [3]. Дослідження спрямоване на встановлення зв'язку між змінами кольорових параметрів при різному ступені обсмаження та мікроструктурними й біохімічними трансформаціями, насамперед поліфенольних сполук, з метою формування об'єктивних критеріїв контролю якості та стабільності спеціальної кави.

У межах даного дослідження було виконано молекулярне моделювання деревини та зерен *Coffea arabica* з використанням програмного середовища VESTA [3].

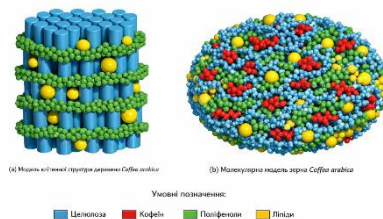


Рис.1. Модель клітинної структури деревини (а) та молекулярна модель зерна *Coffea arabica* (б) з візуалізацією основних біохімічних компонентів.

Деревинна тканина моделювалася на рівні целюлозних фібрил із урахуванням міжклітинних прошарків пектину та ліпідів, що дозволило візуалізувати просторовий каркас клітин і встановити взаємозв'язок між текстурою деревини та формуванням зерна (рис.1).

Молекулярна модель зерна була створена з максимальною деталізацією та включала целюлозні ланцюги як структурну основу, а також молекули кофеїну, поліфенолів і ліпідів, які формують внутрішню архітектуру зерна. Для підвищення наочності всі структурні компоненти були закодовані кольорами: целюлоза — блакитна, кофеїн — червоний, поліфеноли — зелений, ліпіди — жовті. Застосування VESTA дало змогу аналізувати внутрішню будову зерна, характер взаємодії його компонентів та оцінювати можливі структурні зміни під впливом обсмаження (рис.1) .

Додатково для оцінки внутрішньої організації зерен виконано молекулярне моделювання кристалічної структури кофеїну з використанням даних Crystallography Open Database у програмному середовищі VESTA (рис.2).

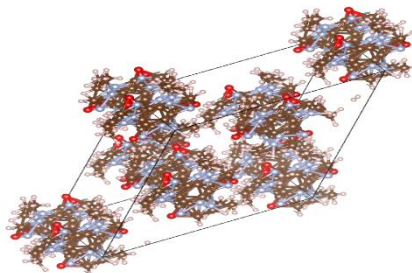


Рис. 2. Молекулярна модель кристалічної структури кофеїну у VESTA з візуалізацією просторового розташування молекул у зерні *Coffea arabica*.

Візуалізація показала, що молекули кофеїну в твердому стані утворюють щільну, регулярну тривимірну кристалічну ґратку з характерним упорядкуванням, де молекули розташовані у вигляді перекритих  $\pi$ - $\pi$  взаємодій ароматичних кілець, що забезпечує стабільність структури та визначає фізико-хімічні властивості зерна. Просторовий розподіл молекул відображає закономірності упаковки та взаємодії кофеїну з поліфенолами і ліпідами, що формують внутрішню архітектуру зерна. Модель дозволяє чітко відокремити кристалічні зони кофеїну від аморфних шарів поліфенольних сполук та ліпідів, а також оцінити потенційні канали для дифузії та проникнення кисню під час термічної обробки.

Цифрову оцінку якості зерен здійснювали на основі аддитивної кольорової моделі RGB (Red, Green, Blue), яка дозволяє кількісно описати кольорові характеристики поверхні зерен за рахунок аналізу інтенсивності основних кольорових каналів. Компоненти R, G та B використовувалися як числові ознаки, що відображають ступінь обсмаження, однорідність кольору та наявність дефектів. Кожне зерно описувалося числовими значеннями інтенсивності червоного (R), зеленого (G) та синього (B) каналів, які відображають особливості кольору поверхні та ступінь однорідності забарвлення. Отримані RGB-дані (табл.1) були використані для порівняльного аналізу зерен різних класів якості.

Таблиця 1.

Середні значення кольорових параметрів зображень кавових зерен у аддитивній моделі RGB ( $p < 0,05$ ).

Найменування зразка	R	G	B
Недожарені кавові зерна	0,32 ± 0,05	0,24 ± 0,04	0,16 ± 0,03
Пережарені кавові зерна	0,45 ± 0,08	0,29 ± 0,05	0,19 ± 0,04
Кавові зерна стандартної обсмажки	0,48 ± 0,07	0,32 ± 0,05	0,21 ± 0,03

Підвищення червоного каналу (R) корелює з руйнуванням поліфенольних ланцюгів та частковим окисненням ароматичних кілець кофеїну, тоді як зміни G і B відображають менш помітні трансформації структури та розподіл компонентів. Візуалізація тривимірної кристалічної організації кофеїну дозволяє інтерпретувати RGB-параметри як індикатори внутрішніх структурних змін під час обсмаження, формуючи об'єктивну основу для контролю якості кави *Coffea arabica*.

Для оцінки впливу ступеня обсмаження на колір зерен застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) за середніми значеннями каналів R, G та B. Результати показали статистично достовірний вплив обсмаження на всі компоненти ( $p < 0,05$ ), з найбільшою чутливістю червоного каналу (R), тоді як зміни G і B були менш виражені. Пост-хок аналіз (тест Тьюкі) підтвердив достовірні відмінності між недожареними, стандартно обсмаженими та пережареними зернами за більшістю кольорових показників.

Інтерпретація даних показала, що зміни каналів RGB корелюють із структурними трансформаціями поліфенольних сполук у поверхневих шарах зерна: зі зростанням обсмаження відбувається часткове руйнування поліфенольних ланцюгів, окиснення ароматичних кілець та перерозподіл поліфенолів, що впливає на інтенсивність R і G каналів, тоді як B-канал змінюється менш помітно. Поєднання RGB-аналізу з молекулярним моделюванням у VESTA дозволяє встановити причинно-наслідковий

зв'язок між оптичними характеристиками поверхні зерна та біохімічними процесами всередині нього, візуалізувати просторову організацію целюлозного каркаса та розподіл ключових компонентів (поліфеноли, кофеїн, ліпіди) і формує об'єктивну основу для кількісної оцінки якості кавових зерен *Coffea arabica*. Результати ANOVA підтвердили статистично достовірний вплив термічної обробки на всі кольорові компоненти ( $p < 0,05$ ), з найбільшою чутливістю червоного каналу, що робить RGB-модель надійним і відтворюваним інструментом контролю якості, доповнюючи традиційні методи фізичної та сенсорної оцінки. Перспективи дослідження полягають у подальшому поєднанні цифрового RGB-аналізу та молекулярного моделювання для створення швидких, об'єктивних і відтворюваних методів кількісного контролю якості кавових зерен *Coffea arabica*.

#### Список використаних джерел.

1. Traore, T. M., Wilson, N. L. W., & Fields III, D. *What Explains Specialty Coffee Quality Scores and Prices: A Case Study from the Cup of Excellence Program*. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 50(3), 349–368 (2018). <https://doi.org/10.1017/aae.2018.5>
2. Santoso, I., Yuanita, E. A., & Karomah, R. *Application of digital image processing method for roasted coffee bean quality identification: a systematic literature review*. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development (AJFAND)*, 24(01), 25264–25287 (2024). <https://doi.org/10.22004/ag.econ.340616>
3. VESTA [Computer software]. (n.d.). <https://jp-minerals.org/vesta/en/>

## СКЛАДНООКСИДНІ НАНОМАТЕРІАЛИ ЗІ СТРУКТУРОЮ ШПІНЕЛІ

Василевська В. В., Руденко А. Б., Камінський О. М., Кучерук С. В., Денисюк Р. О.  
Житомирський державний університет імені Івана Франка

Складнооксидні наноматеріали зі шпінельною структурою становлять клас хімічних сполук, до якого належать шпінелі, ферити та хроміти загальної формули  $AB_2O_4$ , а також гранати типу  $A_3Fe_5O_{12}$ , де А і В відповідають іонам двох- та тривалентних металів. Для цих матеріалів характерні висока термічна й хімічна стабільність, а також широкий спектр фізичних властивостей, зокрема магнітні та електропровідні характеристики, значна питома поверхня, адсорбційна активність і каталітичні властивості. Завдяки цьому вони розглядаються як перспективні матеріали для різноманітних промислових застосувань, включно з каталізом, створенням оптичних сенсорів і феромагнітних систем [1-2].

Зокрема, ферити є складнооксидними сполуками із загальною формулою  $MFe_2O_4$ , де М зазвичай є двовалентним іоном металу, таким як Cu(II), Zn(II), Mg(II), Ni(II), Fe(II), Co(II) або Mn(II). Магнітом'які ферити кристалізуються в кубічній кристалічній системі та мають шпінельну структуру, аналогічну природному мінералу  $MgAl_2O_4$ .

На прикладі зазначених сполук доцільно розглянути основні закономірності формування магнітних властивостей феримагнетиків. У роботах [3-4] показано, що наявність і характер магнітних властивостей зумовлюються кристалічною будовою матеріалів, зокрема розподілом іонів двовалентних металів і іонів Феруму серед іонів Оксигену. Елементарна комірка шпінелі має форму куба і містить вісім структурних

одиниць типу  $\text{MeFe}_2\text{O}_4$ , що відповідає 32 іонам Оксигену, 16 іонам тривалентного Феруму та 8 іонам двовалентного металу. При цьому в елементарній комірці потенційно можуть бути зайняті 8 тетраедричних (c) та 16 октаедричних (b) міжвузлових позицій (рис. 1.1).

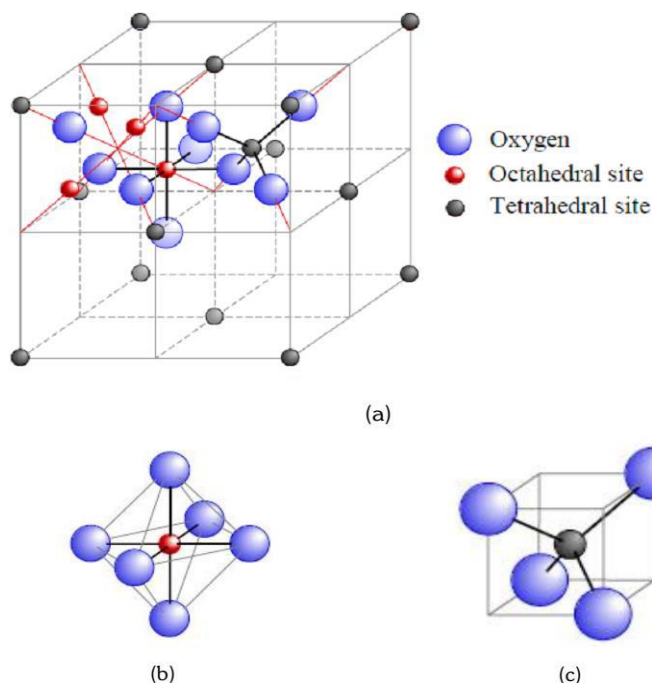


Рис.1.1. Елементарна комірка шпінелі  $\text{AB}_2\text{O}_4$ . Для спрощення показана тільки передня частина комірки.

Зокрема, нікелевий ферит належить до зворотних шпінелей, у яких елементарна комірка містить вісім формульних одиниць  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ . При цьому половина іонів Феруму локалізується в тетраедричних позиціях (А-підгратка), тоді як інша половина разом з іонами  $\text{Ni}^{2+}$  займає октаедричні позиції (В-підгратка). Відповідно, кристалічну структуру нікелевого фериту можна подати формулою  $(\text{Fe}^{3+})_A(\text{Ni}^{2+}\text{Fe}^{3+})_B\text{O}_4$ , де А та В відповідають тетраедричним і октаедричним міжвузловим позиціям відповідно [5].

Електричні та магнітні властивості  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  значною мірою залежать від природи іонів металів, їх валентного стану та просторового розподілу в кристалічній ґратці. Нікелевий ферит виявляє феромагнітні властивості, які зумовлені наявністю результуючого магнітного моменту, що виникає внаслідок антипаралельної орієнтації спінів між іонами  $\text{Fe}^{3+}$ , розміщеними в А-позиціях, та іонами  $\text{Ni}^{2+}$  у В-позиціях [6].

Покращення хімічного складу сипучих матеріалів є одним із ключових чинників, що визначають їхню якість. Водночас, поряд із хімічним складом, вирішальну роль у формуванні властивостей наноматеріалів відіграють розміри частинок і їх морфологічні характеристики [7].

#### Список використаних джерел

1. Fardood S. T., Ramazani A., Moradi S. Green synthesis of Ni–Cu–Mg ferrite nanoparticles using tragacanth gum and their use as an efficient catalyst for the synthesis of polyhydroquinoline

- derivatives. *J. Sol-Gel Sci Technol.* 2017. Vol. 82. P. 432-439. <https://doi.org/10.1007/s10971-017-4310-6>.
2. Ali Z., Luma A., Rajaa M. Synthesis of Inverse Spinel Nickel Ferrite Like-Broccoli Nanoparticle and Thermodynamic Study of Photo-decolorization of Alkali Blue 4B dye. *Journal of Nanostructures.* 2022. Vol. 12. P. 697-710. <https://doi.org/10.22052/JNS.2022.03.022>.
  3. Cullity B. D., Graham C. D. Introduction to Magnetic Materials. *Second Edition.* 2009. 550 p. (ISBN 978-0-471-47741-9). [http://www2.fisica.unlp.edu.ar/magnet/Cullity\\_Graham.pdf](http://www2.fisica.unlp.edu.ar/magnet/Cullity_Graham.pdf).
  4. Aharoni A. Introduction to the Theory of Ferromagnetism. Oxford science publications. *Clarendon Press.* 2000. P. 319.
  5. Tatarchuk T., Bououdina M., Vijaya J. J., Kennedy L. J. Spinel ferrite nanoparticles: synthesis, crystal structure, properties, and perspective applications, *Nanophys. Nanomater. Interface Stud. Appl.* 2017. Vol. 195. P. 305-325.
  6. Ekambaram S., Patil K. C., Maaza M. Synthesis of lamp phosphors: facile combustion approach. *J Alloys Comp.* 2005. P. 39381-92.
  7. Salih S. J., Mahmood W. M. Review on magnetic spinel ferrite (MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) nanoparticles: From synthesis to application. *Heliyon.* 2023. Vol. 9, Is. 6. P. 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16601>.

## **НАНОСТРУКТУРОВАНІ ТОНКІ ПЛІВКИ Ce/Nd–TiO<sub>2</sub> : ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЕЛЕКТРОКАТАЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ**

**<sup>1</sup>Воробець В. С., <sup>1</sup>Медик І. А., <sup>1</sup>Колбасов Г. Я., <sup>2</sup>Карпенко С. В.**

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії імені В. І. Вернадського НАН України

<sup>2</sup>Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України

Хімічна наука в сучасних умовах відіграє провідну роль у вирішенні глобальних завдань в енергетиці, екології, медицині, матеріалознавстві. Одним із пріоритетних напрямів сучасної хімії і матеріалознавства є розробка нових функціональних матеріалів із заданими властивостями. Особливий інтерес представляють наноструктуровані напівпровідникові оксидні матеріали, які проявляють високу активність у фотоелектрохімічних та електрокаталітичних процесах, що лежать в основі технологій перетворення та накопичення енергії, очищення навколишнього середовища та стабільного хімічного синтезу.

Діоксид титану (TiO<sub>2</sub>) вважається одним з найбільш перспективних матеріалів, що обумовлено його фоточутливістю, нетоксичністю, хімічною та термічною стабільністю, відносно низькою вартістю та простотою синтезу. Однак його практичне застосування обмежено широкою забороненою зоною, низькою ефективністю поглинання видимого світла і високою швидкістю рекомбінації носіїв заряду. Для подолання цих недоліків застосовують різні способи, зокрема наноструктурування, створення гетероструктур та модифікування елементами різної природи.

Каталітична активність діоксиду титану значно зростає при використанні наночастинок TiO<sub>2</sub>, модифікованих рідкісноземельними елементами (РЗЕ) [1,2]. Наприклад, модифікування TiO<sub>2</sub> РЗЕ може призводити до створення кисневих вакансій у кристалічній ґратці TiO<sub>2</sub> та формування домішкових енергетичних рівнів у його забороненій зоні, які можуть ефективно пригнічувати рекомбінацію фотогенерованих

електронно-діркових пар та покращувати їх участь в процесах переносу заряду, що сприяє підвищенню фотокаталітичної активності діоксиду титану [3]. Крім того, модифікування діоксиду титану такими РЗЕ, як La та Y підвищує його каталітичну активність та стабільність в реакції електровідновлення кисню, а також покращує сенсорні властивості  $\text{TiO}_2$  при визначенні іонів важких металів в рідинах методом інверсійної вольтамперометрії (ІВАМ) [4,5]. У зв'язку з цим вивчення фотоелектрохімічних та електрокаталітичних властивостей наноматеріалів на основі  $\text{TiO}_2$ , модифікованого йонами РЗЕ, є актуальним завданням сучасної хімії. В даній роботі досліджено вплив модифікування наноструктурованих плівок  $\text{TiO}_2$  йонами церію та неодиму на електрокаталітичні та фотоелектрохімічні властивості тонкопліткових електродів Ce- $\text{TiO}_2$  та Nd- $\text{TiO}_2$  з метою їх застосування в електрохімічних сенсорах кисню.

Діоксид титану синтезували золь-гель методом із тетраізопропоксиду титану (IV), використовуючи Тритон X-100 як пороутворюючий компонент [4]. Для отримання  $\text{TiO}_2$ , модифікованого йонами церію  $\text{Ce}^{3+}$  (вміст  $\text{Ce}^{3+} = 0,5; 1; 2; 3; 5$  % ат.) та неодиму  $\text{Nd}^{3+}$  (вміст  $\text{Nd}^{3+} = 1; 2; 3; 5$  % ат.) у прекурсор вводили розчини хлоридів церію ( $\text{CeCl}_3$ ) та неодиму ( $\text{NdCl}_3$ ), відповідно. Плівки були охарактеризовані методами рентгенофазового аналізу (РФА) та спектроскопії фотоелектрохімічного струму. Електрокаталітичні властивості досліджували методом вольтамперометрії.

За даними РФА електроди  $\text{TiO}_2$ , Ce- $\text{TiO}_2$  та Nd- $\text{TiO}_2$ , кальциновані при 500 °C, склалися з єдиної фази анатазу. Жодних піків, пов'язаних із рутилом або іншою фазою діоксиду титану, на дифрактограмах не було виявлено. Встановлено, що середній розмір кристалітів становив 7–11 нм для досліджених зразків. Із збільшенням вмісту йонів Ce та Nd у модифікованих зразках спостерігалось зменшення середнього діаметра кристалітів (від 11 нм для  $\text{TiO}_2$  до 7,2 ÷ 9,8 нм для Ce- $\text{TiO}_2$  та Nd- $\text{TiO}_2$ ), що може свідчити про те, що підвищення концентрації модифікатора перешкоджало росту кристалітів. Розраховані значення об'єму ґратки V для тетрагонального діоксиду титану (анатазу) зростали зі збільшенням вмісту Ce та Nd в зразках до 2 % (від 136,0 Å<sup>3</sup> для  $\text{TiO}_2$  до 136,5 Å<sup>3</sup> для Ce- $\text{TiO}_2$  та Nd- $\text{TiO}_2$ ), що може вказувати на впровадження йонів Ce та Nd у ґратку анатазу та її деформацію.

Досліджено вплив складу нанокмпозитних електродних матеріалів на основі діоксиду титану, модифікованого йонами церію і неодиму, на їх електрокаталітичну активність в реакції електровідновлення кисню. Цей процес лежить в основі роботи електрохімічних сенсорів  $\text{O}_2$ , призначених для визначення концентрації кисню в рідких середовищах. На поляризаційних кривих (рис. 1) досліджуваних електродів на основі синтезованих плівок спостерігалась одна полярографічна хвиля струму при потенціалах від 0,5 – 1,0 В (порівняно з Ag/AgCl електродом).

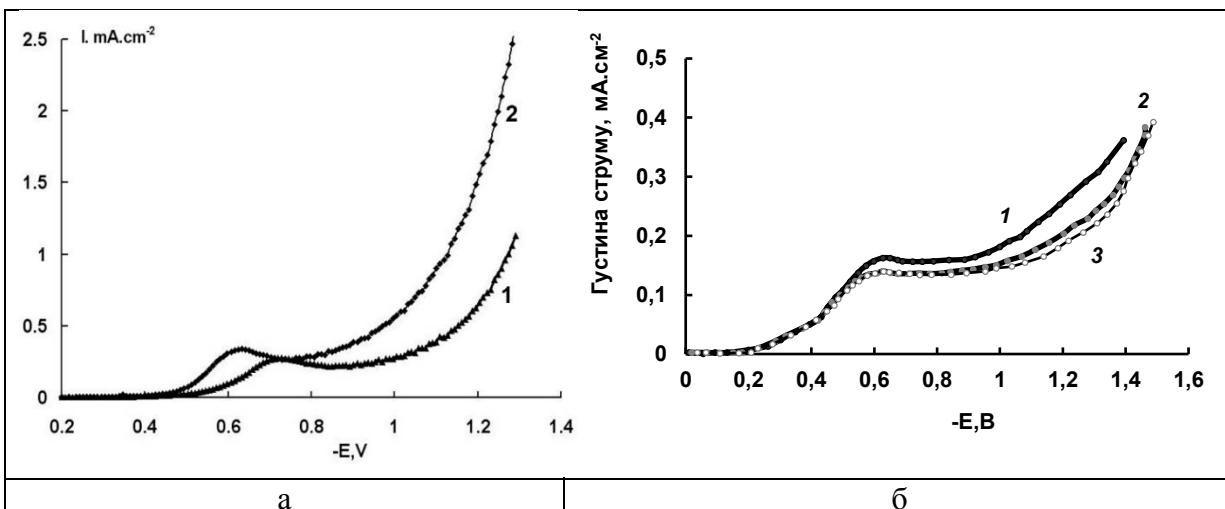


Рис. 1. Поляризаційні криві електровідновлення кисню на електродах: (а) -  $\text{TiO}_2$  із вмістом церію, ат. % : 1 – 5%; 2 – 1 % у фізіологічному розчині хлориду натрію; (б) - на 3%  $\text{Nd-TiO}_2$  електродах в залежності від номера циклу: (1 – 2-й цикл; 2,3 – 3-й і 4-й цикли). Швидкість розгортки потенціалу  $10 \text{ мВ}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Граничний струм відповідав струму відновлення кисню. Важливими характеристиками електродів для аналізу концентрації розчиненого кисню є потенціал напівхвилі струму відновлення  $E_{1/2}$  та ширина електрохімічного вікна  $\Delta E$ . Величина  $E_{1/2}$  має бути мінімальною, щоб виключити можливі побічні електрохімічні реакції, а величина  $\Delta E$  має бути максимальною, щоб досягти високої чутливості електродів і точності вимірювань.

Встановлено, що плівки  $\text{Ce-TiO}_2$  та  $\text{Nd-TiO}_2$  вирізнялися підвищеною каталітичною активністю в процесі електровідновлення кисню, що проявлялося у зменшенні потенціалу електровідновлення кисню ( $E_{1/2}$ ) та збільшенні динамічного діапазону електровідновлення  $\text{O}_2$  ( $\Delta E$ ) порівняно з плівками немодифікованого  $\text{TiO}_2$ . Підвищення електрокаталітичної активності спостерігали для концентрацій йонів  $\text{Ce}^{3+}$  до 1 ат. % ( $E_{1/2} = -0,55 \text{ В}$ ,  $\Delta E = 0,24 \text{ В}$ ) та для концентрацій йонів  $\text{Nd}^{3+}$  до 3 ат. % ( $E_{1/2} = -0,49 \text{ В}$ ,  $\Delta E = 0,29 \text{ В}$ ) у порівнянні з немодифікованим  $\text{TiO}_2$  ( $E_{1/2} = -0,7 \text{ В}$ ,  $\Delta E = 0,1 \text{ В}$ ). Висока електрокаталітична активність електродів  $\text{Ce-TiO}_2$  та  $\text{Nd-TiO}_2$  в процесі відновлення кисню може бути пов'язана з утворенням каталітично активних центрів, які утворюються на поверхні  $\text{TiO}_2$  при модифікуванні. Подальше підвищення вмісту модифікуючого іону призводило до зниження активності зразків, що може бути пов'язано з блокуванням активних центрів на поверхні аморфною фазою, що спостерігається при вмісті  $\text{Ce}^{3+}$  та  $\text{Nd}^{3+} > 3$  ат.%. Така поведінка свідчить про подібний характер впливу модифікаторів  $\text{Ce}^{3+}$  та  $\text{Nd}^{3+}$  на електрокаталітичні властивості  $\text{TiO}_2$ .

Досліджено вплив структури на фотоелектрохімічні властивості синтезованих матеріалів. Встановлено, що електроди на основі плівок  $\text{Ce-TiO}_2$  та  $\text{Nd-TiO}_2$  були фоточутливими в діапазоні довжин хвиль 250-400 (рис. 2).

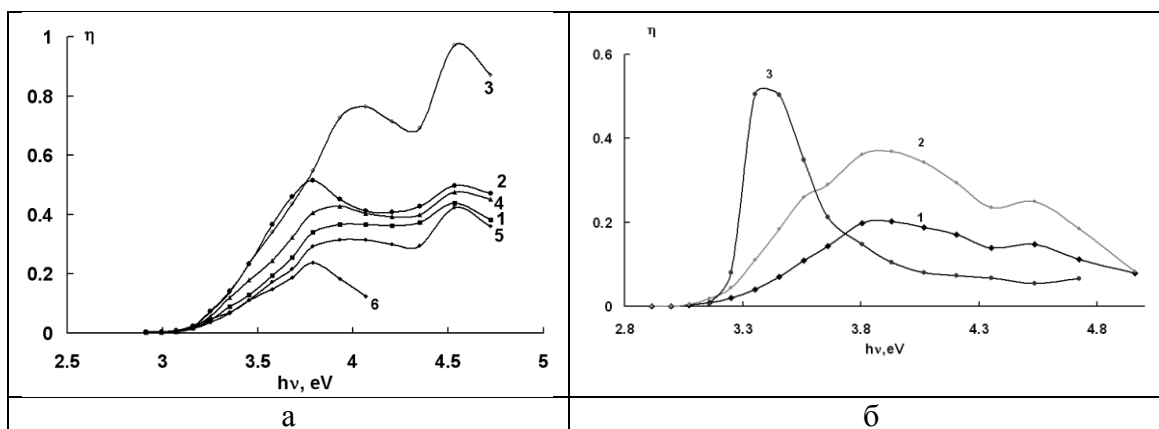


Рис. 2. Спектральні залежності квантового виходу фотоелектрохімічного струму на досліджених електродах  $\text{TiO}_2$  у розчині 1н. КСl: (а) - з вмістом церію, ат. %: 1-0; 2-0,5; 3-1; 4-2; 5 -3; 6-5; (б) – з вмістом неодиму, ат. %: 1- 0; 2 - 5; 3- 3 %.

Для досліджених зразків із вмістом  $\text{Ce} \leq 2\%$ ,  $\text{Nd} \leq 3\%$  спостерігалось підвищення значень квантового виходу фотоструму та батохромний зсув максимумів у спектрах фотоструму порівняно з немодифікованим  $\text{TiO}_2$ . Величина квантового виходу фотоструму для усіх модифікованих зразків спочатку зростала, а потім зменшувалася зі збільшенням вмісту модифікуючого металу, що пов'язано зі структурними змінами, і була максимальною для електродів 1%  $\text{Ce-TiO}_2$  та 3%  $\text{Nd-TiO}_2$ .

Найвищу електрокаталітичну активність спостерігали для зразків  $\text{TiO}_2$ , модифікованих 1 ат.%  $\text{Ce}$  та 3%  $\text{Nd}$ . Отже, простежується певний взаємозв'язок між фотота електрокаталітичними властивостями і структурними змінами, що відбуваються у плівках діоксиду титану при модифікуванні церієм і неодимом. Досліджені електроди відрізнялися високою чутливістю до розчиненого кисню ( $(4-5) \cdot 10^{-6} \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ ) та високою відтворюваністю характеристик при тривалому використанні і є перспективними матеріалами для використання в електрохімічних сенсорах для визначення вмісту кисню в рідинах.

#### Список використаних джерел

1. Hamden, Z., Ferreira, D.P., Vieira Ferreira, L.F., Bouattour, S. Li–Y doped and codoped  $\text{TiO}_2$  thin films: Enhancement of photocatalytic activity under visible light irradiation. *Ceram Int.*, 2014. V. 40, no. 2. P. 3227–3235.
2. Stengl, V., Bakardjieva, S., Murafa, N. Preparation and photocatalytic activity of rare earth doped  $\text{TiO}_2$  nanoparticles. *Mater Chem Phys.* 2009. V. 114. P. 217-226.
3. Ma, Y.-T., Li, S.-D. Photocatalytic Activity of  $\text{TiO}_2$  Nanofibers with Doped La Prepared by Electrospinning Method. *J Chin Chem Soc.* 2015. V. 62, no. 4. P. 380–384.
4. Vorobets, V.S., Kolbasov, G.Y., Medyk, I.A. et al. Electrocatalytic, Photoelectrochemical, and Sensor Properties of Nanostructured  $\text{TiO}_2$  Films Modified with Lanthanum Ions. *Theor Exp Chem.* 2025. V. 61. P. 50–60.
5. Vorobets V.S., Kolbasov G.Ya., Medyk I.A. et al. Synthesis, Photo- and Electrocatalytic Properties of Nanostructured Y- $\text{TiO}_2$  Films. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry.* 2021. V.57, N 5. P. 535–541.

# ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ТА ХІМІЗМ ПЕРЕТВОРЕНЬ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ СИСТЕМ У ПРОЦЕСАХ ВИДОБУТКУ ТА ПРОМИСЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ

Волков І. Р., Шинкаренко В. І.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Газовий конденсат як об'єкт хімічного дослідження являє собою складну асоційовану систему рідких вуглеводнів, що перебувають у стані ретроградної газової фази за умов високих термобаричних навантажень пласта. З точки зору фізичної хімії, цей стан характеризується розчиненням важких компонентів у стиснутому газі, що призводить до формування гомогенного флюїду. Проте при порушенні термодинамічної рівноваги, спричиненої експлуатацією свердловин, спостерігається ізотермічне зниження тиску нижче критичної точки роси, що ініціює масову конденсацію вуглеводнів ряду  $C_5+$  вище безпосередньо в пористому просторі колектора [1]. Хімічна специфіка конденсатів, на відміну від нафтових систем, полягає у домінуванні низькомолекулярних гомологів метанового ряду та практично повній відсутності макромолекулярних сполук, таких як асфальтени та полярні смоли. Це зумовлює низьку поверхневу натяжність на межі розділу фаз та високу дифузійну здатність компонентів, що є критичним фактором при моделюванні процесів масообміну в ректифікаційних та сепараційних колонах. Глибоке розуміння хімізму фазових переходів дозволяє не лише прогнозувати вихід сировини, а й розробляти методи інтенсифікації видобутку через нагнітання сухих газів або розчинників для підтримання пластової енергії та розчинення сконденсованої рідини.

Експериментальна характеристика фізико-хімічних констант конденсатів, отриманих з родовищ Дніпровсько-Донецької западини, виявляє чітку залежність між фракційним складом та термодинамічними параметрами середовища. Густина зразків при стандартній температурі  $20^{\circ}\text{C}$  коливається в межах  $720\text{--}810\text{ кг/м}^3$ , що корелює з молекулярною масою в інтервалі  $110\text{--}160\text{ г/моль}$  і підтверджує легкість даної вуглеводневої суміші. Особливий інтерес для хімічної технології становлять реологічні аномалії, зумовлені присутністю  $n$ -парафінів ( $C_{17}\text{--}C_{35}$ ). При зниженні температури відбувається зміна надмолекулярної структури конденсату: формування кристалізаційної решітки парафінів призводить до різкого переходу системи з ньютонівського в неньютонівський стан, що супроводжується зростанням в'язкості та напруги зсуву. Температура застигання, яка для окремих об'єктів фіксується на рівні  $60^{\circ}\text{C}$ , може суттєво змінюватися при додаванні поверхнево-активних речовин (депресорів) [2], які адсорбуються на зародках кристалів парафінів, блокуючи їхній ріст і забезпечуючи агрегативну стійкість системи при транспортуванні в екстремальних умовах.

Детальна ідентифікація групового хімічного складу за допомогою капілярної газорідинної хроматографії дозволяє класифікувати конденсати як високоалканову сировину з часткою метанових вуглеводнів до  $70\%$ . Наявність ізомерів алканів забезпечує високу реакційну здатність у процесах ізомеризації, що є ключовим для синтезу високооктанових добавок. Нафтенна частина суміші ( $20\text{--}40\%$ ), представлена переважно похідними циклогексану та циклопентану, є цінним субстратом для каталітичного дегідрування з метою отримання ароматичних сполук. Хімічний профіль ароматичних вуглеводнів ( $5\text{--}15\%$ ), що включає бензол, толуол та ізомери ксилолу, визначає не лише детонаційну стійкість фракцій, а й їхню розчинювальну здатність щодо технологічних реагентів. Аналіз кривих істинного ступеня кипіння свідчить про домінування легких

дистилятів: початок кипіння при 35–50°C та вихід до 85% об'єму у температурному інтервалі до 200°C вказує на концентрування бензино-газових компонентів, що мінімізує потребу в енерговитратних процесах крекінгу важкої сировини.

Проблематика хімічної агресивності середовища займає центральне місце в дослідженні газових конденсатів, особливо в контексті вмісту гетероатомних сполук. Присутність розчиненого сірководню ( $H_2S$ ) та меркаптанів ( $R-SH$ ) ініціює складні механізми електрохімічної корозії металевих поверхонь, де  $H_2S$  виступає каталізатором наводнювання сталі, що призводить до її крихкого руйнування. Хімізм цього процесу включає утворення сульфідних плівок, які за певних умов не мають захисних властивостей і сприяють розвитку виразкової корозії. Для нейтралізації цих негативних факторів застосовуються процеси хемосорбції та каталітичного окиснення сірчистих сполук. Крім того, на стадії стабілізації конденсату в ректифікаційних колонах критичне значення має контроль тиску насичених парів, що досягається шляхом видалення розчинених газів ( $C_1$ – $C_4$ ). Хімічно чиста стабілізована сировина не лише забезпечує стабільність гідравлічних режимів у трубопроводах, а й виступає універсальним прекурсором для нафтохімічної галузі. Таким чином, комплексне фізико-хімічне дослідження конденсатів створює наукове підґрунтя для розробки енергоефективних технологій глибокої переробки вуглеводнів та захисту промислових об'єктів від передчасного зносу.

#### Список використаних джерел

1. Phase characteristics of fluids in offshore buried hill condensate gas reservoirs and their influence on formation permeability / Z. Li et al. *ACS omega*. 2024. URL: <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c07154> (date of access: 23.01.2026).
2. Орловський В. М., Білецький В. С., Сіренко В. І. Технологія видобування газу і газового конденсату: навчальний посібник. Редакція «Гірничої енциклопедії», Полтава: НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ. 2000», 2023. 359 с.

## ОЦІНКА ЗАПАСІВ ПРИРОДНИХ БІТУМІВ БОРИСЛАВСЬКОГО РОДОВИЩА

Деркач А. В.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Загальна оцінка запасів природних бітумів в Україні. Оцінка запасів природних бітумів в Україні, зокрема озокериту (твердого природного бітуму), є частиною геологічної розвідки Карпатського регіону, де ці ресурси утворюються внаслідок геологічних процесів у неогенових та палеогенових відкладах. Україна має унікальний потенціал завдяки Бориславському родовищу, яке є одним з найбільших у світі за запасами високоякісного озокериту, а також меншим родовищам у Карпатах. Державним балансом запасів корисних копалин України враховуються три основні родовища озокериту: Бориславське (Львівська область), Дзвіняцьке та Старунське (Івано-Франківська область). Сумарні балансові запаси за категоріями  $A+B+C_1$  становлять 31,5 тис. тонн, а за категорією  $C_2$  – 5,8 тис. тонн. Ці запаси вважаються обмеженими порівняно з глобальними (Канада – 164 млрд барелів recoverable), але мають високу якість (вміст озокериту до 90%) і історичну значущість. Оцінка проводиться за стандартами Державної служби геології та надр України (Держгеонадра), з використанням геологічних, геофізичних та лабораторних

методів [1-3]. У 2025 році перспективи пов'язані з відновленням видобутку для медичного та промислового використання, з потенціалом зростання запасів за рахунок переоцінки.

Методи оцінки запасів. Застосовано комплексний підхід для оцінки запасів, інтегруючи польові дослідження, геофізичні методи та лабораторний аналіз. У польових роботах картографуються стратиграфічні шари неогенових і палеогенових відкладів Карпат, де озокерит формує жили та просочення в пісковиках і сланцях. Використано буріння та кернові свердловини (глибиною 50-300 м), для оцінки товщину пластів (10-50 м) і насиченість (60-90%). Використано геофізичні методи, що включають електророзвідку (VES, ERT) для виявлення високого електричного опору озокериту (>100 Ом·м) та гравіметрію для аномалій щільності (1,01-1,06 г/см<sup>3</sup>). У лабораторії проведено SARA-аналіз, який показав низький вміст асфальтенів (5-15%) і високий вміст смол (20-30%), а також елементний аналіз (CHNS) для оцінки сірки (1-3%). Запаси розраховуються за формулою Волковського (1). Категоризація проводиться за стандартами ДСТУ 3321-96 [4].

$$Q = A \cdot h \cdot \varphi \cdot S_o \cdot \rho, \quad (1)$$

де: A – площа, м<sup>2</sup>; h – товщина, м;  $\varphi$  – пористість;  $S_o$  – насиченість;  $\rho$  – щільність, кг/м<sup>3</sup>.

Оцінка запасів Бориславського родовища. Оцінка запасів Бориславського родовища озокериту проводиться на основі даних Державного балансу мінеральних ресурсів України [3], де запаси класифікуються за категоріями A+B+C<sub>1</sub> (доведені та ймовірні) та C<sub>2</sub> (прогнозовані), а також на основі отриманих результатів дослідження.

Родовище розташоване в Дрогобицькому районі Львівської області та є найбільшим у світі за запасами високоякісного озокериту, з площею 291 га. Воно пов'язане з куполом Бориславської складки в Бориславсько-Покутській зоні Передкарпатського прогину. Оцінка враховує геологічну будову: озокерит утворюється в неогенових відкладах через розкладання парафінової нафти та міграцію через тріщини, формуючи жили та просочення в пісковиках і сланцях. Історично оцінка почалася в 1860-х роках з поверхневих обстежень і копалень, а в 1950-1980-х роках була уточнена за допомогою буріння (понад 500 свердловин) та геофізичних методів (магнітометрія та електророзвідка,) які виявили 20-30 жил на глибині 100-300 м. Лабораторні аналізи зразків показали високу якість озокериту: температура плавлення 58-75°C, в'язкість 100-500 сП, вміст золи <1%.

Розрахунки запасів Бориславського родовища виконуються за стандартами ДСТУ 3321-96, використовуючи волуметричний метод, адаптований для жильних родовищ. За даними картографування:

1	A	~0,1-1 га, загальна ефективна площа ~50-100 га з 291 га;
2	h	0,5-5 м, середня 2 м;
3	$\varphi$	10-25%, або 0,1-0,25;
4	$S_o$	60-90%, або 0,6-0,9;
5	$\rho$	0,92-1,03 г/см <sup>3</sup> , або 920-1030 кг/м <sup>3</sup> .

Беручи консервативні значення, розраховуємо запаси за формулою Волковського (1):

1	A	75 га = 750 000 м <sup>2</sup> ;
2	h	2 м;

3	$\varphi$	0,15;
4	$S_o$	0,75;
5	$\rho$	950 кг/м <sup>3</sup> .

об'єм порового простору:

$$V_{\text{пн}} = A \cdot h \cdot \varphi = 750\,000 \cdot 2 \cdot 0,15 = 225\,000 \text{ м}^3; \quad (2)$$

об'єм озокериту:

$$V_o = 225\,000 \cdot 0,75 = 168\,750 \text{ м}^3; \quad (3)$$

маса:

$$Q = 168\,750 \cdot 950 \approx 160\,312\,500 \text{ кг, або } \sim 160 \text{ тис. т.} \quad (4)$$

Однак офіційна оцінка коригується на основі балансових критеріїв: мінімальний вміст озокериту 1 % та температура краплепадіння не нижче 60°C, що призводить до виключення низькоякісних зон і зменшення до 25 тис. тонн за А+В+С<sub>1</sub>.

Результати оцінки запасів Бориславського родовища становлять близько 25 тис. тонн за категоріями А+В+С<sub>1</sub> (доведені запаси, готові до видобутку) та 4 тис. тонн за С<sub>2</sub> (прогнозовані, потребують додаткової розвідки). Ці цифри базуються на історичних даних видобутку (понад 100 тис. тонн з 1860-х років) і проведених переоцінках, які враховують виснаження родовища на 80%. Фіксуються два типи мінералізації: жильна (в тріщинах Полянських відкладів) та шарувата (в піщано-глинистих брекчіях), з неоднорідним насиченням (від багатих руд до порожніх зон). Лабораторні аналізи підтверджують склад: смоли 20-30%, асфальтени 5-15%, сірка 1-3%, що робить озокерит високоякісним порівняно з глобальними аналогами. Економічна оцінка показує потенціал видобутку 5-10 тис. тонн/рік, але потребує інвестицій ~100 млн дол. для відновлення шахт і впровадження сучасних технологій (флотація для очищення тощо).

Висновки дослідження. Перспективи оцінки запасів Бориславського родовища пов'язані з переоцінкою в 2025 році, використовуючи 3D-сейсміку та AI-моделювання, що може збільшити баланс на 20-30% за рахунок позабалансових ресурсів (низькоякісні жили). Враховуються екологічні аспекти: видобуток історично призвів до забруднення ґрунтів сіркою та відходами, тому оцінка включає рекультивацию (вартістю 10-20 млн дол.), з фокусом на стійкі методи (біоремедіація). Загалом, Бориславське родовище становить ~80% українських запасів озокериту, з ринковою вартістю ~50 млн дол. за поточними цінами (100-200 дол./кг для медичного озокериту).

Результати оцінки підтверджують унікальність родовища: високоякісний озокерит з низьким вмістом домішок, що робить його конкурентоспроможним на нішевих ринках, попри малі обсяги порівняно зі світовими лідерами.

### Список використаної літератури

1. Білецький В. С., Коваленко О. П. Озокерит України: геологічна оцінка та перспективи видобутку. Геохімічний журнал. 2024. № 2. С. 67-76.
2. Іваншина В. С. (ред.). Українська нафтогазова енциклопедія. Львів: Сполом, 2021. 624 с.
3. Державна служба геології та надр України. Державний баланс запасів корисних копалин України: Озокерит. Київ: Держгеонадра, 2023. 45 с. URL: <https://www.geo.gov.ua/derzhavnyy-balans-zapasiv-korysnykh-kopalyn-ukrayiny/>.

4. ДСТУ 3321-96. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання робіт у системі геологічного вивчення надр. Держстандарт України. Київ, 1996. 24 с.

## **КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ У ПОБУТІ**

**Жомір П. С., Шевченко С. В.**

Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради

Метали з давніх часів відіграють важливу роль у житті людини. Вони використовуються у будівництві, транспорті, побутовій техніці, медицині та в повсякденному житті. Однак більшість з металів має один великий недолік – з часом вони можуть руйнуватися під впливом навколишнього середовища. Це явище називається корозією.

У побуті ми часто бачимо наслідки корозії. Це іржаві труби, пошкоджений посуд, зіпсовані інструменти та плями на сантехніці. На перший погляд корозія здається не дуже серйозною проблемою, але насправді вона завдає великої шкоди. Вона призводить до матеріальних втрат і може бути небезпечно для здоров'я людини. Тому цю проблему важко вивчати.

Метою цієї роботи є дослідження корозії металів у побуті, визначення причин її виникнення та способів захисту металів від руйнування.

Корозія – це процес поступового руйнування металів унаслідок їхнього взаємодії з навколишнім середовищем. Найчастіше корозія проявляється у вигляді іржа на залізі та виробів із нього. З точки зору хімії корозія є хімічною реакцією, під час якої метал взаємодіє з киснем і вологою. У результаті утворюються нові речовини, наприклад іржа. Цей процес відбувається повільно, але постійно[1].

Спочатку на поверхні металу з'являються невеликі плями, а з часом метал стає слабшим і може ламатися або протікати. Тому корозія є небезпечною для металевих виробів.

*Види корозії та умови їх виникнення.*

У побуті найчастіше зустрічаються два види корозії: хімічна та електрохімічна. Хімічна корозія відбувається під час взаємодії металу з газами або рідинами без участі води. Прикладом є потемніння срібних прикрас на повітрі. Електрохімічна корозія є найпоширенішою. Вона виникає за наявності вологи, яка сприяє протіканню реакцій. Саме через цей вид корозії іржавіють металеві предмети на вулиці або у вологих приміщеннях.

На швидкість корозії впливають такі фактори:

- Висока вологість
- Наявність солей та кислот
- Контакт різних металів
- Підвищена температура
- Походження поверхні металу

*Прояви корозії в повсякденному житті.*

Руйнування металів часто зустрічається в побуті. Найбільше від неї страждають металеві труби водопостачання та опалення. Іржа погіршує якість води та може спричинити протікання. Побутова техніка також піддається корозії. У пральних машинах, бойлерах і холодильниках є металеві деталі, які з часом починають руйнуватися через

вологу. Цей процес з'являється і на кухонному посуді та столових приборах при неправильному догляді. Це псує їхній вигляд і може бути шкідливим для здоров'я. Також корозія шкодить автомобілям, велосипедам, парканам, замкам та іншим металевим предметам, які знаходяться просто неба[3].

*Способи захисту металів від корозії.*

Існує кілька способів захисту металів від корозії. Найпоширенішим є покриття поверхні фарбою або лаком. Це захищає метал від контакту з вологою та повітрям. Також використовують гальванічні покриття, наприклад оцинкування. Оцинковані вироби значно повільніше іржавіють. Ще одним способом є використання сплавів. Наприклад, нержавіюча сталь містить хром, який утворює захисний шар і запобігає корозії[2].

У побуті важливу роль відіграє правильний догляд за металевими виробами: їх потрібно витирати насухо, очищати від бруду та не залишати надовго у воді.

Отже, корозія металів є поширеною проблемою в побуті. Вона призводить до руйнування металевих виробів і скорочує термін їхнього використання. Основними причинами корозії є волога, кисень та солі.

Існують ефективні способи захисту металів від корозії, зокрема нанесення захисних покриттів, використання сплавів та правильний догляд. Знання цих методів допомагає зберегти майно та уникнути зайвих витрат. Проблему корозії можна помітити майже в кожному домі, тому ця тема є близькою та зрозумілою для кожного.

#### **Список використаних джерел**

1. Гаршин А. П., Лавренюк В. І. Основи корозії та захисту металів : навч. посіб. Київ : Вища школа, 2004. 255 с.
2. Крилова В. О. Хімія та технологія захисту металів від корозії : навч. посіб. Дніпро : НМетАУ, 2012. 198 с.
3. Revie R. W., Uhlig H. H. Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering. 4th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2008. 512 p.

## **СИНТЕЗ ОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZrO}_2$ І $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-CeO}_2$ ТА ЇХНІ КАТАЛІТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ В РЕАКЦІЯХ РОЗКЛАДУ ПЕРОКСИДУ ВОДНЮ**

**Іваненко О. П.<sup>1</sup>, Павленко Т. В.<sup>1</sup>; Омельчук А. О.<sup>1</sup>, Соловійов В. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України

<sup>2</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

У даному повідомленні приведено результати досліджень із синтезу композицій на основі оксидів церію, цирконію та кобальту, які мають перспективу використання як каталізатори для утилізації промислових відходів, що містять пероксид водню.

Метою даної роботи було визначення умов синтезу зазначених оксидних композицій та дослідження їхніх каталітичних властивостей при розкладі пероксиду водню.

Синтез оксидних зразків виконували постадійно. На першій стадії отримували гідроксосополики кобальту та/або цирконію (церію) методом прямого осадження за допомогою розчину аміаку при постійному перемішуванні при кімнатній температурі. На другій стадії осади переносили в автоклав і витримували при 170 °С протягом 14 год.

Розрахунок складу вихідних реакційних сумішей для синтезу композицій ( $x$ ,  $y$ ) виконували в перерахунку на вміст оксидів  $\text{Co}_3\text{O}_4$  та  $\text{ZrO}_2$  ( $\text{CeO}_2$ ) у вихідних реагентах. Розраховані та аналітично визначені співвідношення оксидів  $\text{Co}_3\text{O}_4:\text{ZrO}_2$  та  $\text{Co}_3\text{O}_4:\text{CeO}_2$  наведено в табл. 1.

Метод рентгенофазового аналізу використовували для ідентифікації продуктів синтезу. Виявлено, що після обробки в гідротермальних умовах синтезовані гідроксополуки зазначених металів забезпечують утворення кристалічних оксидів. Оксид кобальту кристалізується у вигляді змішаного оксиду  $\text{Co}_3\text{O}_4$  кубічної сингонії, оксид цирконію утворює кристали моноклінної модифікації, а церію – кубічної.

Таблиця 1.

Співвідношення оксидів  $\text{Co}_3\text{O}_4:\text{ZrO}_2$  та  $\text{Co}_3\text{O}_4:\text{CeO}_2$  в синтезованих зразках.

№ зразку	Розраховане співвідношення, мол. %		Аналітично визначене співвідношення, мол. %	
	$x$ ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ )	$y$ ( $\text{ZrO}_2$ )	$x$ ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ )	$y$ ( $\text{ZrO}_2$ )
1	100	0	100	0
2	90	10	96	4
3	80	20	92	8
4	70	30	88	12
5	60	40	80	20
6	50	50	73	27
7	40	60	66	34
8	30	70	52	48
9	20	80	40	60
10	10	90	34	66
11	0	100	0	100
	$x$ ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ )	$y$ ( $\text{CeO}_2$ )	$x$ ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ )	$y$ ( $\text{CeO}_2$ )
12	90	10	89	11
13	80	20	81	19
14	70	30	66	34
15	60	40	59	41
16	50	50	56	44
17	40	60	39	61
18	30	70	29	71
19	20	80	15	85
20	10	90	5	95
21	0	100	0	100

На рисунку 1 наведено кінетичні криві розкладу пероксиду водню з використанням отриманих оксидних каталізаторів.

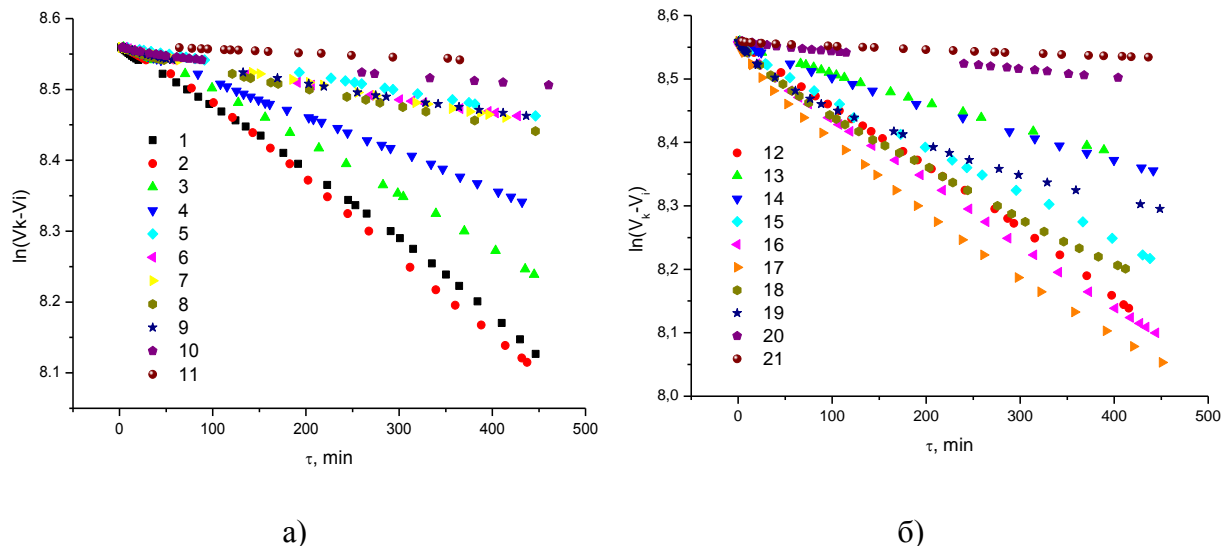


Рис. 1. Кінетика розкладу пероксиду водню синтезованими композиціями: а)  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZrO}_2$ , б)  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-CeO}_2$  (див. табл. 1).

Дані кінетичні криві підтверджують, що реакція розкладу пероксиду водню за участю оксидних каталізаторів описується рівнянням реакції першого порядку. В таблиці 2 наведено константи швидкості реакцій розкладу пероксиду водню з використанням отриманих зразків оксидних каталізаторів. В серії  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZrO}_2$  зразок 2, який містить невелику кількість діоксиду цирконію (4 мол. %  $\text{ZrO}_2$ ) відповідає найбільшій константі швидкості реакції у всій серії зразків з цирконієм. Подальше збільшення вмісту діоксиду цирконію у зразках зменшує константу швидкості реакції. В серії  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-CeO}_2$  константа швидкості реакції збільшується з підвищенням вмісту діоксиду церію, маючи максимум для зразка 16 (44 мол. %  $\text{CeO}_2$ ), з поступовим зменшенням при подальшому підвищенні вмісту  $\text{CeO}_2$  у зразках.

Для всіх зразків було проведено дослідження характеристик поверхні, які наведено в таблиці 3. Додавання в суміш 4 мол. % діоксиду цирконію збільшує питому поверхню з 62 до 181  $\text{m}^2/\text{г}$ . Подальше збільшення вмісту діоксиду цирконію зменшує питому поверхню зразків, поступово наближаючись до характеристик зразка 11 (100 мол. %  $\text{ZrO}_2$ ).

Для зразків серії  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-CeO}_2$  картина дещо інша. Значення питомої поверхні зразків 1 (100 мол. %  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) та 21 (100 мол. %  $\text{CeO}_2$ ) близькі (62 і 52  $\text{m}^2/\text{г}$ , відповідно). Поступове збільшення вмісту діоксиду церію в зразках призводить до підвищення значень питомої поверхні, набуваючи максимуму для зразка 18 (103,50  $\text{m}^2/\text{г}$ ; 71 мол. %  $\text{CeO}_2$ ).

Таблиця 2.

Константи швидкості реакції розкладу пероксиду водню з використанням синтезованих оксидних зразків.

№ зразку	Константа швидкості $K, \text{хв.}^{-1}$	Зразок	Константа швидкості $K, \text{хв.}^{-1}$
1	$9,38 \cdot 10^{-4}$		
2	$1,03 \cdot 10^{-3}$	12	$9,92 \cdot 10^{-4}$
3	$7,23 \cdot 10^{-4}$	13	$4,42 \cdot 10^{-4}$

4	$5,07 \cdot 10^{-4}$	14	$4,63 \cdot 10^{-4}$
5	$2,12 \cdot 10^{-4}$	15	$7,66 \cdot 10^{-4}$
6	$2,28 \cdot 10^{-4}$	16	$1,02 \cdot 10^{-3}$
7	$2,39 \cdot 10^{-4}$	17	$1,16 \cdot 10^{-3}$
8	$2,67 \cdot 10^{-4}$	18	$8,65 \cdot 10^{-4}$
9	$2,56 \cdot 10^{-4}$	19	$6,12 \cdot 10^{-4}$
10	$1,13 \cdot 10^{-4}$	20	$1,41 \cdot 10^{-4}$
11	$5,50 \cdot 10^{-5}$	21	$5,63 \cdot 10^{-5}$

Порівнюючи характеристики поверхні зразків серії  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZrO}_2$  та  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-CeO}_2$  можна зробити висновок, що найбільшу поверхню серед усіх синтезованих зразків має зразок 2 з мінімальним вмістом  $\text{ZrO}_2$  (4 мол. %).

Висновок. Каталітичні властивості синтезованих зразків у системі  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZrO}_2$  залежать як від хімічного складу отриманих композицій, так і від характеристик їхньої поверхні. Вищі константи реакції розкладу пероксиду водню має зразок з вмістом 4 мол. %  $\text{ZrO}_2$  і розгалуженою поверхнею ( $181,2 \text{ м}^2/\text{г}$ ). У системі  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-CeO}_2$  велика питома поверхня зразка не є основним чинником покращення каталітичних властивостей оксидних композицій. Так, кращі значення константи швидкості реакції ( $1,02 \cdot 10^{-3} \text{ хв.}^{-1}$ ) мають зразки з невеликою питомою поверхнею ( $63,33 \text{ м}^2/\text{г}$ ) та вмістом 44,0 мол. %  $\text{CeO}_2$ . Визначальним фактором, що впливає на каталітичні властивості синтезованих оксидних композицій системи  $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-CeO}_2$ , є їхній елементний склад, а вже потім структурно-об'ємні та поверхневі характеристики.

Таблиця 3.

Характеристики поверхні отриманих оксидних зразків.

№ зразку	Питома поверхня, $\text{м}^2/\text{г}$	Об'єм пор, $\text{см}^3/\text{г}$	Розмір пор, $\text{Å}$	№ зразку	Питома поверхня, $\text{м}^2/\text{г}$	Об'єм пор, $\text{см}^3/\text{г}$	Розмір пор, $\text{Å}$
1	62.1	0.5761	18.550				
2	181.2	0.3267	3.605	12	46.48	0.1231	5.297
3	126.5	0.5548	8.768	13	53.29	0.1359	5.099
4	113.9	0.3742	6.571	14	81.70	0.1462	3.579
5	110.6	0.1836	3.320	15	79.48	0.1357	3.414
6	112.9	0.1877	3.324	16	63.33	0.1425	4.501
7	104.8	0.1710	3.262	17	86.47	0.1445	3.342
8	140.5	0.2087	5.943	18	103.50	0.1884	3.641
9	140.1	0.2094	2.989	19	81.90	0.1434	3.501
10	151.7	0.2469	3.255	20	81.60	0.1357	3.325
11	126.2	0.2162	3.426	21	52.58	0.1385	5.269

# СИНТЕЗ ГІДРОКСО/ОКСОСПОЛУК КОБАЛЬТУ, МАНГАНУ, ЦИРКОНІЮ ТА ЦЕРІЮ МЕТОДОМ ГОМОГЕННОГО ГІДРОЛІЗУ У ПРИСУТНОСТІ ГЕКСАМЕТИЛЕНТЕТРАМІНУ

Іваненко О. П.<sup>1</sup>, Павленко Т. В.<sup>1</sup>, Омельчук А. О.<sup>1</sup>, Кузнєцова Т. Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

<sup>2</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

У даному повідомленні приведено результати досліджень з осадження гідроксосполук кобальту, мангану, цирконію та церію методом гомогенного гідролізу у присутності гексаметилентетраміну (ГМТА). Як прекурсори використовували  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (х.ч.),  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (ч.д.а.),  $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (ч.д.а.),  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (х.ч.). Гексаметилентетрамін (ч.д.а.) використовували як джерело гідроксидних іонів. Для досліджень готували розчини перехідних металів та гексаметилентетраміну у заданому співвідношенні. Методом рН-метрії на приладі PH850 Portable з використанням електроду LabSen 823 контролювали зміну рН реакційних середовищ при синтезі гідроксосполук. Склад продуктів, які утворились, встановлювали методом рентгенофазового аналізу на дифрактометрі ДРОН-3М з  $\text{CuK}\alpha$ -випромінюванням та комп'ютерною реєстрацією рентгенівських дифрактограм.

Сутність синтезу шляхом гомогенного гідролізу полягає у тому, що гідроксиди (або оксогідроксиди) металів утворюються у розчині під час повільного гідролізу ГМТА. Зазвичай гексаметилентетрамін у водному розчині відносно стабільний, але при нагріванні та/або в кислому середовищі він гідролізує за рівнянням 1:



Амоніак, що утворився, реагує з водою і в усьому об'ємі розчину рівномірно генеруються  $\text{OH}^-$ -іони:



Саме ця рівновага контролює синтез гідроксидів та/або оксидів металів, бо визначає рН реакційного середовища. Виявлено, що з підвищенням температури рК рівноваги (2) збільшується, рН розчину індивідуального ГМТА у воді зменшується, значить, концентрація гідроксидних аніонів зменшується. На рис. 1 приведено кінетику зміни рН розчину ГМТА при різних температурах. Чим вища температура, тим слабшою основою стає аммоніак у розчині. Зниження рН зі збільшенням температури узгоджується з термодинамікою системи  $\text{NH}_3\text{--H}_2\text{O}$  і пояснюється температурною залежністю рівноваги  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ .

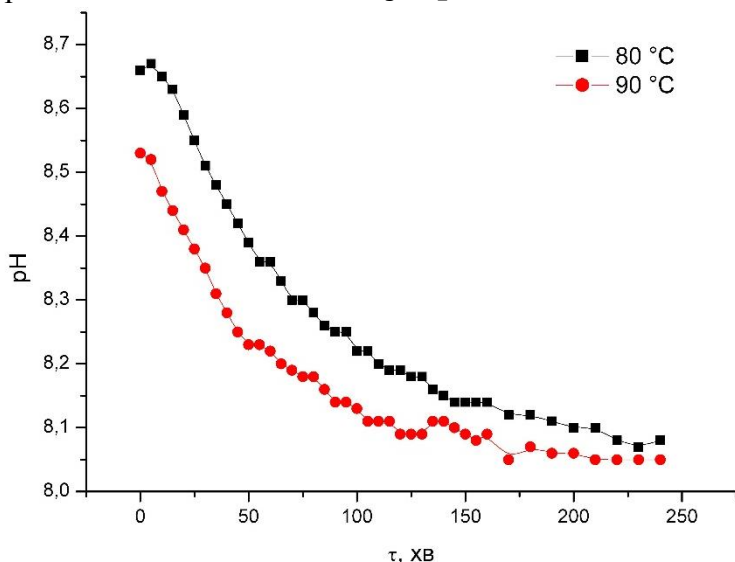


Рис. 1. Залежність зміни рН 0,05 М розчину ГМТА при температурах 80 та 90 °С.

За підвищених температур ефективна основність аміаку зменшується через зменшення константи дисоціації гідроксиду амонію та зниження розчинності аміаку, що призводить до нижчих рівноважних значень рН, незважаючи на прискорений гідроліз ГМТА. Формальдегід, що утворюється згідно взаємодії (1), практично не впливає на рН розчину. У присутності сполук перехідних металів у розчинах паралельно взаємодіям (1) та (2) відбувається первинний

гідроліз



Для катіонів ( $\text{Ce}^{4+}$ ,  $\text{Zr}^{4+}$ ) ця стадія дуже швидка. У таблиці приведено рН розчинів прекурсорів досліджених металів та рН початку осадження при 25 °С. Після досягнення стану критичного насичення розчину гідроксидними іонами відбувається стадія нуклеації гідроксидів:



В температурному інтервалі 80-95 °С виникає поліконденсація/дегідратація гідроксидів

Таблиця. рН розчинів прекурсорів кобальту, цирконію, церію та мангану при 25 °С та рН початку осадження гідроксидів.

Розчин солі	рН розчину	рН початку осадження
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	5,85	9,15
$\text{ZrOCl}_2$	2,50	3,25
$\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$	5,45	8,20
$\text{MnSO}_4$	5,45	9,05

$\text{Me}(\text{OH})_n \rightarrow \text{MeO}_x + \text{H}_2\text{O} \quad (5)$ , яка зазвичай протікає за метал-специфічними механізмами. У випадку гомогенного гідролізу сполук кобальту виявлено утворення гідроксиду  $\text{Co}(\text{OH})_2$ . Гідроліз прекурсорів мангану протікає з утворенням змішаного оксиду  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ . Дещо особливо протікає гідроліз сполук церію та цирконію. Зазвичай ці сполуки

гідролізують дуже швидко. У випадку гідролізу сполук церію при дегідратації утворюються виключно оксосполуки церію зі ступенем окиснення 4+ ( $\text{CeO}_2$ ). Що стосується прекурсорів цирконію ( $\text{ZrOCl}_2$ ), то рН його розчину найнижчий серед усіх

досліджених. У присутності ГМТА гідроліз починається вже при кімнатній температурі внаслідок взаємодії гексаметилентетраміну з водою у кислому середовищі.

При низькому співвідношенні  $Me^{n+}/ГМТА < 1$ , стан насичення розчину гідроксидними іонами триває досить повільно, нуклеація (4) розтягнута у часі (досить тривала), можливе повторне зародження гідроксо- та оксочасток, що обумовлює їх широкий розподіл за розмірами. При помірному співвідношенні  $1 < Me^{n+}/ГМТА < 3$  гідроксидні іони генеруються поступово, пересичення розчину сягає максимуму лише один раз за період синтезу, після цього спадає нижче критичних значень, при яких нові зародки гідроксо- та оксочасток вже не утворюються, але продовжується синхронне зростання вже утворених зародків. Це сприяє вузькому розподілу часток за розмірами. При недостатній кількості ГМТА у реакційному середовищі гідроксидні аніони генеруються дуже швидко, внаслідок чого стан пересичення ними розчину досягається також дуже швидко, нуклеація триває повільно та довго, нові зародки гідроксо/оксо- фаз виникають паралельно з ростом уже утворених, що обумовлює широкий розподіл їх за розмірами.

На рисунку 2 представлено кінетичні залежності зміни рН реакційних середовищ при синтезі індивідуальних гідроксо/оксосполук кобальту, церію, цирконію та мангану методом гомогенного гідролізу у присутності ГМТА при 90 °С ( $Me^{n+}/ГМТА < 1$ , надлишок ГМТА). Розчин кобальт (II) нітрату з ГМТА при температурі 25 °С

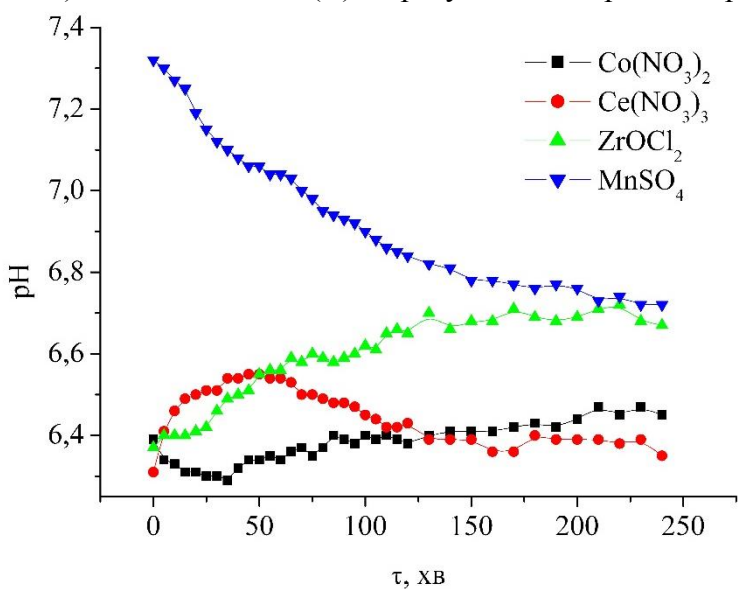


Рис. 2. Залежність зміни рН реакційних середовищ від тривалості синтезу гідроксо/оксосполук Co, Ce, Zr, Mn методом гомогенного гідролізу після досягнення температури 90 °С.

має рН 7,63. При нагріванні розчину до 90 °С відбувалось декілька змін забарвлення: при 50 °С колір розчину з рожевого змінювався на бузковий, при 80 °С – розчин набував синього кольору, а при 90 °С – розчин мутнішав. Зміна забарвлення розчину при 50 °С може свідчити про взаємодію між ГМТА та іонами  $Co^{2+}$  з утворенням комплексної сполуки  $[Co(НМТА)]^{2+}$ . При досягненні розчином температури 90 °С рН зменшується до значення 6,39. Залежність має S-подібний вигляд, притаманний системам з кінетично-керованим механізмом гідролізу. Розчин манган (II) сульфату з гексаметилтетраміном при температурі 25 °С мав рН 8,28. При нагріванні до 60 °С блідо-рожевий колір розчину темнішав, а при 80 °С ставав рудим. При досягненні 90 °С рН розчину набуває значення 7,32. Характер кінетичної кривої свідчить про кінетичний механізм як гідролізу, так і окиснення катіонів мангану (II). Вихідний розчин церій (III) нітрату з ГМТА за температури 25 °С мав рН 7,39. При 50 °С відмічено помутніння розчину, що вказує на початок утворення осаду. При нагріванні до 90 °С рН розчину становив 6,31. Для кінетичної залежності цієї системи характерна наявність

максимального значення рН (6,55), що може бути обумовлено окисненням катіону церію (III), а подальше зменшення рН сумісним гідролізом катіонів церію різних ступенів окиснення. Досягнення практично однакових значень рН (~6,4) свідчить про перехід системи у рівноважний стан гідролізу катіонів церію різних ступенів окиснення з паралельним окисненням катіонів церію (III). Вихідний розчин для синтезу гідрокси/оксосополук цирконію у присутності ГМТА при 25 °С мав рН = 6,10, що значно перевищував рН початку гідролізу, тому вже на початку синтезу у ньому утворювався білий гелеподібний осад. При нагріванні до 90 °С значення рН реакційного середовища сягало 6,37 і поступово збільшувалось до 6,59. Характер кінетичної залежності рН даної системи свідчить на користь полімеризаційно-керованого механізму гідролізу цирконію хлориду.

За результатами рентгенофазового аналізу продуктами синтезу методом гомогенного гідролізу церій (III) нітрату та манган (II) сульфату у присутності ГМТА є кристалічні оксиди  $\text{CeO}_2$  кубічної сингонії з параметрами кристалічної ґратки:  $a = 5,41(6) \text{ \AA}$ ,  $V = 158,9 \text{ \AA}^3$ , середнім розміром часток 7 нм і  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  тетрагональної сингонії з параметрами кристалічної ґратки:  $a = 5,75(8)$ ,  $c = 9,44(6) \text{ \AA}$ ,  $V = 313,2 \text{ \AA}^3$ , середнім розміром часток 27 нм.

Із розчинів солей кобальту і цирконію утворюються рентгеноаморфні зразки гідрокси/оксосополук цирконію або кобальту, які після прожарювання при 700 °С протягом 2 год утворюють сесквіоксид  $\text{Co}_2\text{O}_3$  кубічної сингонії з параметрами кристалічної ґратки:  $a = 8,07(4) \text{ \AA}$ ,  $V = 526,4 \text{ \AA}^3$  і середнім розміром часток 33 нм та  $\text{ZrO}_2$  моноклінної сингонії з параметрами кристалічної ґратки:  $a = 5,14(2)$ ,  $b = 5,19(8)$ ,  $c = 5,30(9) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 99,1^\circ$ ,  $V = 140,1 \text{ \AA}^3$ , середнім розміром часток 14 нм.

## **МЕТАБОЛІЗМ ТА ХАРЧУВАННЯ СПОРТСМЕНІВ ЯК ОБ'ЄКТ СУЧАСНОЇ ХІМІЧНОЇ НАУКИ**

**Квак О. В.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

У сучасних умовах інтенсифікації спортивної підготовки та зростання вимог до фізичної працездатності спортсменів питання раціонального харчування набуває особливої наукової та практичної значущості. Підвищені тренувальні та змагальні навантаження супроводжуються суттєвими змінами енергетичного, пластичного та регуляторного обміну, що потребує глибокого біохімічного аналізу механізмів адаптації організму.

За даними Міністерства молоді та спорту України, в Україні систематично займаються спортом сотні тисяч осіб, а професійна підготовка спортсменів здійснюється в десятках спеціалізованих закладів та олімпійських центрів. Зростання інтенсивності тренувальних навантажень (до 20–30 годин на тиждень у спортсменів високої кваліфікації) обумовлює підвищені енергетичні витрати, які можуть перевищувати 4000–6000 ккал на добу залежно від виду спорту. У таких умовах адекватне нутритивне забезпечення стає критичним фактором збереження працездатності.

Українські наукові дослідження підтверджують актуальність цієї проблеми. Зокрема, фахівці Національний університет фізичного виховання і спорту України проводять дослідження енергетичного обміну та особливостей відновлення спортсменів

різних спеціалізацій (легка атлетика, єдиноборства, ігрові види спорту) [3]. У їхніх роботах встановлено, що дефіцит вуглеводів у раціоні корелює зі зниженням показників витривалості та підвищенням рівня лактату в крові після навантажень.

Метаболізм спортсмена характеризується високою варіабельністю залежно від виду спорту, інтенсивності навантажень, віку, статі та індивідуальних особливостей. Недостатнє або незбалансоване надходження макро- і мікронутрієнтів може призводити до зниження спортивної результативності, розвитку синдрому перетренованості, порушень гормонального балансу та імунної дисфункції [1].

Сучасна наука, зокрема біохімія, аналітична хімія та молекулярна біологія, надає інструменти для детального вивчення енергетичних шляхів (гліколіз,  $\beta$ -окиснення жирних кислот, окисне фосфорилування), механізмів синтезу та деградації білків, а також процесів оксидативного стресу. Використання високочутливих методів аналізу біологічних рідин дозволяє оцінювати функціональний стан спортсменів у динаміці тренувального процесу.

Особливої актуальності набуває концепція персоналізованого харчування, що базується на індивідуальних метаболічних профілях, генетичних особливостях та показниках біомаркерів. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність відновлення, оптимізувати співвідношення анаболічних і катаболічних процесів та мінімізувати ризики метаболічних порушень.

В умовах розвитку професійного та аматорського спорту в Україні проблема науково обґрунтованого харчування є важливою складовою системи збереження здоров'я спортсменів та підвищення конкурентоспроможності на міжнародній арені. За результатами українських досліджень, до 30–40 % спортсменів аматорського рівня не дотримуються рекомендованого співвідношення макронутрієнтів, а близько третини використовують спортивні добавки без попередньої консультації з фахівцями. Це свідчить про необхідність подальших біохімічних і нутріціологічних досліджень та впровадження доказових підходів у спортивну практику [3].

Отже, дослідження метаболізму та нутритивного забезпечення спортсменів є актуальним напрямом сучасної хімічної науки з вагомим практичним значенням.

Енергетичні потреби спортсменів забезпечуються синтезом аденозинтрифосфату (АТФ), який утворюється в процесах гліколізу, циклу трикарбонових кислот та окисного фосфорилування.

В умовах інтенсивних навантажень активуються як аеробні, так і анаеробні механізми енергозабезпечення. Вуглеводи є основним швидкодоступним джерелом енергії, жири забезпечують тривале навантаження, а білки виконують структурну та регуляторну функції.

Гормональна регуляція (інсулін, глюкагон, адреналін, кортизол) координує анаболічні й катаболічні процеси, впливаючи на ефективність відновлення та адаптації організму [2].

Розвиток аналітичної хімії дозволяє здійснювати точний біохімічний моніторинг стану спортсменів (визначення рівня лактату, ферментів, електролітів). Особливу увагу приділено дослідженню механізмів дії спортивних добавок (креатин, амінокислоти з розгалуженим ланцюгом, ізотонічні розчини). Наукові дані підтверджують ефективність деяких із них за умови раціонального застосування.

Перспективним напрямом є нутрігеноміка та персоналізоване харчування, що враховує генетичні особливості метаболізму спортсмена.

Надмірне або неконтрольоване використання добавок може спричиняти метаболічні порушення. Окремою проблемою залишається застосування заборонених речовин і розробка високочутливих хімічних методів їх виявлення. Інтенсивні фізичні навантаження можуть призводити до дефіциту мікронутрієнтів та розвитку оксидативного стресу.

Подальший розвиток метаболоміки, біомаркерів втоми та відновлення, а також створення функціональних харчових продуктів відкривають нові можливості для оптимізації спортивного харчування. Інтеграція сучасних аналітичних методів і цифрових технологій сприятиме формуванню індивідуалізованих програм підтримки спортсменів.

Хімічна наука є фундаментом сучасного розуміння метаболізму спортсменів. Раціональне харчування, засноване на біохімічних принципах, забезпечує підвищення фізичної працездатності, ефективне відновлення та збереження здоров'я. Подальші дослідження у сфері метаболічної адаптації та персоналізованого харчування визначатимуть перспективи розвитку спортивної науки.

#### Список використаних джерел

1. Гунина Л. М., Лисенко О. М. Метаболічні маркери адаптації спортсменів до інтенсивних фізичних навантажень. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. 2020. № 3. С. 45–52.
2. Кашуба В. О., Гончарова Н. М. Порушення мікронутрієнтного статусу спортсменів та шляхи їх корекції. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2023. № 2. С. 14–22.
3. Шинкарук О. А., Тищенко В. О. Сучасні підходи до використання спортивних добавок у підготовці спортсменів. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. 2023. № 1. С. 30–37.

## ХІМІЧНІ ОСНОВИ ОБМІНУ РЕЧОВИН У РОСЛИННОМУ ОРГАНІЗМІ

Красовський В. С.

Полтавський національний педагогічний університет ім. В. Г. Короленка

Обмін речовин у рослинному організмі являє собою складну систему взаємопов'язаних хімічних процесів, що відбуваються на клітинному та молекулярному рівнях і забезпечують життєдіяльність рослин. До цих процесів належать реакції анаболізму, спрямовані на синтез органічних сполук, і катаболізму, пов'язані з їх розщепленням та вивільненням енергії. Основними хімічними компонентами обміну речовин у рослин є вуглеводи, білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти та мінеральні елементи, які вступають у численні біохімічні реакції за участю ферментів.

Саме ферментативний характер метаболічних процесів забезпечує їх високу швидкість, специфічність і регуляцію, що дозволяє рослинам ефективно реагувати на зміни умов навколишнього середовища, зокрема освітлення, температури та вологості [1, с. 85].

Особливе значення в обміні речовин рослин має фотосинтез як провідний анаболічний процес, у ході якого відбувається синтез органічних речовин з вуглекислого газу та води з використанням енергії сонячного світла. У результаті фотосинтезу

утворюються вуглеводи, які слугують джерелом енергії та будівельним матеріалом для клітин, а також беруть участь у подальших хімічних перетвореннях. Не менш важливим є процес клітинного дихання, що забезпечує окиснення органічних сполук і накопичення енергії у вигляді макроергічних сполук.

Взаємодія процесів фотосинтезу, дихання та мінерального живлення формує цілісну систему обміну речовин, від якої залежать ріст, розвиток і продуктивність рослин, що має важливе практичне значення для сільського господарства та біотехнологічних досліджень.

Обмін речовин у рослинному організмі поділяється на два взаємопов'язані напрями — анаболізм (пластичний обмін) і катаболізм (енергетичний обмін), які разом забезпечують підтримання гомеостазу та нормальне функціонування клітин [2, с. 134]. Анаболічні процеси спрямовані на синтез складних органічних сполук, таких як вуглеводи, білки та ліпіди, з простіших молекул і супроводжуються витратами енергії.

Провідну роль в анаболізмі рослин відіграє фотосинтез, у ході якого відбувається утворення органічних речовин із неорганічних сполук. Синтезовані речовини використовуються для побудови клітинних структур, росту тканин і забезпечення фізіологічних процесів, що визначають розвиток рослинного організму.

Катаболічні процеси, навпаки, пов'язані з розщепленням складних органічних сполук до простіших із вивільненням енергії, необхідної для перебігу життєво важливих реакцій. Хімічною основою катаболізму є реакції окиснення, відновлення, гідролізу та декарбоксілювання, що відбуваються за участю специфічних ферментів і коферментів. Енергія, яка виділяється в результаті катаболічних перетворень, акумулюється у вигляді макроергічних сполук, зокрема аденозинтрифосфату, та використовується для забезпечення активного транспорту речовин, синтетичних процесів і адаптації рослин до змін умов навколишнього середовища.

Вуглеводи в рослинному організмі становлять велику й різноманітну групу органічних сполук, які поділяються на моносахариди, олігосахариди та полісахариди. До моносахаридів належать глюкоза, фруктоза та рибоза, які є первинними продуктами фотосинтезу та універсальними джерелами енергії для клітин [3, с. 45]. Олігосахариди, зокрема сахароза та мальтоза, виконують переважно транспортну функцію: сахароза є основною формою перенесення вуглецю від листків до інших органів рослини. Полісахариди представлені крохмалем, целюлозою, геміцелюлозами та пектинами, які забезпечують запас поживних речовин, формування клітинних стінок і підтримання механічної міцності рослинних тканин.

Утворення вуглеводів у рослин відбувається переважно в процесі фотосинтезу, який здійснюється в хлоропластах зелених клітин за участю хлорофілу та світлової енергії. Під час світлової фази фотосинтезу утворюються енергетичні сполуки, що забезпечують перебіг темної фази, в якій відбувається фіксація вуглекислого газу та синтез глюкози.

Надалі глюкоза може перетворюватися на інші вуглеводи — сахарозу для транспортування, крохмаль для запасання або целюлозу для побудови клітинних оболонок [4, с. 120]. Ці хімічні перетворення відбуваються за участю ферментів і є важливими для регуляції обміну речовин та адаптації рослин до умов середовища.

Вивчення вуглеводів у рослин має значну історію та пов'язане з іменами видатних учених. Перші уявлення про фотосинтез як джерело утворення органічних речовин були сформульовані Яном Ингенгаузом та Жаном Сенеб'є у XVIII столітті. У XIX столітті Юстус фон Лібіх і Юліус Сакс зробили вагомий внесок у дослідження ролі крохмалю як

запасної форми вуглеводів у рослинах. Подальші дослідження структури та функцій вуглеводів дали змогу глибше зрозуміти хімічні основи росту, розвитку та продуктивності рослин, що має важливе значення для сучасної біології, агрохімії та біотехнології.

Білки є одними з найважливіших біомолекул рослинного організму та беруть участь у більшості фізіологічних і біохімічних процесів. Вони виконують структурну функцію, входячи до складу клітинних мембран, цитоскелета та клітинних органел, а також транспортну — забезпечують перенесення іонів і молекул крізь мембрани та по судинній системі рослин. Крім того, білки відіграють регуляторну роль, беручи участь у передачі сигналів, контролі росту та розвитку рослин, а також у захисних реакціях на дію стресових факторів навколишнього середовища.

Особливе місце серед білків займають ферменти — біологічні каталізатори, які визначають швидкість і напрямок обміну речовин у рослинних клітинах [5, с. 56]. Ферменти забезпечують перебіг таких ключових процесів, як фотосинтез, дихання, синтез амінокислот і нуклеїнових кислот, а також перетворення вуглеводів і ліпідів.

Їх висока специфічність зумовлена унікальною просторовою структурою білкових молекул, що дозволяє точно взаємодіяти з субстратами. Завдяки ферментативному каталізу метаболічні реакції відбуваються за фізіологічних умов, забезпечуючи нормальне функціонування, ріст і адаптацію рослинного організму.

Ліпіди є однією з основних груп органічних сполук рослинного організму та відіграють ключову роль у структурній організації клітин. Вони входять до складу біологічних мембран, зокрема плазматичної мембрани, мембран хлоропластів, мітохондрій та ендоплазматичної сітки. Фосфоліпіди та гліколіпіди, завдяки своїй амфифільній хімічній будові, формують ліпідний бішар, що забезпечує вибіркочку проникність мембран, підтримання іонного балансу та стабільність внутрішнього середовища клітини [6, с. 210]. Крім структурної функції, ліпіди виконують захисну роль, оберігаючи клітинні структури від механічних ушкоджень і впливу несприятливих факторів довкілля.

Важливою функцією ліпідів є участь в енергетичному обміні рослин, оскільки вони слугують концентрованим джерелом енергії та запасуються переважно у насінні й плодах у вигляді олій. Під час проростання насіння ліпіди зазнають ферментативного розщеплення з утворенням жирних кислот і гліцеролу, які включаються в подальші метаболічні шляхи.

Окремі групи ліпідів, зокрема фітогормони та сигнальні ліпідні молекули, беруть участь у регуляції росту, розвитку та адаптаційних реакцій рослин. Таким чином, ліпіди є не лише структурними й енергетичними компонентами, а й важливими регуляторами фізіологічних процесів у рослинному організмі.

Фотосинтез є центральним анаболічним процесом рослинного метаболізму, що відбувається в хлоропластах і забезпечує синтез органічних сполук із неорганічних субстратів — діоксиду карбону та води — за рахунок енергії світла. Його хімічна основа включає світлові та темнові реакції, у ході яких енергія фотонів трансформується в хімічну енергію АТФ і відновлювальний потенціал НАДФ·Н, що використовуються в циклі Кальвіна для фіксації вуглецю [7, с. 30]. У результаті цих реакцій утворюються вуглеводи, які слугують базовими метаболітами для синтезу інших органічних сполук — амінокислот, ліпідів та нуклеотидів. Таким чином, фотосинтез є фундаментом пластичного обміну рослин і визначає їхню автотрофну природу.

Дихання рослин, на відміну від фотосинтезу, є катаболічним процесом, спрямованим на окиснення органічних речовин з вивільненням енергії, необхідної для підтримання життєдіяльності клітин. Воно відбувається у мітохондріях і включає низку послідовних хімічних реакцій, зокрема гліколіз, цикл трикарбонових кислот і окисне фосфорилування.

У процесі дихання енергія хімічних зв'язків органічних молекул акумулюється у формі АТФ, яка використовується для синтетичних, транспортних і регуляторних процесів. Фотосинтез і дихання перебувають у тісному метаболічному взаємозв'язку, оскільки продукти фотосинтезу є субстратами дихання, а кінцеві продукти дихання використовуються в процесі фотосинтезу, що забезпечує цілісність обміну речовин у рослинному організмі [8, с. 98].

Хімічні основи обміну речовин у рослинному організмі ґрунтуються на сукупності ферментативно керованих реакцій окиснення-відновлення, гідролізу, конденсації та ізомеризації, що відбуваються на молекулярному рівні. У цих процесах ключову роль відіграють вуглеводи як первинні продукти фотосинтезу, які вступають у подальші хімічні перетворення, забезпечуючи синтез амінокислот, ліпідів і нуклеотидів.

Білки, зокрема ферменти, визначають швидкість і спрямованість метаболічних реакцій завдяки своїй просторовій структурі та активним центрам, тоді як ліпіди формують мембранні матриці, у межах яких відбувається впорядкований перебіг біохімічних процесів [10, с. 160]. Таким чином, обмін речовин у рослин є результатом скоординованої взаємодії хімічних сполук і реакцій, що забезпечують стабільність внутрішнього середовища клітини та її адаптацію до змін умов існування.

#### **Список використаних джерел**

1. Білявський Г. О. Загальна біохімія : підручник. Київ : Вища школа, 2016. 312 с. С. 85–112.
2. Бойко О. Л. Фізіологія рослин : навчальний посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 280 с. С. 134–168.
3. Гродзінський Д. М. Метаболізм рослин і його регуляція. Київ : Наукова думка, 2015. 356 с. С. 45–79.
4. Жукова Н. В. Біохімія рослин : навчальний посібник. Харків : ХНУ, 2019. 298 с. С. 102–140.
5. Злобін Ю. А. Основи фізіології рослин. Суми : Університетська книга, 2017. 240 с. С. 56–90.
6. Костюк П. Г. Загальна біологія : підручник для вищих навчальних закладів. Київ : Либідь, 2014. 416 с. С. 210–245.
7. Мусієнко М. М. Фотосинтез і дихання рослин. Київ : Фітосоціоцентр, 2016. 220 с. С. 30–68.
8. Пономаренко С. П. Хімічні основи життєдіяльності рослин. Одеса : Астропринт, 2020. 264 с. С. 98–133.
9. Романенко О. В. Біоорганічна хімія : підручник. Київ : Медицина, 2015. 384 с. С. 160–198.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ У СУЧАСНОМУ НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Коваленко О. А., Кузнецова Т. Ю., Куленко О. А.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Використання рослинних відходів – це не просто спосіб позбутися сміття, а перехід до циркулярної економіки, де ресурси використовуються максимально ефективно. Рослинні залишки (солома, лушпиння, гілки, зіпсовані овочі) мають колосальний енергетичний та промисловий потенціал. З кукурудзяного крохмалю або целюлози виготовляють пакети та посуд, що повністю розкладаються за кілька місяців. Солом'яні блоки використовують як утеплювач, а з конопель (костриці) роблять «костробетон» – легкий та екологічний матеріал. Виробництво паперу зі соломи або стебел кукурудзи дозволяє зберігати цілі лісові масиви. Рослинні відходи є ідеальним субстратом для грибівництва. Солома зернових культур, лушпиння соняшнику та навіть кавова гуща використовуються для вирощування гливи або печериць. Після зняття врожаю грибів використаний субстрат стає ще ціннішим органічним добривом. Таким чином, можна виокремити основні напрями використання рослинних відходів у сучасному народному господарстві:

Використання як кормів для худоби. Солому зернових культур використовують у годівлі, в основному, великої рогатої худоби. Внаслідок невисокої поживності та перетравності, солому використовують, головним чином, для надання раціону необхідного обсягу, або як добавку до раціонів з великою кількістю соковитих кормів. Для поліпшення поїдання соломи застосовують різні способи підготовки – подрібнення, запарювання, присмачування, обробку хімічними речовинами (кальцинованою содою, вапном, аміаком та ін.). Поширено також гранулювання соломи у суміші з концентратами та штучно висушеною травою [1, 2].

Використання як вихідного матеріалу для будівництва будинків. Дана технологія будівництва свою популярність завоювала завдяки низькій вартості та значній економії енергії. Будинки із соломи надзвичайно стійкі, екологічно чисті та енергозберігаючі, але є й ще одна важлива перевага, яку вони мають. Вони також стійкі до землетрусів. Тому вони ідеально підходять для сейсмоактивних регіонів [1, 3].

Текстильні волокна. Солома льону, конопель та інших прядильних рослин – сировина для отримання трести, з якої виділяють текстильні волокна.

Використання як сировини для виробництва біопалива. Фахівці сільськогосподарського університету міста Вахінінген відкрили спосіб отримання автомобільного палива із соломи. Вчені вигадали технологію, згідно з якою солома нагрівається до високої температури і до неї додають спеціальні ферменти, завдяки чому утворюється цукру. На наступному етапі за допомогою бактерій цукру утворюється етанол, який використовується як паливо для автомобілів. За підрахунками вчених, при переробці 5 тон соломи за вказаною технологією, отриманого біопалива вистачить автомобілю на рік їзди [1, 4].

Сировина для виготовлення паперу. Папір для копіювання, що містить 80% солом'яної потерті та 20% деревного волокна, представила канадська компанія Prairie Pulp& Paper Inc. На думку фахівців, впровадження подібних технологій виробництва дозволяють поступово відмовитися від використання деревини та відчутно знижують ціну на екологічний папір [1, 4].

Солома як конструкційний матеріал. Фахівці Університету Іллінойсу розробили та запатентували технологію, за якою солому подрібнюють, змішують з полімерами, спресовують та ламінують, отримуючи аналог деревинної орієнтовано-стружкової плити. Упроваджувати розробку в життя взялася спеціально для цього створена в Техасі компанія Corn Board Manufacturing Inc. (CBMI). Солом'яні плити під торговою маркою CornBoard за описом їх виробника чудово підходять для всього: облицювання стін, підлоги, покрівельних робіт, виробництва дверей, меблів і навіть скейтбордів. Причому для звичайного двоповерхового будинку знадобиться солома всього з гектара землі, що суттєво економить деревину – не так легко відновлюваний ресурс, як солома [1].

Використання як добрива. В останні роки, поряд із традиційними видами органічних добрив, стала широко використовуватися солома зернових культур, не призначена для потреб тваринництва. Внесення соломи практично виключає втрати тонкодисперсної частини ґрунту, а разом з ним і гумусу від вітрової та водної ерозії [1]. Заздалегідь внесена в ґрунт солома стимулює азотфіксуючу здатність бобових культур та суттєво підвищує їх урожай. Органічна речовина соломи є джерелом вуглекислого газу, споживаного рослинами. Внесення соломи запобігає вимиванню розчинного азоту, закріпленого в органічних сполуках, підвищує доступність фосфатів, покращує умови живлення рослин. Систематичне застосування соломи на кислих ґрунтах поступово зменшує їхню кислотність.

Виготовлення одноразового посуду. Головна перевага даного матеріалу – повна відсутність у складі хімічних добавок та шкідливих для організму людини речовин. Усе частіше солідні ресторани, кафе та мережі швидкого харчування, які дбають про здоров'я своїх клієнтів та стан навколишнього середовища, беруть на озброєння саме такий одноразовий посуд і столові прибори. По-перше, з посудом та упаковкою з пшеничної соломи дуже легко працювати: вирішується проблема повторного використання, адже звичайні тарілки потрібно чистити та мити. По-друге, посуд відрізняється високими експлуатаційними характеристиками. І, по-третє – екопосуд просто утилізувати [1].

Основними замовниками досліджень та вдосконалення технології парового вибуху є виробники целюлози та паперу з деревної маси [4]. Наприклад, шведськими фахівцями отримана деревна маса методом парового вибуху з метою її подальшої переробки в целюлозу і папір [2, 1]. При цьому досягаються переваги, зумовлені зменшенням пошкодження волокна, більшою міцністю та еластичністю волокон та паперу, на 70 % знижуються витрати енергії порівняно зі способами одержання термомеханічної та хіміко-термомеханічної деревної маси [3, 4].

Лігноцелюозна маса після вибухового автогідролізу знаходить застосування і як грубий корм для жуйних тварин [2]. Висловлено думку про те, що мікробіологічні аспекти застосування вибухового автогідролізу є домінуючими [1], хоча аналіз великої кількості літературних джерел не дозволяє вважати це твердження справедливим.

Одним із перспективних напрямів застосування підірваної парою деревини є вилучення органічних продуктів, що утворюються після її паро-вибухової обробки [2, 4].

Також обговорено технології розщеплення деревної тріски парою високого тиску та подальшого виділення геміцелюлоз у вигляді 10%-ного водного розчину, а також цукрів, лігніну та целюлози. Аналізуються проблеми хімічного та біохімічного перетворення компонентів деревини: отримання, очищення та концентрування ксилоолігосахаридів, виробництво ферментів, що обсахарюють целюлозу, виділення

термофільних та лужностійких дріжджів, процеси одночасного оцукрювання та ферментації целюлози.

У цих та інших аналогічних дослідженнях використано основну перевагу вибухового автогідролізу, що полягає в можливості подальшого відносно легкого поділу продукту на окремі компоненти [1, 2] за рахунок утворення великої кількості водо-, діоксан- і лужнорозчинних речовин, кожен з яких потім знаходить відповідне застосування. Навіть лігнін, що є неліквідним побічним продуктом звичайного гідролізного виробництва, через свою низьку реакційну здатність, в результаті вибухового автогідролізу модифікується і набуває високу реакційну здатність. Це уможливило його подальше використання [3, 4].

Запропоновано методику виробництва композиційних матеріалів з лігноцелюлозної сировини без використання синтетичних сполучних речовин. Після баротермічної обробки лігноцелюлозний матеріал перетворюється на продукт волокнистої або аморфної форми світло- або темно-коричневого кольору, придатний після висушування для гарячого пресування композиційних волокнистих плитних матеріалів без введення будь-яких сполучних речовин. Застосування технології вибухового автогідролізу у всіх випадках сприяє більш повному використанню різних частин деревини та різноманітних рослинних залишків.

#### **Список використаних джерел**

1. Комплексне перероблення рослинної сировини : Комплексна хімічна переробка деревини : навч. посіб. для студентів, котрі навчаються за програмою підготовки бакалаврів / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. В.В. Галиш, О.В. Яценко, І.В. Трембус. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 104 с.
2. Технологічні основи безвідходних виробництв / уклад. О.А. Караїм. Луцьк : Вежа друк, 2014. 88 с.
3. Токарчук Д. М. Управління ефективним використанням сільськогосподарських відходів для виробництва біогазу. м. Вінниця, Україна : Вінницький національний аграрний університет. *Облік і фінанси*. 2018. № 3. С. 133 – 139.
4. Крвавич А. С. Екстрагування біологічно активних речовин з біомаси *Gladiolus imbricatus*, культивованої в умовах *in vitro* : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 / Крвавич Анна Сергіївна ; Нац. ун-т «Львівська політехніка». Львів, 2016. 159 с.

## **ІНГІБУВАННЯ КОРОЗІЇ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ НА СТАДІЇ РЕПАСИВАЦІЇ КОМПОЗИЦІЄЮ АЛЬГІНАТУ ТА АЦЕТАТУ ЦИНКУ**

**Корній С. А., Зінь І. М., Хлопик О. П., Сободош Н. Й.**

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

Алюмінієві сплави широко застосовуються в промисловості завдяки високій корозійній тривкості, яка забезпечується захисною оксидною плівкою на їх поверхні [3]. Однак, в умовах експлуатації алюмінієві сплави часто зазнають механічного навантаження, що призводить до руйнування оксидної плівки й інтенсифікації корозійних процесів. У такому випадку відкривається ювенільна поверхня, яка активно взаємодіє з водним середовищем і алюмінієвий сплав пришвидшено кородує. Ефективним і економічно доцільним способом захисту від корозійно-механічного руйнування є

застосування інгібіторів корозії [2, 4, 5]. Перспективними екологічно безпечними інгібіторами є природні біополімери, зокрема альгірати, які утворюють стійкі комплекси з катіонами металів. Показано, що композиція на основі натрію альгірату та ацетату цинку ефективно інгібує корозію алюмінієвих сплавів [1], однак потребує оцінювання в умовах коли пасивна оксидна плівка на алюмінієвому сплаві механічно пошкоджується. Тому мета роботи – дослідження антикорозійного захисту композиції на основі натрію альгірату та цинку ацетату на стадії репасивації алюмінієвого сплаву.

Ефективність інгібіторів корозії на стадії репасивації алюмінієвого сплаву Д16Т досліджували з використанням спеціального пристрою типу «гільйотина» відповідно до методики [6]. Для випробувань застосовували зразки у вигляді дроту зі сплаву Д16 діаметром 2 мм. Кінетику електродного потенціалу механічно активованої поверхні сплаву за стаціонарного значення потенціалу вільної корозії реєстрували за допомогою потенціостату Gill AC із використанням насиченого хлорид-срібного електрода порівняння Ag/AgCl та платинового допоміжного електрода. Корозійним середовищем слугував 0,1%-й водний розчин хлориду натрію. Як інгібітори корозії використовували альгірат натрію, ацетат цинку та їх композицію зі співвідношенням компонентів 1:1. Концентрація інгібіторів у корозійному середовищі становила 1 г/л.

Кінетичні залежності потенціалу поверхні алюмінієвого сплаву в хлоридному та інгібованих середовищах мали загалом подібний характер, що свідчить про однакову послідовність основних електрохімічних стадій процесу репасивації. На початковому етапі випробувань потенціал неактивованого алюмінієвого сплаву перебував у діапазоні – 570...–580 мВ, що відповідає наявності на поверхні металу стабільної природної оксидної плівки, яка забезпечує відносно пасивний стан сплаву. У момент механічної активації спостерігалось різке зниження потенціалу приблизно на 1300–1400 мВ, що зумовлено руйнуванням захисного оксидного шару та оголенням електрохімічно активної металевої поверхні. Такий стрибок потенціалу відображає перехід системи до активного стану розчинення алюмінію в агресивному хлоридному середовищі. Подальше поступове зростання потенціалу свідчить про перебіг процесів репасивації, пов'язаних із відновленням оксидно-гідроксидної плівки та її ущільненням, а також про формування нової захисної плівки, стабілізованої компонентами інгібованого середовища, що зрештою призводить до поступового відновлення пасивного стану поверхні сплаву.

Репасивація поверхні алюмінієвого сплаву після механічної активації відбувається з різною швидкістю на окремих часових інтервалах. Електродний потенціал не відновлюється миттєво до початкового рівня. Найінтенсивніше зростання потенціалу спостерігається у перші секунди після гільйотинування, після чого швидкість його відновлення поступово зменшується. Встановлено, що в усіх досліджуваних середовищах повернення потенціалу до стаціонарного значення відбувається приблизно через 1500 с, тоді як на початковій часовій ділянці (до 200 с) фіксується найбільш інтенсивна зміна електрохімічних параметрів. Вплив інгібіторів корозії на часові залежності потенціалу сплаву проявляється у зміні різниці  $\Delta E$  між стаціонарним потенціалом металу та його значенням після заданого часу репасивації (табл. 1). Інгібітори, які забезпечують швидше повернення потенціалу до початкових значень після припинення механічної дії, можуть вважатися перспективними для захисту алюмінієвого сплаву в умовах корозійно-механічного руйнування. Результати досліджень показали, що через 200 с найменші значення  $\Delta E$  спостерігалися у середовищах, інгібованих ацетатом цинку ( $\Delta E = 145$  мВ) та композицією на основі ацетату цинку і натрію альгірату ( $\Delta E = 175$  мВ). Натомість у

хлоридному розчині, а також за наявності лише натрію альгінату, значення ΔЕ становили відповідно 240 і 250 мВ, що свідчить про їх нижчу ефективність на початковій стадії відновлення захисної плівки.

Таблиця 1.

Різниця між стаціонарним потенціалом зразка алюмінієвого сплаву та його потенціалом після репасивації (ΔЕ) в корозивному середовищі.

Корозивне середовище	неінгібований 0,1% р-н NaCl	0,1% р-н NaCl + 1 г/л натрію альгінату	0,1% р-н NaCl + 1 г/л цинку ацетату	0,1% р-н NaCl + 1 г/л натрію альгінату та цинку ацетату (1:1)
ΔЕ, мВ	240	250	145	175

Таким чином встановлено, що застосування композиції натрію альгінату та цинку ацетату у співвідношенні компонентів 1:1 у 0,1% розчині NaCl пришвидшує відновлення електродного потенціалу та репасивацію алюмінієвого сплаву порівняно з неінгібованим середовищем. Показано, що композиція на основі натрію альгінату та цинку ацетату має поліпшені захисні властивості та може бути ефективною для захисту конструкцій з алюмінієвих сплавів в умовах корозійно-механічного руйнування.

#### Список використаних джерел

1. Korniy S.A., Zin I.M., Khlopyk O.P., Sobodosh N.Y. Corrosion inhibition of d16t aluminum alloy by sodium alginate and zinc acetate composition in neutral chloride-containing environment. *Materials Science*. 2024. № 2. P. 109–116.
2. Panagopoulos C.N., Georgiou E.P., Gavras A.G. Corrosion and wear of 6082 aluminum alloy. *Tribology International*. 2009. P. 886–889.
3. Tahkashi H., Chiba M. Role of anodic oxide films in the corrosion of aluminum and its alloys. *Corrosion Review*. 2017. № 1. P. 35–54.
4. Zhang Z., Shekar R., Dandu B., Klu E. E., Cai W. A Review on Tribocorrosion Behavior of Aluminum Alloys: From Fundamental Mechanisms to Alloy Design Strategies. *Corros. Mater. Degrad.* 2023. № 4. P. 594–622.
5. Zhou G., Dai Z., Bu Y., Jiang T. Corrosion wear behaviors of 2024Al in artificial rainwater and seawater at fretting contact. 2009. № 1–4. P. 292–298.
6. Похмурський В.І., Зінь І.М., Кондир А.І., Хлопик О.П. Патент України на корисну модель № 81047. Спосіб експрес-оцінки ефективності інгібіторів корозії за умов механічного руйнування пасивної плівки на поверхні металу. Опубл. 25.06.2013; Бюл. № 12. 4 с.

*Ця робота виконана в рамках проекту № 2025.07/0048 «Розробка нових екологічно безпечних інгібувальних композицій для захисту від трибокорозії та корозійної втоми конструкцій з алюмінієвих сплавів» Національного фонду досліджень України.*

# ІНГІБУВАННЯ КОРОЗІЇ КОМПОЗИЦІЄЮ НА ОСНОВІ КРОХМАЛЮ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В СЛАБОЛУЖНОМУ ХЛОРИДВМІСНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Корній С. А., Тимусь М. Б., Федорів В. І.

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

Бетон є найпоширенішим будівельним матеріалом у світі, однак виробництво портландцементного клінкеру супроводжується значними викидами  $\text{CO}_2$ , які сягають до 8 % глобальних техногенних емісій [1]. У зв'язку з цим активно розробляються та впроваджуються низьковуглецеві цементні системи, а також технології використання рецикльованого бетону. Зменшення вмісту клінкеру в цементі та застосування вторинних заповнювачів сприяють зниженню вуглецевого сліду, проте водночас можуть негативно впливати на експлуатаційні характеристики матеріалу.

Зокрема, зменшення частки клінкеру або використання рецикльованих компонентів призводить до зниження лужності порового розчину бетону. Це, своєю чергою, викликає депасивацію арматурної сталі та сприяє розвитку корозійних процесів, що знижує довговічність залізобетонних конструкцій [2].

Арматурна сталь СтЗсп широко застосовується у виробництві залізобетонних виробів [3]. Її корозійна стійкість безпосередньо залежить від рівня рН порового розчину: зниження лужності призводить до руйнування пасивної плівки на поверхні металу [4], а наявність хлорид-іонів додатково прискорює корозію.

Одним із ефективних способів підвищення довговічності бетонів є застосування інгібіторів корозії, зокрема нітрату кальцію [5]. Водночас сучасні дослідження орієнтовані на використання екологічно безпечних інгібіторів [6–9]. Серед таких сполук перспективним є крохмаль [7]. Хоча його інгібувальна дія переважно досліджена в кислих середовищах [7], існують відомості про позитивний ефект і в лужних системах [10]. Проте застосування одного лише полісахариду не забезпечує достатнього рівня захисту [10].

Корозійну поведінку вуглецевої сталі СтЗсп досліджували у модельному слаболужному розчині  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (рН = 10). Як інгібітори застосовували крохмаль (КР), натрій глютаміновокислий (НГК), кальцій нітрат (КН) та композицію КР+НГК. Концентрація окремих речовин дорівнювала 2 г/л, сумарний вміст компонентів у композиції становив 2 г/л. Електрохімічні дослідження проводили потенціодинамічним методом із використанням потенціостата Gill AC за швидкості розгортки потенціалу 2 мВ/с. Електрод порівняння – хлоридсрібний (ЭВЛ-1М1), допоміжний – платиновий, робочий електрод – сталь СтЗсп з площею поверхні 1 см<sup>2</sup>. Ефективність інгібування оцінювали методом електрохімічної імпедансної спектроскопії при потенціалі відкритого кола в діапазоні частот 10000–0,01 Hz за амплітуди сигналу 10 мВ. Перед експериментами зразки шліфували папером Р320 та знежирювали ацетоном. Імпедансні спектри апроксимували еквівалентною електричною схемою  $R_s(Q_{dl}R_{ct})$ , де  $R_s$  – опір розчину,  $R_{ct}$  – опір переносу заряду,  $Q_{dl}$  – ємність подвійного електричного шару, представлена елементом сталої фази.

Інгібувальну ефективність визначали на основі даних електрохімічної імпедансної спектроскопії за формулою:

$$\eta = \frac{R_{ct} - R_{ct0}}{R_{ct}} \cdot 100 \%$$

де  $R_{ct}$ ,  $R_{ct0}$  – опори переносу заряду металу в середовищі з композицією на основі біополімеру та в неінгібованому середовищі, відповідно.

За проведення електрохімічних досліджень сталі в слаболужному хлоридвмісному середовищі із застосуванням синергічної композиції 2 g/l (КР+НГК) 1:1 та 2 g/l НГК встановлений досить високий ефект в інгібуванні корозії металу (рис. 1).

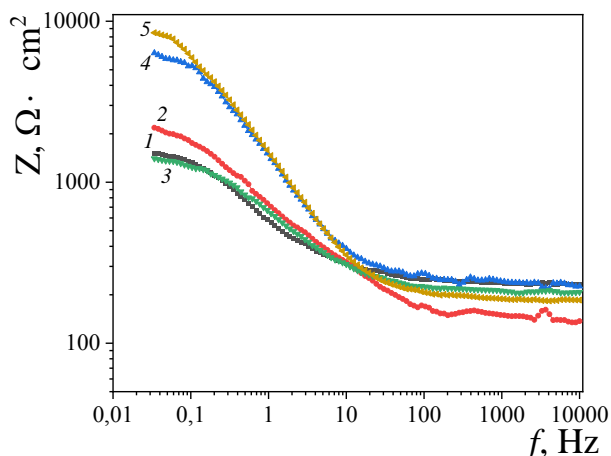


Рис. 1. Імпедансні залежності сталі після 24 h експозиції в слаболужному хлоридвмісному неінгібованому розчині  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 1 \text{ g/l NaCl}$  (a) та інгібованих:  
2 – 2 g/l КН; 3 – 2 g/l КР; 4 – 2 g/l НГК;  
5 – 2 g/l (КР+НГК) 1:1.

За використання композиції 2 g/l (КР+НГК) 1:1 та експозиції 24 h модуль імпедансу за частоти 0,1 Hz  $Z_{0,1}$  становить  $6,2 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^2$  (рис. 1), поляризаційний опір металу  $R_{ct}$   $9,1 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^2$  (табл. 3). За наявності 2 g/l НГК ці характеристики становлять відповідно  $5,1 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^2$  та  $6,5 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^2$  (табл. 3). Характерно, що кращі інгібувальні властивості, за цієї часової експозиції, проявляються в синергічній композиції КР+НГК порівняно з НГК. За більшої тривалості витримки (120 h) зазначена тенденція зберігається (рис. 2).

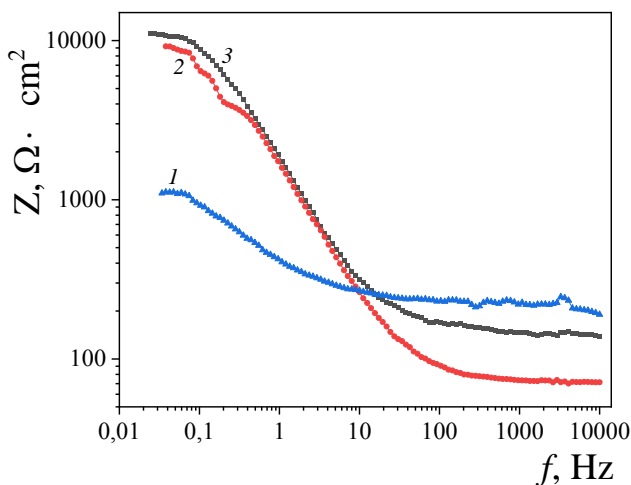


Рис. 2. Імпедансні залежності сталі після 120 h експозиції в слаболужному хлоридвмісному неінгібованому розчині  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 1 \text{ g/l NaCl}$  (a) та інгібованих:  
2 – 2 g/l НГК; 3 – 2 g/l (КР+НГК) 1:1.

За експозиції 120 h (рис. 2) опір переносу заряду  $R_{ct}$  сталі в розчині, що містив 2 g/l (КР+НГК) 1:1 став на один порядок вищим  $1,2 \cdot 10^4 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^2$  порівняно з  $R_{ct}$   $9,3 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^2$  в 2 g/l НГК та  $1,2 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^2$  в неінгібованому слаболужному хлоридвмісному середовищі (табл. 1). Використання одного КР та КН в досліджуваному корозійному середовищі не дало позитивного результату, оскільки поверхня була вкрита продуктами корозії вже після 24 h експозиції.

Встановлено за характеристиками еквівалентного електричного кола  $R_s(Q_{dl}R_{ct})$ , що розраховані на основі імпедансних спектрів сталі в контрольному та інгібованих розчинах, зменшення провідності  $Y_0(Q_{dl})$  на один порядок за 24 h експозиції в розчинах що містили 2 g/l НГК та композицію 2 g/l (КР+НГК) 1:1 (табл. 1) порівняно з неінгібованим хлоридвмісним слаболужним розчином та на два – за експозиції 120 h саме для синергічної композиції КР+НГК, що вказує про утворення на поверхні більш стійкої захисної органічної плівки порівняно з НГК. Це обґрунтовується найвищим ступенем захисту 90 % сталі за тривалої експозиції в хлоридвмісному слаболужному середовищі інгібованому композицією 2 g/l (КР+НГК) 1:1 в (табл. 1).

Таблиця 1.

Характеристики еквівалентного електричного кола  $R_s(Q_{dl}R_{ct})$ , розраховані на основі імпедансних спектрів сталі в контрольному та інгібованих розчинах.

Номер кривої згідно рис. 1, 2	$R_{ct}$ , $\Omega \cdot \text{cm}^2$	$Y_0(Q_{dl})$ , $\text{sn}/\Omega \cdot \text{cm}^2$	$n(Q_{dl})$	$R_s$ , $\Omega \cdot \text{cm}^2$	$\eta$ , %
24 h					
1	1545	$8,8 \cdot 10^{-3}$	0,71	251	-
2	2230	$6,4 \cdot 10^{-3}$	0,85	148	31
3	1388	$9,2 \cdot 10^{-3}$	0,69	220	-
4	6454	$5,6 \cdot 10^{-4}$	0,81	238	76
5	9075	$2,3 \cdot 10^{-4}$	0,83	170	83
120 h					
1	1200	$3,2 \cdot 10^{-3}$	0,69	198	-
2	9298	$4,4 \cdot 10^{-4}$	0,83	81	87
3	12033	$2,3 \cdot 10^{-5}$	0,89	152	90

Примітка:  $Y_0(Q_{dl})$ ,  $n(Q_{dl})$  – провідність та показник степеня елемента сталої фази  $Q_{dl}$ , відповідно;  $R_s$  – опір корозивного середовища.

Інгібувальна дія крохмалю зумовлена його молекулярною будовою, що містить електронно-насичені гідроксильні групи, які забезпечують адсорбцію полісахариду на поверхні металу з утворенням поверхневих комплексів із  $\text{Fe}^{3+}$ . Додавання НГК до крохмалю підсилює його захисний ефект, що, ймовірно, пов'язано зі здатністю НГК переходити в йонний стан і взаємодіяти з металевою поверхнею шляхом хімічної адсорбції за донорно-акцепторним механізмом [13].

Встановлено високу інгібувальну ефективність композиції на основі біополімеру крохмалю за додавання натрію глютаміновокислого на сталі методами електрохімічної імпедансної спектроскопії в корозійно активному хлоридвмісному середовищі, що моделює поровий розчин бетону. Виявлено, що композиція КР+НГК (1:1) сумарною концентрацією 2 g/l інгібує поверхню сталі із ступенем захисту 90 % для хлоридвмісних слаболужних середовищ за тривалої часової експозиції 120 h.

#### Список використаних джерел

1. Adam M. G. O., Koteng D. O., Thuo J. N., Matallah M. Analysing the Effect of Cassava Flour as a Mixture on the Physical, Mechanical and Durability Properties of High-Strength Concrete // Civil Engineering Journal. – 2022. – V. 8. № 12. – P. 3866–3882. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-12-015>.

2. Biopolymers in sustainable corrosion inhibition / Zehra S., Mobin M., Verma C. – London, New York, Boca Raton. – 2024. – P. 263. doi.org/10.1201/9781003400059
3. Challenges in material recycling for postwar reconstruction / V. Troian, V. Gots, E. Keita, N. Roussel, U. Angst, R. J. Flatt // RILEM Technical Letters. – 2022. – 7:39–149. doi.org/10.21809/rilemtechlett.2022.171.
4. DBN B.2.3-6-2009 Transport facilities. Bridges and pipes. Inspection and testing.
5. Danyliak M.-O.M., Zin I.M., Korniy S.A. Corrosion inhibition of low-alloy carbon steel by gum arabic and zinc acetate in neutral chloride-containing environment // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2024. – V.129. – P. 267–277. doi.org/10.1016/j.jiec.2023.08.039.
6. Dorn T., Hirsch T., Stephan D. Working mechanism of calcium nitrate as an accelerator for Portland cement hydration // Journal of American Ceramic Society. – 2023. – № 106. – P. 752–766. doi.org/10.1111/jace.18782.
7. doi.org/10.1016/B978-0-7506-6256-7.X5007-3
8. Glutamic Acid Enhances the Corrosion Inhibition of Polyaspartic Acid on Q235 Carbon Steel / S. Gong, Y. Li, H. Li, L. He, Z. Yan, S. Wang, X. Sun, C. Song // ACS Omega. – 2023. – № 8. – P. 39709–39719. doi.org/10.1021/acsomega.3c05625.
9. Inhibition of the corrosion of carbon steels by trehalose lipid surfactants / Zin I.M., Karpenko O.V., Pokyn'broda T.Ya., Korets'ka N.I., Tymus' M.B., Kwiatkovski L., Kornii S.A. // Materials Science. – 2019. – V. 54, № 4. – P. 477–484. doi:10.1007/s11003-019-00207-0.
10. Korniy S. A., Zin I. M., Tymus M., Khlopyk O., Holovchuk M. Steel corrosion inhibition by microbial polysaccharide and tartrate mixture // Journal of Bio- and Tribo-Corrosion. – 2022. – V. 8, № 1. – P. 1–8. doi.org/10.1007/s40735-021-00605-5.
11. Korniy S. A., Zin I. M., Danyliak M.-O.M., Rizun Y. Y. Eco-Friendly Metal Corrosion Inhibitors Based on Natural Polymers // Materials Science. – 2023. – № 58 (5). – P. 567–578. doi.org/10.1007/s11003-023-00700-7.
12. Panyukov E. V. Reinforced concrete // Encyclopedia of Modern Ukraine. – 2001–2025.
13. Umoren S. A., Eduok U. M. Application of carbohydrate polymers as corrosion inhibitors for metal substrates in different media: A review // Carbohydrate Polymers. – 2016. – V. 140. – P. 314–341. doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.12.038.

## **НАФТА ЯК ПОТЕНЦІЙНИЙ РЕСУРС РІДКІСНИХ МЕТАЛІВ**

**Корольов С. В., Кузнецова Т. Ю.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Нафта та природні бітуми є не лише сировиною для хімічної промисловості та виробництва електроенергії, а також – джерелом цілого ряду цінних продуктів, які мають попит в структурних галузях промисловості багатьох розвинених країн. На даний момент нафта є сировиною для промислового виробництва ванадію, нікелю, технічного вуглецю, сірки та ртуті.

Дані багатьох досліджень свідчать про те, що в нафті присутній ще ряд цінних попутних компонентів, вилучення яких технічно можна здійснити. До цього списку входять рідкісні елементи. До рідкісних відносяться 35 елементів Періодичної системи Д. І. Менделєєва. Частина з них мають власні родовища, а решта є попутними компонентами – домішками в запасах інших корисних копалин. Застосування рідкісних металів в багатьох галузях промисловості призводить до значного покращення якості

виробленої продукції, знижує енергетичні та матеріальні затрати, тим самим забезпечуючи економію природних ресурсів. Саме тому в індустріально розвинених країнах використання рідкісних металів неупинно зростає. Цей ріст супроводжується порівняльним зниженням використання традиційних видів сировини. Наведені в таблиці 1 середньорічні темпи зростання споживання мінеральної сировини ілюструють цю тенденцію [1].

Використання багатьох рідкісних металів в структурних галузях промисловості визначає їх відношення до групи особливо важливих (стратегічних), які забезпечують економічну безпеку та обороноздатність держави. В таблиці 2 наведено перелік таких металів. Окремо виділено елементи, які присутні в нафті. Одним з вище згаданих нетрадиційних джерел рідкісних металів є нафта (особливо їх важкі сірчисті типи).

Таблиця 1.

Середньорічні темпи росту використання мінеральної сировини  
за 2000-2020 рр.

Вид сировини	Приріст, %	Вид сировини	Приріст, %
Al	-2,8	Au	5,0
Mn	0,9	Ta	5,0
Pb	1,1	Sb	5,1
Fe	2,8	Li	6,4
Zn	2,9	In	7,8
V	3,0	Re	7,9
Ag	3,8	Sr	9,0
Nb	3,8	Pt	11,5
Cu	4,5	Ga	11,9

Уже давно за кордоном металонасінні нафти та природні бітуми використовуються як джерела промислового отримання ванадію, нікелю, сірки, ртуті. Зокрема, ванадій та нікель виробляються з важких нафт в США та Канаді в таких масштабах, що вони експортуються у вигляді коксу (золи) для використання в металургії при виробництві високоякісної сталі.

Цей підхід виправданий не лише з точки зору технологічної ефективності і економічної доцільності, але також є важливим фактором захисту навколишнього середовища від техногенного забруднення.

Таблиця 2.

Стратегічно важливі метали.

Стратегічно важливі метали в США	–	Be	Sr	In	–	Ge	Bi	V	Nb	Ta	–	–
----------------------------------	---	----	----	----	---	----	----	---	----	----	---	---

Рідкісні метали, що містяться в нафті	Se	Ga	Sr	Cd	Tl	Ge	Bi	V	–	Mo	Re	U
---------------------------------------	----	----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	---

Серед доказів, на основі яких нафту слід вважати одним із джерел промислового отримання ряду рідкісних, в тому числі стратегічних металів, найбільш значимими є:

1. Великі об'єми добування і переробки важкої нафти. Не дивлячись на те, що вміст рідкісних елементів в металоносних нафтах набагато нижчий, ніж в традиційній рудній сировині, великі об'єми щорічно добутої та переробленої сирової нафти є визначальною умовою великого виробництва концентратів з кондиційним (і навіть надкондиційним) вмістом рідкісних металів в якості попутно отриманих продуктів переробки. Насправді, відомо, що деякі технології, які використовуються для нафтопереробки, дозволяють концентрувати у вигляді досить компактної фази до 90 % ванадію та нікелю, що містяться в нафтах та природних бітумах. При цьому ступінь концентрування цих металів може досягати  $1-2 \cdot 10^3$  [2]. Наприклад, вміст рідкого металу, припустимо ренію, у вихідній сирій нафті складає 0,10 г/т. Тоді переробка 10 млн тон дозволить отримати до 10 т металу, віднесеного до категорії стратегічних.

2. Можливість отримання в процесі нафтопереробки концентратів з кондиційним вмістом одразу декількох рідкісних металів. Максимальні концентрації елементів розподіляються по різних фракціям нафтоперегонки наступним чином [3]:

- газойль (350 °C) – Si, P, Ga;
- газойль (420 °C) – Hf, W, Ru, Pd, Cd, Pb, P, Ga;
- мазут – Ba, Sr, La, Ce, Pr, Nd, Yb, U, Hg, Ge, As;
- гудрон – Co, Mo, Se, Te, Ga, Ag, Re;
- бітум – Rb, Be, B, Mg, Al, Sc, Y, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Zr, Nb, Rh, Cu, Zn, Sb.

Це означає, що існує принципова можливість оптимізації традиційного процесу нафтопереробки так, щоб отримати можливість отримувати концентрати, з кондиційним вмістом набору тих чи інших рідкісних металів (залежно від їх вмісту у вихідній нафті) без збитків для виробництва цільових нафтопродуктів. Зокрема, з наведених даних можна зробити висновок, що концентрування ренію та супутніх елементів – селену, молібдену, срібла тощо – відбувається в гудроновій фракції продуктів нафтопереробки. Подальше підвищення температури фракціонування або глибини переробки (каталітичний крекінг) приводить до осадження цих елементів на стінках реакторів або на каталізаторах. Таким чином, правильно підібравши технологічну схему подальшої переробки гудронової фракції (навіть у межах уже існуючих технологій), можна отримувати такі кількості концентрату з кондиційним вмістом ренію і супутніх елементів, що отримання з них товарних металовмісних продуктів стане рентабельним.

3. Згадана раніше схема «вбудовування» процесу отримання концентратів, які містять рідкісні метали, як попутних компонентів в технологічні процеси широкомасштабної нафтопереробки може привести до того, що рентабельність отримання рідкісних металів з вуглеводневої сировини виявиться набагато вищою, ніж при технологіях отримання рідкісних металів із традиційної рудної сировини.

### Список використаних джерел

1. U.S. Geological Survey. *Mineral Commodity Summaries 2020*. Reston, VA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey; 2020. 200 p. URL: <https://doi.org/10.3133/mcs2020>.
2. Білецький В. С., Вітрик В. Г. Рідкісні метали в нафті: технології концентрування та перспективи видобутку. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2022. № 4. С. 112-118.
3. Коваленко О. П., Смирнов Ю. О. Геохімія рідкісних елементів у нафтопереробних фракціях. *Геохімічний журнал*. 2023. № 2. С. 56-65.

## РОЗПОДІЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ У СКЛАДІ НАФТИ

Корольов С. В., Кузнецова Т. Ю.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Об'єктами дослідження металоносіїв у нафтах стали проби нафти, відібрані з усіх продуктивних горизонтів Глинсько-Розбишівської та Леляківської площ Східного нафтогазоносного родовища, а також проба нафти з єдиного горизонту, де було отримано її слабкий притік, в Яблунівському родовищі. На продуктивних площах разом з нафтою потрапляла вода. На контакті нафта-вода утворювалася пластівцеподібна завись (результат окиснення нафти). Ці складові – власне нафта та пластівцеподібна завись окремо – були досліджені нами за допомогою інструментального нейтронного активаційного аналізу. Визначення мікрокомпонентів в сирих нафтах, в складових нафтової речовини і продуктах їх окиснення проводилося по спеціально розробленій методиці в лабораторії. Із проб сирих нафт та пластівцеподібних зависей відбиралися наважки і розбавлялися петролейним ефіром у співвідношенні 40:1. Розчин витримувався протягом доби, після чого фільтрувався через синю стрічку. По закінченню фільтрації на стрічці та в самій стрічці залишалися асфальтени і нерозчинні домішки. Для видалення компонентів зі стрічки її промивали ефіром через паперовий фільтр, на якому залишався нерозчинний залишок. Матеріал, який пройшов через фільтр, заливали гарячим хлороформом та відганяли до постійної маси. На дні чашок залишалися асфальтени. Основною особливістю даної методики підготовки нафти для аналізу є включення в процес визначення третьої складової нафти – нерозчинного осаду, який залишається на паперовому фільтрі. Даний осад, ймовірно, є результатом полімолекулярного процесу, який супроводжується утворенням гранично конденсованих, сильно зневоднених продуктів ущільнення, які структурно наближаються до суттєво вуглецевих речовин. Декілька проб проаналізували локальним лазерним емісійним спектральним аналізом.

Результати аналізів виявили ряд особливостей в розподіленні металів всередині нафтової речовини.

В асфальтенах з нафти спостерігаються невеликі концентрації (в г/т): цинку – 860, кобальту – 67, срібла – 100, а в асфальтенах із пластівцеподібної зависі – золота – 0,09, вольфраму – 7,9. В нерозчинних осадах з пластівцеподібних зависей міститься максимальний вміст (таблиця 1).

Таблиця 1.

Вміст металів в нерозчинних осадах (г/т).

<b>Елемент</b>	<b>Sr</b>	<b>Rb</b>	<b>Cs</b>	<b>Sb</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Nd</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>	<b>Tb</b>
Вміст	1190	62	3,5	9	41	82	50	7	1	5	0,9	0,6
<b>Елемент</b>	<b>Ta</b>	<b>Sc</b>	<b>Cr</b>	<b>Ba</b>	<b>U</b>	<b>Hg</b>	<b>Si</b>	<b>Al</b>	<b>Fe</b>	<b>Ca</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>
Вміст	5	8	290	19900	7,2	5,6	до 10 %			до 5 %		

В осадах з нафт концентрації перерахованих елементів дещо нижчі.

Дослідження Ні Чжиюн, Чжан Вень, Ліу Цзе та ін. (2024) [1] смол та асфальтенів з крейдових нафт показало, що 60 % золота акумулюється в складі асфальтенів.

У роботі Бена Вонга, Вей Лі, Ву Янга (2023) [2] наведено груповий вуглеводневий склад гудрону нафти з розподіленням ванадію та нікелю за групами (таблиця 2):

Таблиця 2.

Розподілення ванадію та нікелю за групами.

<b>Продукт</b>	<b>Вихід, % мас.</b>	<b>V г/т</b>	<b>Ni г/т</b>
Вихідний гудрон	—	240,2	90,0
Карбоїди	0,1	52,5	7,5
Асфальтени	5,0	110,0	30,0
Смоли	18,0	300,0	350,0
Мастила	76,1	сліди	сліди

Аналіз наведеного матеріалу виявляє три складові в нафтовій речовині, які концентрують відповідні метали:

- асфальтени – Zn, Co, Ag, Au, W;
- вуглецеві речовини – Fe, Ca, Ba, Sr, Rb, Cs, Cr, Se, Hf, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Yb, Lu, Sc, Th, U, Ta, Hg, Sb;
- смоли – V, Ni.

#### Список використаних джерел

1. Zhiyong Ni, Wen Zhang, Jie Liu, Shengbao Shi, Xue Wang, Yang Su. Occurrence of State of Gold in Crude Oil and Its Economic Significance. *Minerals*. 2024. Vol. 14, No. 4. Article 351. URL: <https://doi.org/10.3390/min14040351>.
2. Ben Wang, Wei Li, Wu Yang, Jun Nie, Yiding Zhou, Lushi Sun. Investigation of Gasification Atmosphere on Nickel and Vanadium Transformation of Petroleum Coke by Thermodynamic Equilibrium Calculation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2019, 58 (47). URL: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b03788>.

# ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ ФЕНХЕЛЮ ЗВИЧАЙНОГО

Криворучко А. В., Стрижак С. В., Куленко О. А.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Натуральні ефірні олії є цінною сировиною для фармацевтичної, харчової, косметичної та парфумерної промисловості. Їх якість і споживчі властивості значною мірою залежать від хімічного складу, який формується під впливом біологічних, екологічних і технологічних чинників. Одним із ключових факторів є період вегетації рослин, у який здійснюється збирання ефіроолійної сировини.

Фенхель звичайний (*Foeniculum vulgare* Mill) є перспективним продуцентом ефірної олії з високим вмістом біологічно активних сполук, зокрема анетолу, що зумовлює його широке застосування у медицині та косметології. Водночас мінливість компонентного складу ефірної олії фенхелю потребує науково обґрунтованого контролю якості сировини та готової продукції.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження методів контролю хімічного складу ефірної олії фенхелю та встановлення оптимальних умов її вилучення і збирання рослинної сировини з урахуванням фаз вегетації.

Метою дослідження є обґрунтування ефективних методів контролю показників якості ефірної олії фенхелю звичайного, а також встановлення закономірностей зміни її хімічного складу у різні періоди вегетації.

Об'єктом дослідження була ефіроолійна сировина фенхелю звичайного (*Foeniculum vulgare* Mill), зібрана у різні періоди вегетації: фазу бутонізації, цвітіння зонтиків та повної зрілості плодів.

Для вилучення ефірної олії застосовували методи парової дистиляції та екстракції. Під час екстракції використовували водно-спиртовий розчин різної концентрації за контрольованих температурних режимів і тривалості процесу. Ефективність методів оцінювали за технологічним критерієм ефективності. Компонентний склад ефірної олії визначали методом газової хроматографії [1, 2, 3].

У результаті теоретичного аналізу встановлено, що контроль якості натуральних ефірних олій є комплексним процесом, який включає вхідний та вихідний контроль сировини. Важливими етапами є ідентифікація рослинної сировини, якісний аналіз (визначення наявності окремих компонентів) та кількісний аналіз (визначення їх концентрації) [1, 2, 3].

На основі аналізу літературних джерел та експериментальних даних обґрунтовано застосування парової дистиляції та екстракції для отримання ефірної олії фенхелю. Визначено, що метод парової дистиляції характеризується вищим значенням технологічного критерію ефективності (94,61%) порівняно з методом екстракції (88,21%).

Установлено вплив часу екстракції та температури екстрагента на масову частку виходу екстрагуючих речовин. Оптимальними умовами вилучення ефірної олії фенхелю є екстракція водно-спиртовим розчином концентрацією 60% протягом 120 хв за температури 40 °С.

Експериментально встановлено, що масова частка ефірної олії фенхелю істотно змінюється залежно від періоду вегетації. Найменший вміст ефірної олії зафіксовано у фазі бутонізації, тоді як максимальна масова частка формується у період повної зрілості плодів зонтика.

Хроматографічний аналіз показав, що основним компонентом ефірної олії фенхелю, отриманої методом парової дистиляції, є анетол, вміст якого зростає від 35,01% у період бутонізації до 63,88% у фазі повної зрілості плодів. Загалом ідентифіковано близько 85% компонентів ефірної олії, а також визначено склад ліпідів тригліцеридів і жирних кислот.

Установлено, що на різних етапах вегетації спостерігається різний профіль біологічно активних компонентів:

- у фазі бутонізації – максимальний вміст анетолу та мінімальний вміст камфену;
- у фазі цвітіння зонтиків – підвищений вміст  $\alpha$ -пінену та  $\beta$ -фелландрену;
- у фазі повної зрілості плодів – значне зростання вмісту фенхону.

Отримані результати свідчать про динамічний характер формування хімічного складу ефірної олії фенхелю, що визначає доцільність вибору оптимального часу збирання сировини залежно від цільового призначення продукту.

У результаті проведених досліджень встановлено, що контроль хімічного складу ефірної олії фенхелю є ключовим чинником забезпечення якості готової продукції. Доведено ефективність парової дистиляції як методу вилучення ефірної олії фенхелю та визначено оптимальні умови екстракції. Компонентний склад ефірної олії фенхелю істотно змінюється залежно від фази вегетації рослини, що відкриває можливості для оптимізації строків збирання сировини з метою отримання продукту з прогнозованими властивостями.

#### **Список використаних джерел**

1. Арсеньєва Л. Ю. Зміна жирнокислотного складу жирової сировини під час термічного оброблення харчових продуктів / Л. Ю. Арсеньєва, В. М. Мельниченко // Харчова промисловість. – 2016. – Вип. 20. – С. 61–66.
2. Власенко І. Олійно-жирова галузь України: виклики та потенціал розвитку / І. Власенко, Т. Семко // Товари і ринки. – 2019. – № 3 (31). – С. 50–59.
3. Кузьмінська Н. Л. Прогнозування інноваційного розвитку підприємств олійно-жирової промисловості : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / Кузьмінська Наталія Леонідівна ; Національний університет харчових технологій – Київ, 2014. – 230 с.
4. Любченко В. В. Розробка технології видобування ефірних олій з нетрадиційної сировини : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.18.06 / В. В. Любченко; Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". – Харків, 2004. – 20 с. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки ім. В. І. Вернадського : [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 20.11.2022). – Назва з екрана.

# ВИКОРИСТАННЯ НАТРІЙ САЛЦИЛАТУ У ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ЗАМІННИКА АСПІРИНУ

<sup>1</sup>Куленко О. А., <sup>2</sup>Куленко Р. А., <sup>1</sup>Кузнецова Т. Ю.

<sup>1</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

<sup>2</sup>Гряківська загальноосвітня школа I-III ступенів Чутівської селищної ради Полтавського району Полтавської області

Аспірин (ацетилсаліцилова кислота) – один з найвідоміших знеболюючих, жарознижувальних, протизапальних та кроворозріджуючих препаратів, що використовується людиною вже понад 100 років. Вважається, що першим ацетилсаліцилову кислоту синтезував Ш. Жерар у 1853 році. Після нього ця речовина різними шляхами була синтезована й іншими вченими. У додатному до використання вигляді аспірин був синтезований А. Ейхенгрюном і Ф. Хофманом у 1899 році, після чого були проведені клінічні випробування його як лікарського препарату. Назва препарату складена з «а» (ацетил) і «спір» (Shiraeaulmaria). З 1899 року фірмою «Bayer» був розпочатий промисловий випуск цього препарату. Хоча «Bayer» традиційно приписує винахід аспірину Феліксу Гофману, реальна історія відкриття цього препарату значно довша. Починаючи як звичайний протизапальний засіб, сьогодні аспірин виступає потужним інструментом профілактики інфарктів при стенокардії та навіть лікарським засобом при деяких онкологічних захворювань.

Аспірин й досі залишається одним з найбільш використовуваним синтетичним лікарським засобом. Проте, незважаючи на свої переваги у використанні він має і негативні наслідки на організм людини, це й зумовлює пошук інших речовин, що мають схожі фармакологічні властивості, які б при цьому мали менш негативний вплив на здоров'я пацієнта. Останнім часом все частіше в електронних джерелах з'являється інформація про можливість заміни аспірину природними саліцилатами (відварами малини, верби білої, смородини, липи). Ще Гіппократ рекомендував вживати екстракт кори верби від жару і болі. У зв'язку з цим виникає необхідність у вивченні та порівнянні особливостей хімічної будови молекул цих речовин.

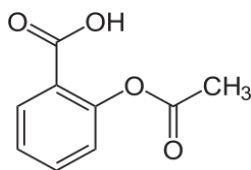


Рис. 1. Кислота ацетилсаліцилова (Acidumacetylsalicylicum).

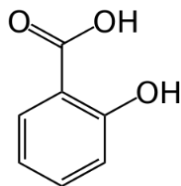
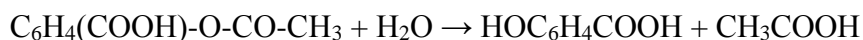


Рис. 2. 2-Гідроксибензойна (саліцилова) кислота.

Ацетилсаліцилова кислота є похідною речовиною 2-гідроксибензойної кислоти (саліцилової кислоти), що належить до класу фенолокіслот. Хімічні властивості 2-гідроксибензойної кислоти та її похідних, насамперед ацетилсаліцилової кислоти, визначаються наявністю гідроксильної та карбоксильної функціональних груп. Таким чином, можна передбачити реакції заміщення – по карбоксильній (–COOH) та гідроксильній (–OH) групах, реакції окислення та гідратації. Ацетилсаліцилова кислота (2-ацетоксибензойна кислота, аспірин) – це саліциловий ефір оцтової кислоти, ліки, використовувані для зниження жару, проти запалень, як анальгетик і антиагрегант (перешкоджають тромбоутворенню). На вигляд це біла порошкоподібна маса, сформована кристалами. Смак – дещо кислий. У воді кімнатної температури розчиняється слабо, проте доброму розчиненню піддається у гарячій воді, спирті та лужних розчинах. У вологому середовищі або при тривалому зберіганні може набувати запаху оцтової кислоти через процес гідролізу. Молярна маса – 180,157 г/моль. Формула: C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>.

При тривалому кип'ятінні у водному середовищі ацетилсаліцилова кислота розкладається на саліцилову та етанову (оцтову) кислоти. Легко розчиняється в лужних розчинах, утворюючи неорганічні солі, проте такі розчини нестійкі і швидко гідролізуються. Поводиться як фенольна кислота, утворюючи рожеве забарвлення при взаємодії з реактивом Коберта (з сульфатною кислотою 1:2). Розкладається при високих температурах, має температуру плавлення близько 135°C.

Як естер по фенольному гідроксилу ацетилсаліцилова кислота легко гідролізується, що може відбутися під час зберігання цього лікарського засобу за умови високої вологості повітря:



В основі механізму дії аспірину як лікарського препарату лежить процес поступового гідролізу ацетилсаліцилової кислоти у тканинах організму. При цьому в шлунку речовина не змінюється, а в кишечнику під впливом лужного середовища розпадається з утворенням саліцилової й оцтової кислот [4]. Зважаючи на особливості будови аспірину та його механізму дії, виникає необхідність вивчення та пошуку інших речовин, котрі б змогли виконувати ті ж функції, що і ацетилсаліцилова кислота. На підставі вивчення матеріалів електронних ресурсів, можна зробити висновок про можливість заміни АСК саліцилатами природного походження, зокрема натрій саліцилатом. Рослини під час свого еволюційного розвитку навчилися синтезувати і накопичувати солі саліцилової кислоти – саліцилати (назва походить від латинського salix - верба), щоб відлякувати або отруювати шкідників [2]. У 1860 році Кольбе і Лаутеманом здійснений синтез саліцилової кислоти і її натрієвої солі – саліцилати натрію виходячи з фенолу і вуглекислоти. Була встановлена їх здатність знижувати підвищену температуру тіла та послаблювати симптоми запалення у хворих на ревматизм [1].

Натрію 2-гідроксибензенкарбоксилат являє собою білий кристалічний порошок або дрібні лусочки без запаху, солодкувато-солоного смаку. Легко розчинний у воді, розчинний в етанолі. Натрію саліцилат отримують, випарюванням насуху розчину саліцилової кислоти, нейтралізованої еквівалентною кількістю карбонату або гідрокарбонату натрію [3].

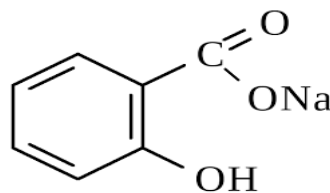


Рис. 3. Натрій саліцилат (Natriisalicylas).

Саліцилати широко представлені у рослинному світі, проте їхня концентрація суттєво варіюється залежно від виду. Попри те, що хімічна структура натрій саліцилату теоретично дозволяє легко здійснювати реакції за карбоксильною та гідроксильною групами, його біологічна ефективність як замітника аспірину залишається під питанням. Основна проблема полягає у стабільності сполуки: на відміну від ацетилсаліцилової кислоти, яка розщеплюється шляхом лужного гідролізу в кишківнику, натрій саліцилат піддається швидкій протонації в кислому середовищі шлунка. Взаємодія з хлоридною кислотою перетворює його на саліцилову кислоту завчасно, що може нівелювати очікуваний терапевтичний ефект до моменту потрапляння речовини в тканини.

#### Список використаних джерел

1. Альохін Є.К. Аспірин: нове життя старих ліків. *Соросівський освітній журнал*, 1999. №7. С. 88-89.
2. Носаль М.А. Лікарські рослини і способи їх застосування в народі. Київ : Електронна книжка, 2013. 324 с.
3. Практикум з органічної та біологічної хімії: навчальний посібник для студентів аграрних вищих навчальних закладів / за ред. Д.О. Мельничук, М.П. Вовкотруб, Н.М. Мельникова та ін. Київ, 2010. С. 131-139.
4. Фармацевтична хімія: підручник для вищ. фармац. навч. закл. і фармац. ф-тів вищ. мед. навч. закл. III- IV рівнів акредитації / за загальною редакцією П.О. Безуглого. Вінниця : Нова книга, 2011. С. 181-185.

## ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ САЛЬВІНУ В ЛИСТІ ШАВЛІЇ ЛІКАРСЬКОЇ

Куленко О. А., Стрижак С. В., Криворучко А. В.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Терпени та терпеноїди у світі природних сполук мають найбільшу кількість представників та найбільшу структурну різноманітність, а з цим досить широкий спектр їх медико-біологічної дії, можливість проведення аналізу «структура-активність» та відповідно передбачувальну здатність їх корисних властивостей [1].

Шавлія лікарська (*Salvia officinalis* L., род. *Lamiaceae*) має досить довгу історію ефективного застосування як засіб для прийому внутрішньо у вигляді відварів при захворюваннях переважно травної системи. У офіційною медицині шавлія відома раніше всього своїми протизапальними та протимікробними властивостями, які роблять

ефективними полоскання порожнини рота, горла для лікування запалень, виразок. Крім того, вона має в'яжучу, жовчогінну, антиспастичну, вазодилатуючу, стимулюючу та тонізуючу дію. Шавлія також використовується при лікуванні надмірної лактації, рясного нічного потовиділення, надмірної слинотечі (як при хворобі Паркінсона), профузного потовиділення (як при туберкульозі), при жіночому безплідді та проблемах менопаузи [2].

З листя шавлії лікарської Н. А. Дербенцевою та її співдослідниками у 1959 році було виділено антимікробну речовину – сальвін [3]. При вивченні хімічного складу були виділені два основні носії антимікробної активності: перша речовина ідентифікована В. М. Добриніним у 1976 році як відомий раніше компонент шавлії, яку Nagarajan та Linde назвали також сальвіном. Ця ж речовина була виділена й іншими хіміками (Brieskorn та Domling, 1969 р.) та описується під назвою карнозолова кислота.

За хімічною структурою карнозолова кислота відноситься до трициклічних дитерпенів з одним ароматичним ядром. У хімічній літературі похідні карнозолової кислоти згадуються як шавлієва кислота (Sagerinicacid), розмаринова кислота (Rosmarinicacid), карнозол (Carnosol) та сальвін. Друга активна речовина є монометиліновим ефіром карнозолової кислоти, структура якого встановлена В. М. Добриніним у 1976 році [3].

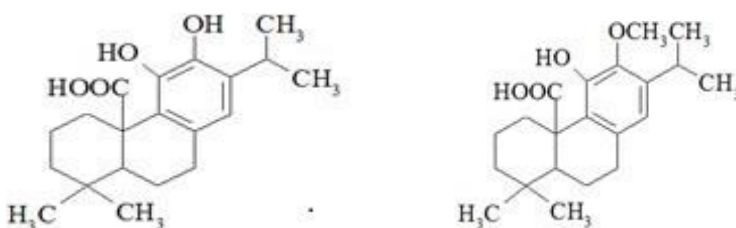


Рис 1. Хімічна структура компонентів сальвіну.

Карнозолова кислота вважається найбільш активною, але вона може трансформуватися у карнозол, який у свою чергу перетворюється на розманол, епірозманол та 7-метилрозманол. Дослідження з карнозоловою кислотою продовжили Cuvelier M.E., Richard H. та Berset C. Вони охарактеризували два нових компоненти екстрактів шавлії, що утворюються з карнозолової кислоти. У даний час фенольний дитерпен – карнозолова кислота викликає великий інтерес дослідників як високоактивний антиоксидант, що володіє також антибіотичною активністю.

Патентуються різні способи одержання карнозолової кислоти. Один з них заснований на екстракції карнозолової кислоти з листя шавлії лікарської ацетоном або іншими органічними розчинниками з наступним осадженням у присутності води при рН 7 – 10 та відділенням домішок від карнозолової кислоти [3]. Інший – на екстракції листя 40% – 75%-ми розчинами нижчих спиртів у присутності водорозчинних кислот – фосфатної, хлористоводневої, лимонної, аскорбінової та інших, при цьому екстракцію карнозолової кислоти проводять з олійної фази [2].

Метою даного дослідження є отримання сальвіна з листя шавлії лікарської, що росте на території України. Як об'єкт дослідження було відібрано листя шавлії лікарської. Лікарською сировиною шавлії лікарської є листя, зібране у перший рік вегетації у вересні, а в наступні роки 2 – 3 рази від початку цвітіння до вересня включно. Сушіння трави відбувалося у тіні на горищах. За морфологічним ознаками зразок листя шавлії лікарської

відповідає вимогам. Запах висушеної сировини ароматний, особливо при розтиранні, смак гіркувато-пряний, злегка в'язучий.

З метою ідентифікації та кількісної оцінки сировини ми відтворили технологію виділення карнозолової кислоти з шавлії лікарської та отримали, таким чином, робочий стандарт сальвіна.

У літературі наводиться кілька способів виділення карнозолової кислоти, але у всіх випадках ступінь очищення не є повним і сягає 97 – 98%. Супутніми речовинами, як правило, є похідні карнозолової кислоти та леткі з'єднання (камфора, туйон, пінен та інші). Тим не менш, враховуючи біологічну значимість сальвіна у препаратах шавлії, зокрема, у рідкому екстракті, ми вважаємо за можливе використання робочого стандарту карнозолової кислоти, виділеної нами у лабораторних умовах.

Для його отримання подрібнене листя шавлії екстрагували ацетоном та витримували при температурі не вище 10<sup>0</sup>С протягом доби. Потім супутні речовини адсорбували активованим вугіллям та відфільтровували. Фільтрат випарювали до мінімального обсягу і водою осаджували сальвін. Очищення проводили переосадженням з ацетонового розчину. Отриманий таким чином сальвін є аморфною масою жовто-бурого кольору з зеленуватим відтінком, зі слабким «шавлієвим» запахом, розчинним в ацетоні та 96% етанолі, нерозчинним у воді.

У літературі, є відомості про УФ-спектральних характеристик сальвіна, на підставі яких ми провели аналіз отриманої нами речовини. На рис. 2 представлений спектр поглинання спиртового розчину, що має виражену та характерну для сальвіна смугу поглинання при довжині хвилі 315 - 317 нм. Ця довжина хвилі рекомендується як аналітична для якісного та кількісного визначення офіційного лікарського препарату сальвін (Salvinum) [3].

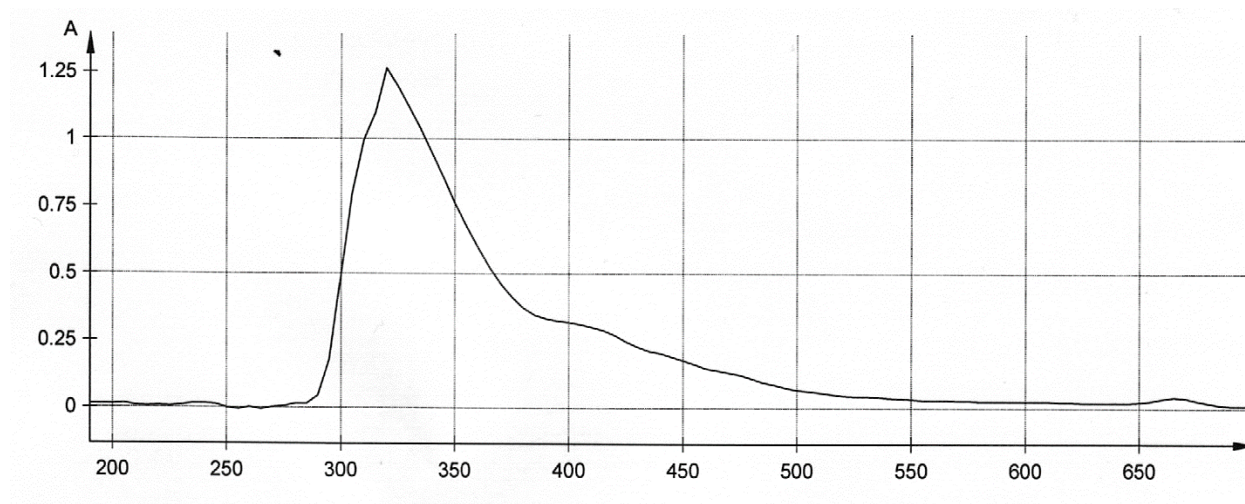


Рис. 2. УФ-спектр поглинання спиртового розчину робочого стандарту сальвіну.

З метою якісної та кількісної оцінки сировини шавлії лікарської на вміст дитерпенових кислот ми відтворили методику спектрофотометричного визначення сальвіну, описану в літературі [1, 2, 3]. У ній як стандарт використовується промислово виробляється сальвін, в якому вміст основного компонента (карнозолової кислоти) приймається за 100%. Для аналізу ми використовували робочий стандарт карнозолової

кислоти.

Для УФ-спектру сальвіну характерна наявність трьох максимумів поглинання при довжинах хвиль 282 - 285 нм, 315 - 317 нм і 408 - 410 нм, вираженою є смуга – при 315 - 317 нм, яку ми використовували для розробки методики кількісного визначення сальвіну.

Наважку сальвіну масою 0,02 г (точна маса) розчиняли в 96% етанолі у мірній колбі на 25 мл (Розчин а). Далі готували серію розведень за схемою: 1,2,3,4 та 5 мл розчину доводили до мірній колбі до 25 мл 96% етанолом. Оптичну густину отриманих розчинів вимірювали на спектрофотометрі Ulab 102 при довжині хвилі 317 нм. За результатами вимірювань побудували калібрувальний графік (рис. 3), що показує лінійну залежність оптичної щільності концентрації сальвіну в використаному діапазоні.

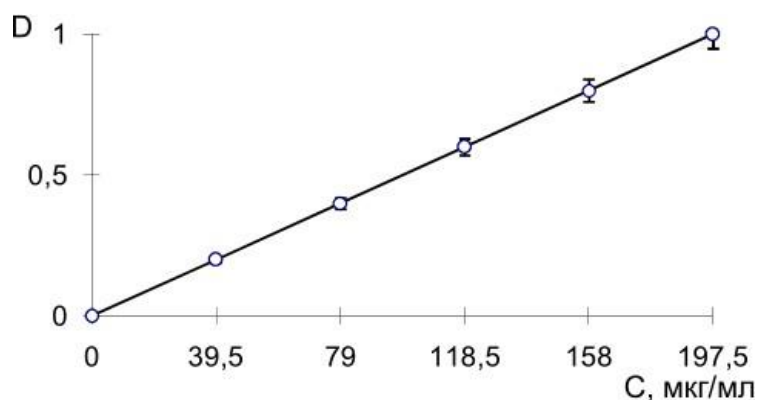


Рис. 3. Калібрувальний графік залежності оптичної щільності від концентрації сальвіну.

Визначення сальвіну проводили в зразку листя шавлії. Для цього застосовували наступну методику: наважку сировини 0,2 – 0,5 г (точна маса) поміщали у колбу, заливали 20 мл 40% етилового спирту, залишали на 24 години. Потім витяжку відфільтровували у мірну колбу на 25 мл, доводили об'єм до мітки та знімали спектр поглинання отриманого розчину у режимі «сканування» в інтервалі від 200 до 500 нм. Вміст сальвіну у листі шавлії лікарської становить 5,7%.

Таким чином, результати експериментального дослідження можуть бути передумовою для отримання лікарських препаратів на основі сальвіну, отриманого з листя шавлії лікарської.

#### Список використаних джерел

1. Мига М.М. Дослідження фенольного складу сухих екстрактів з листя шавлії лікарської. Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П.Л. Шупика. 2014. Вип. 23(4). С. 332-335. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpsnmapo\\_2014\\_23%284%29\\_\\_58](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpsnmapo_2014_23%284%29__58).
2. Кошовий О., Передерій Є., Ковальова А. (2014). Дослідження фенольних сполук листя шавлії лікарської. Фармацевтичний часопис, (1). <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2010.1.2769>.
3. Проблеми синтезу біологічно активних речовин та створення на їх основі лікарських субстанцій : матер. Укр. наук.-практ. конф., присвяч. 100-річчю з дня народження д-ра хім.

наук, проф. Павла Олексійовича Петюніна (24-25 квітня 2014 р., м. Харків) / редкол. В.П. Черних та ін. Х. : НФаУ, 2014. 128 с.

## КАРБАМІДНІ ІОННІ РОЗПЛАВИ ЯК РЕАКЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРІАЛІВ

<sup>1</sup>Кулешов С. В., <sup>2</sup>Дев'яткін С. В., <sup>1</sup>Кочетова С. А., <sup>2</sup>Лі Р., <sup>2</sup>Ян П.

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України

<sup>2</sup>Харбінський політехнічний університет, Китай

Розвиток сучасного матеріалознавства та високотемпературної електрохімії зумовлює зростаючу потребу у створенні нових функціональних матеріалів із заданими фізико-хімічними властивостями: високою твердістю, термічною стабільністю, електропровідністю, корозійною стійкістю тощо. Традиційні методи синтезу тугоплавких та функціональних матеріалів (карботермічне відновлення, газофазні методи, саморозповсюджуваний високотемпературний синтез, плазмохімічні процеси) характеризуються високими енергетичними витратами, жорсткими температурними режимами (понад 1300°C) та складністю керування фазоутворенням. У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних реакційних середовищ, які забезпечують можливість синтезу матеріалів за помірніших температур із кращим контролем морфології та фазового складу продуктів.

Сучасна електрохімія тугоплавких сполук (карбідів, боридів, нітридів, силіцидів перехідних металів) базується на використанні різних типів реакційних середовищ, вибір яких визначається термодинамічною стабільністю фаз, температурою процесу, природою джерела неметалевого компонента та вимогами до морфології продукту. Сучасні реакційні середовища для електрохімічного одержання тугоплавких сполук можна умовно поділити на високотемпературні розплавлені системи (галогенідні та оксидні) і низькотемпературні молекулярні середовища (іонні рідини, DES, карбамідні розплави). Перші забезпечують масштабований синтез порошків і масивних матеріалів, тоді як другі – керований синтез наноструктур і функціональних покриттів.

Історично найбільш розвиненим напрямом є високотемпературна електрохімія розплавів, яка сформувала основу для синтезу тугоплавких матеріалів у галогенідних та оксидних середовищах [1]. Найбільш поширеними є галогенідні розплави (хлоридні та фторидні системи, зокрема евтектики NaCl–KCl, LiCl–KCl, CaCl<sub>2</sub>). Вони характеризуються високою іонною провідністю, широким електрохімічним вікном та достатньою розчинністю іонів металів при температурах 500–1000 °C. Особливого розвитку цей напрям набув після впровадження методу FFC Cambridge process [2], запропонованого у Кембриджському університеті, який передбачає електровідновлення твердих оксидів у розплаві CaCl<sub>2</sub>. Цей підхід дозволив поширити електрохімічний синтез на отримання карбідів, боридів і композитних фаз шляхом поєднання електровідновлення з карбідо- або боридоутворенням *in situ*. Перевагами галогенідних систем є технологічна масштабованість і висока швидкість процесів, однак суттєвими недоліками залишаються корозійна агресивність та необхідність роботи при підвищених температурах.

Іншим важливим класом є оксидні розплави (системи типу CaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-вмісні композиції), що функціонують при температурах 1000–1600 °C [3]. Вони дозволяють безпосередньо використовувати оксидну сировину та здійснювати

електросинтез боридів і силіцидів у середовищі, термодинамічно близькому до традиційних металургійних процесів. Висока термостійкість таких систем робить їх перспективними для синтезу надтвердих і ультрависокотемпературних матеріалів (УНТС), однак складність апаратурного оформлення та енергомісткість обмежують їхнє широке застосування.

Окремий напрям формують молекулярні та низькотемпературні середовища – іонні рідини та глибокі евтектичні розчинники (DES) [4]. Іонні рідини на основі імідазолієвих або фосфонієвих катіонів забезпечують можливість електроосадження тугоплавких металів (W, Mo) та формування тонкоплівкових карбідних або нітридних покриттів при температурах від кімнатної до  $\sim 200$  °C. Глибокі евтектичні розчинники поєднують комплексуювальну здатність із відносно низькою в'язкістю та простотою приготування, що відкриває можливості для синтезу нанодисперсних прекурсорів тугоплавких фаз.

Додатково в електрохімічному синтезі тугоплавких сполук використовуються тверді електроліти [5] та плазмоелектролітичні середовища, що дозволяють формувати нітридні й карбонітридні покриття з високою адгезією та контрольованою мікроструктурою.

Особливе місце посідають карбамідні розплави, які виконують подвійну функцію – електроліту та джерела азоту і вуглецю. При температурах  $150\text{--}300$  °C вони здатні забезпечувати формування нітридних і карбонітридних фаз перехідних металів, а також слугувати реакційно активним середовищем для синтезу функціональних матеріалів. Карбамід ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) характеризується відносно низькою температурою плавлення ( $\sim 133$  °C), високою полярністю та здатністю утворювати комплекси з іонами металів. Під час нагрівання та електрохімічного впливу він може одночасно виступати і як розчинник, і як джерело активних вуглецевих та азотних фрагментів, що створює умови для формування карбідів, нітридів і карбонітридів без додаткових реагентів.

Карбамідні розплави поєднують властивості молекулярних розплавів і координаційних середовищ, здатних стабілізувати іони перехідних металів у вигляді комплексів. Це відкриває можливості для електрохімічного синтезу функціональних матеріалів у «м'якших» умовах порівняно з традиційними сольовими або оксидними розплавами. Крім того, відсутність галогенідних компонентів у чистих карбамідних системах зменшує корозійну агресивність середовища та спрощує технологічну реалізацію процесів.

Ефективність застосування карбамідних систем як середовища для одержання тугоплавких сполук детально висвітлено у циклі наших робіт [6–10], у яких продемонстровано успішну реалізацію електрохімічного синтезу металів IV–VI груп (зокрема молібдену, вольфраму та кобальту) та бінарних тугоплавких сполук і сплавів, таких як бориди титану (Ti–B) та сплави Co–Mo і Co–W. Було детально досліджено поведінку оксидів молібдену (VI), вольфраму та молібдатів лужних і лужноземельних металів (Li, Na, K, Ca) [6, 7]. Встановлено, що система  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}\text{--}\text{Na}_2\text{MeO}_4$  (Me = Mo, W) при  $135$  °C демонструє найвищий граничний струм, що визначає її як перспективну для електролізу. Молібден було отримано як у вигляді покриттів, так і у вигляді порошків при густині струму  $10\text{--}30$   $\text{mA}/\text{cm}^2$ , тоді як вольфрам формувався переважно як покриття. Розчинність та відновлення оксидів кобальту було вивчено для використання їх як компонентів у синтезі бінарних сполук, зокрема Co–Mo [8] та Co–W [9]. Встановлено, що утворення інтерметалідів Mo–Co, W–Co у запрограмованому режимі електролізу

відбувається тільки після нагрівання (у середовищі аргону) катодного продукту до 600 °С, тоді як при електролізі за температури 135 °С формуються окремі фази Co, Mo або W. У роботі [10] продемонстровано можливість отримання захисних титан-борових (Ti–B) покриттів на алюмінієвій фользі шляхом електроосадження з низькотемпературного іонно-органічного розплаву  $(\text{NH}_2)_2\text{CO–TiO}_2(\text{анатаз})\text{–B}_2\text{O}_3$ . В результаті отримано ультрадисперсні тонкокристалічні покриття мікронної товщини, що відкриває перспективи для створення високоефективних захисних шарів.

Таким чином, дослідження карбамідних систем як реакційних середовищ для синтезу функціональних матеріалів є актуальним напрямом, що поєднує фундаментальну значущість із високим прикладним потенціалом. Детальне вивчення фізико-хімічних властивостей розплавів, механізмів комплексоутворення та електрохімічної кінетики компонентів формує наукове підґрунтя для розробки енергоефективних технологій одержання матеріалів із контрольованою структурою. Подальший розвиток цього напрямку полягає у розширенні номенклатури синтезованих тугоплавких сполук і сплавів, оптимізації параметрів електрохімічного осадження, а також у з'ясуванні закономірностей формування наноструктурованих покриттів. Це відкриває реальні перспективи для створення матеріалів із покращеними експлуатаційними характеристиками для потреб сучасної енергетики та промисловості.

#### Список використаних джерел

1. De Silva U., Coons T. P. Molten salt electrodeposition: Review. *Energies*. 2024. Vol. 17, Iss. 15. Art. 3832. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17153832>
2. Chen G. Z. Interactions of molten salts with cathode products in the FFC Cambridge Process. *Int. J. Miner. Metall. Mater.* 2020. Vol. 27. P. 1572–1587. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12613-020-2202-1>
3. Wang M., Jiao H., Pu Z., Hong B., Ge J., Xiao W., Jiao S. Low-temperature molten salt electrolysis for metal extraction and carbon dioxide conversion. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2022. Vol. 61, Iss. 34. Art. e202206482. DOI: <https://doi.org/10.1002/anie.202206482>
4. Costa J. G. d. R. d., Costa J. M., Almeida Neto A. F. d. Progress on electrodeposition of metals and alloys using ionic liquids as electrolytes. *Metals*. 2022. Vol. 12, Iss. 12. Art. 2095. DOI: <https://doi.org/10.3390/met12122095>
5. Liu T., Zhang X., Wang X. et al. A review of zirconia-based solid electrolytes. *Ionics*. 2016. Vol. 22. P. 2249–2262. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11581-016-1880-1>
6. Devyatkin S., Kochetova S. Electrochemical behaviour of molybdenum oxide and its compounds in carbamide melts. *Sustainable Industrial Processing Summit SIPS2018. Vol. 3: Fehrmann Intl. Symp. / Molten Salt and Ionic Liquid* / ed. by F. Kongoli et al. Montreal : FLOGEN Star Outreach, 2018. P. 135–138.
7. Devyatkin S., Kochetova S. Electrochemical behaviour of tungsten oxide and its compounds in carbamide melts. *Sustainable Industrial Processing Summit SIPS2019. Vol. 1: Angell Intl. Symp. / Molten Salt, Ionic & Glass-forming Liquids* / ed. by F. Kongoli et al. Montreal : FLOGEN Star Outreach, 2019. P. 158–161.
8. Кочетова С. А., Богданович Л. В., Писаненко А. Д., Девяткин С. В. Электрохимический синтез вольфрамовых бронз в карбамидном расплаве. *Электронная обработка материалов*. 2020. Т. 56, № 5. С. 87–92.

9. Devyatkin S. V., Kochetova S. A., Pisanenko A. D., Bogdanovich L. V., Bykov V. N. Electrochemical behaviour of cobalt and tungsten oxides in molten carbamides. 2021. URL: [https://osf.io/preprints/ecsarxiv/xu257\\_v1](https://osf.io/preprints/ecsarxiv/xu257_v1) (date of access: 19.02.2026).
10. Devyatkin S., Meng F., Kuleshov S., Yang P. Electrochemical behaviour of boron and titanium oxides in carbamide melt. 2021. URL: [https://osf.io/preprints/ecsarxiv/r7w43\\_v1](https://osf.io/preprints/ecsarxiv/r7w43_v1) (date of access: 19.02.2026).

## АЗАБІЦИКЛІЧНІ [1.1] ЛАКТАМИ ТА АМІНИ: СИНТЕЗ, ПОТЕНЦІАЛ ЗАСТОСУВАННЯ

<sup>1</sup>Мазуренко І. В., <sup>2</sup>Івон Є. М., <sup>1</sup>Сливка Н. Ю.

<sup>1</sup>Волинський національний університет імені Лесі Українки  
<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
ТОВ «Снамін»

Лактами є одними з ключових гетероциклічних структур, що активно використовуються в медичній хімії та при розробці нових лікарських засобів [1]. Їх значущість зумовлена не лише широким представленням у складі природних сполук і фармацевтичних препаратів, а й важливою роллю як універсальних будівельних блоків у синтезі біологічно активних молекул. За своєю структурою лактами є циклічними амідами. Окрім добре відомої антибактеріальної дії [2], вони виявляють широкий спектр біологічної активності та розглядаються як перспективні сполуки для терапії онкологічних, метаболічних, зокрема діабету, та інфекційних захворювань [1].

Вагоме місце в медичній хімії посідають і циклічні аміни. Зокрема, понад 100 лікарських засобів, схвалених FDA, містять піперазиновий фрагмент. Включення піперазинових похідних до складу молекулярних каркасів дозволяє цілеспрямовано модифікувати важливі фармакокінетичні характеристики сполук [3]. У 2018 році хіміки продемонстрували, що заміна піперазинового кільця в препараті Olaparib аналогом спіродіаміну позитивно сприяє підвищенню біологічної активності і зменшує цитотоксичність вихідної сполуки [4].

Проблематикою даного дослідження є розробка ефективного підходу до синтезу нових азабіциклічних [1.1] лактамів та відповідних амінів як перспективних структурних фрагментів. Інтерес до таких сполук зумовлений їхньою жорсткою біциклічною будовою, що може впливати на просторову організацію молекули та її біологічні властивості.

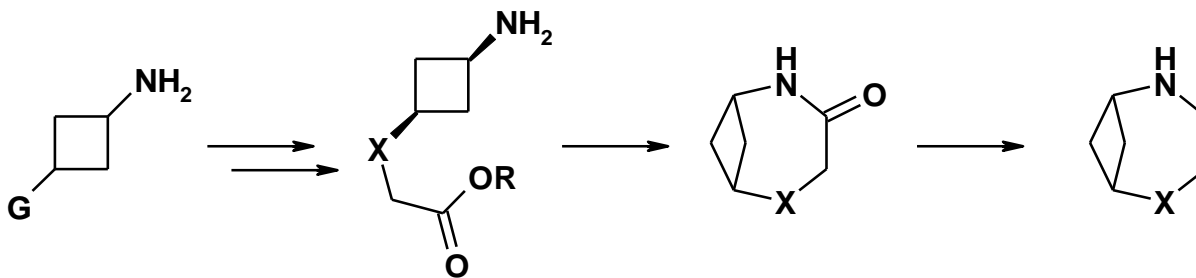
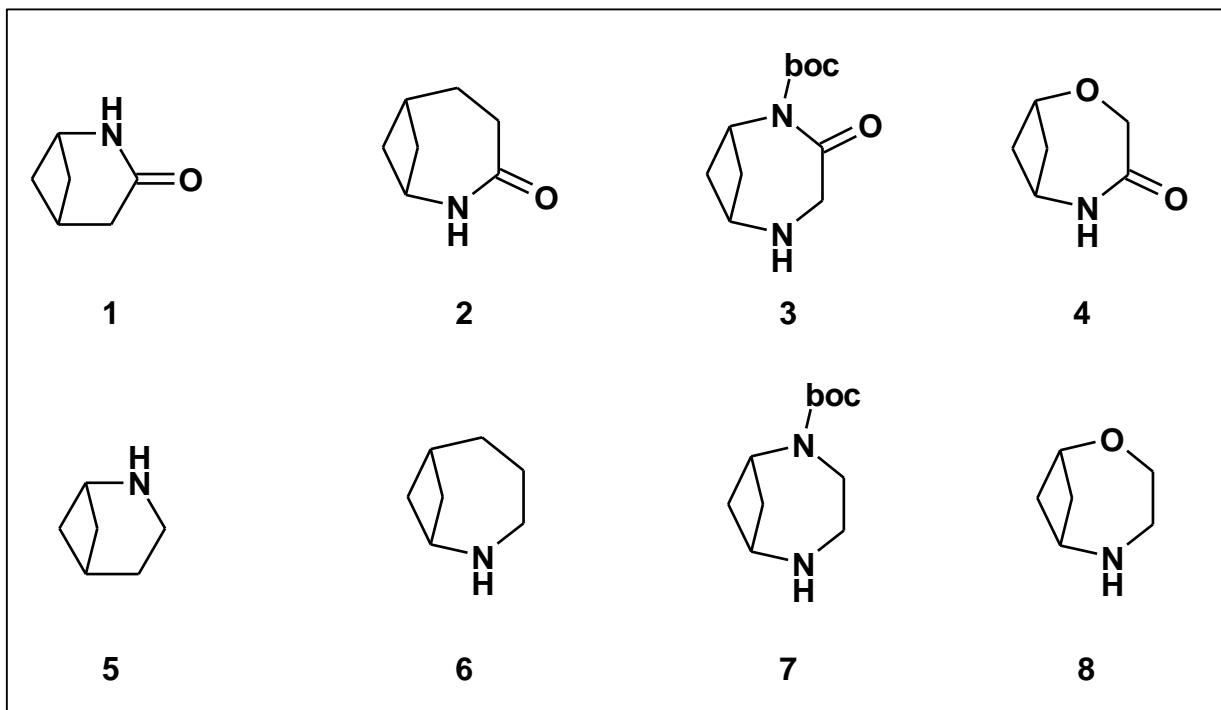


Схема 1. Загальна схема синтезу азабіциклічних [1.1] лактамів та амінів.

На схемі 1 представлено загальний підхід до синтезу цільових сполук **1-8**. Вихідні 3-заміщені циклобутанові аміни функціоналізували у третьому положенні з утворенням відповідних аміноестерів або амінокислот. Отримані інтермедіати піддавали внутрішньомолекулярній циклізації, що приводило до формування азабіциклічних лактамів. Подальше відновлення лактамного циклу забезпечувало одержання відповідних біциклічних амінів.



Зокрема, 2-азабіцикло[3.1.1]гептан-3-он **1** та трет-бутил 3-оксо-2,5-діазабіцикло[4.1.1]октан-2-карбоксилат **3** отримано циклізацією відповідних аміноестерів з використанням триметилалюмінію. 2-Азабіцикло[4.1.1]октан-3-он **2** та 2-окса-5-азабіцикло[4.1.1]октан-4-он **4** синтезовано з амінокислот із застосуванням реагенту Мукаями. Відновлення амідів алюмогідридом літію приводило до утворення 2-азабіцикло[3.1.1]гептану **5** та 2-окса-5-азабіцикло[4.1.1]октану **8**, тоді як використання диметилсульфідного сприяло одержанню 2-азабіцикло[4.1.1]октану **6** та трет-бутил 2,5-діазабіцикло[4.1.1]октан-2-карбоксилату **7**.

#### Список використаних джерел

1. Saldívar-González, F. I., Lenci, E., Trabocchi, A., Medina-Franco, J. L. Exploring the chemical space and the bioactivity profile of lactams: a chemoinformatic study. *RSC Advances*. 2019. 9. 27105–27116.
2. Valeur, E., Bradley, M. Amide bond formation: beyond the myth of coupling reagents. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2009. 29(3). 191–219.
3. Schick, M. Design, synthesis, and pharmacological profiling of piperazine-based CNS stimulants for ADHD treatment. *National Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2024. 4(1). 48–50.

4. Reilly, S. W., Puentes, L. N., Wilson, K., Hsieh, C.-J., Weng, C.-C., Makvandi, M., Mach, R. H. Examination of Diazaspiro Cores as Piperazine Bioisosteres in the Olaparib Framework Shows Reduced DNA Damage and Cytotoxicity. *Journal of Medicinal Chemistry*. 2018. 61(12). 5367–5379.

## **ХІМІЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ: ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА МАТЕРІАЛИ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**Насонова Я. В.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Воєнні дії суттєво впливають на стан промисловості, енергетики, транспорту та житлової інфраструктури. Руйнування мостів, доріг, енергетичних об'єктів, водогонів і житлових будинків потребує швидкого та технологічно обґрунтованого відновлення. У цих умовах особливого значення набуває хімія — як фундаментальна наука і як прикладна галузь, що забезпечує створення нових матеріалів, технологій очищення, захисту та зміцнення конструкцій [1]. Хімія в умовах воєнного часу виконує подвійне завдання: з одного боку — сприяє швидкому відновленню цивільної інфраструктури, з іншого — створює матеріали подвійного призначення, які можуть використовуватися як у мирних, так і в оборонних цілях [6].

Хімія у відновленні інфраструктури:

1. Будівельні матеріали нового покоління:

Сучасні досягнення хімії полімерів, неорганічної хімії та матеріалознавства дозволяють створювати високоміцні бетони з хімічними добавками, самовідновлювальні матеріали, швидкотвердіючі цементи та антикорозійні покриття [3;4;5]. Застосування пластифікаторів і полімерних модифікаторів дає змогу змінювати структуру цементного каменю на мікрорівні, що підвищує його довговічність і стійкість до агресивних чинників середовища [5].

2. Відновлення енергетичної інфраструктури:

Унаслідок пошкодження енергетичних об'єктів виникає потреба в оперативному ремонті електромереж і трансформаторного обладнання. Хімічні технології забезпечують виробництво електроізоляційних матеріалів (епоксидні смоли, композити), термостійких полімерів для кабельної ізоляції та сучасних акумуляторних систем для резервного живлення [3; 7]. Розвиток електрохімії сприяє створенню мобільних енергетичних рішень для об'єктів критичної інфраструктури.

3. Очищення довкілля та водних ресурсів:

Воєнні дії супроводжуються забрудненням ґрунтів і води токсичними речовинами, важкими металами та продуктами горіння. Методи аналітичної та фізичної хімії дозволяють здійснювати контроль якості води й оцінювати рівень небезпечних сполук. Для очищення використовуються сорбенти, іонообмінні смоли, коагулянти та флокулянти, що описані в підручниках із загальної та прикладної хімії [3].

Матеріали подвійного призначення:

1. Поняття та нормативне регулювання:

Матеріали подвійного призначення — це речовини та технології, які можуть застосовуватися як у цивільних, так і у військових цілях. Їх використання регламентується

міжнародним правом, зокрема Конвенцією про заборону хімічної зброї [2], а також національним законодавством України у сфері науково-технічної діяльності [1].

## 2. Композити та полімери:

Композитні матеріали на основі полімерів і волокон застосовуються в будівництві, транспорті та виробництві спеціалізованих захисних конструкцій [4; 5]. Хімія полімерів забезпечує створення легких і міцних матеріалів із підвищеною стійкістю до механічних і температурних навантажень [5].

## 3. Паливні компоненти та хімічні технології:

Розробка палив, мастильних матеріалів та інших енергетичних компонентів базується на досягненнях органічної та фізичної хімії [3]. У мирний час ці технології застосовуються в промисловості та енергетиці, проте можуть мати і військове значення, що зумовлює необхідність міжнародного контролю [2].

### Етичні та наукові виклики:

Розвиток хімічних технологій у воєнний період повинен здійснюватися з дотриманням міжнародних норм і принципів безпеки [2]. Водночас держава підтримує розвиток науки в умовах воєнного стану, що відображено в офіційних документах та рекомендаціях профільних органів [6].

Хімія в умовах воєнного часу відіграє стратегічну роль у відновленні інфраструктури, забезпеченні енергетичної безпеки та створенні матеріалів подвійного призначення. Її досягнення дозволяють мінімізувати наслідки руйнувань і формувати технологічну основу для сталого розвитку країни. Відповідальне використання наукових знань, дотримання міжнародних норм і впровадження інновацій є необхідними умовами розвитку хімії в сучасних умовах [6; 7].

### Список використаних джерел

1. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність».
2. Конвенція про заборону розробки, виробництва, накопичення і застосування хімічної зброї та про її знищення (1993 р.).
3. Глинка Н. Л. Загальна хімія. – Київ: Вища школа, 2018.
4. Бабак В. П., Білик І. І. Матеріалознавство. Київ: Либідь, 2017.
5. Степаненко В. І. Полімерні матеріали в будівництві. – Харків: Основа, 2019.
6. Офіційні матеріали Міністерства освіти і науки України щодо розвитку науки в умовах воєнного стану.
7. Аналітичні звіти щодо відновлення енергетичної інфраструктури України (2022–2024 рр.).

## ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ НАНОРОЗМІРНИХ ФАЗ КАРБОНУ В СОЛЬОВИХ РОЗПЛАВАХ

<sup>1</sup>Новоселова І. А., <sup>1</sup>Кулешов С. В., <sup>1</sup>Омельчук А. О., <sup>2</sup>Соловйов В. В.

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії імені В.І. Вернадського НАН України

<sup>2</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

За останнє століття антропогенна діяльність призвела до значного зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері Землі. Сьогодні щорічний приріст CO<sub>2</sub> становить 3200–3600 млн. тонн. Вуглекислий газ разом з іншими парниковими газами

(H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub> та ін.) викликають глобальне потепління, що призводить до серйозної деградації навколишнього середовища. Тому ефективна утилізація вуглекислого газу стає актуальним науковим та екологічним завданням.

Перспективним методом утилізації вуглекислого газу є електрохімічний спосіб. Він полягає у відновленні CO<sub>2</sub> на катоді. Процес електрохімічного перетворення CO<sub>2</sub> за допомогою розплавленої солі відомий у літературі як «Molten Salt CO<sub>2</sub> Capture and Electrochemical Transformation» (MSCC-ET) [1]. Ліхт та ін [2] запропонували об'єднати електрохімічне перетворення CO<sub>2</sub> з сонячним електрохімічним фотоперетворенням та назвали «Solar Thermal Electrochemical Process» (STEP). У STEP сонячна видима УФ-енергія фокусується на фотоелектричному пристрої, що генерує електрику для електролізу; в той час одночасно сонячна теплова енергія фокусується на другій системі для нагрівання електролізера.

Прекурсорами твердофазного вуглецю при його електролітичному одержанні є кисеньвмісні сполуки карбону – його оксиди, карбонати лужних та лужноземельних металів. Розчинниками прекурсорів можуть бути індивідуальні солі галогенідів, карбонатів лужних та лужноземельних металів та евтектичні суміші солей на їх основі.

У розплавлених сумішах солей може реалізовуватися пряме та непряме (опосередковане) електрохімічне відновлення CO<sub>2</sub>. У першому випадку відновлюється розчинений у розплавленій солі діоксид вуглецю, який вводиться в електролізер під надлишковим тиском більше 2-х атмосфер. Поглинання CO<sub>2</sub> здійснюється за рахунок фізичного та хімічного розчинення газу. Для збільшення розчинності розроблено два підходи: (1) створення надлишкового тиску газу в електролізері до 20 атм.; (2) введення до складу електроліту додаткових компонентів, що утворюють комплексні сполуки з CO<sub>2</sub> (фторид аніони).

Непряме відновлення CO<sub>2</sub> відбувається у карбонатних, хлоридно-карбонатних розплавах, коли над розплавом створена атмосфера діоксиду вуглецю (не вище 1 атм.). Розряд карбонат-аніону на катоді призводить до утворення оксиду карбону або твердої вуглецевої фази та виділення оксид-аніонів O<sup>2-</sup>. Оксид-аніон у розплаві може пов'язувати діоксид вуглецю із газової фази з утворенням карбонат-аніону, який згодом знову відновлюється до елементного карбону. Таким чином йде регенерація компонентів, що розряджаються на катоді.

На рис. 1 представлена схема процесу прямої електрохімічної конверсії CO<sub>2</sub>. Склад продуктів електролізу залежить від умов електролізу, а саме складу електролітичної ванни, температури, густини струму, напруги ванни, матеріалів електродів та тривалості електролізу.

CO<sub>2</sub> можна використовувати безпосередньо з гарячого димового газу електростанцій і заводів з виробництва цементу без очищення і перетворюють з ефективністю до 95% у цінні продукти, такі як твердофазний вуглець у вигляді різних форм алотропів карбону (графіт, графен, вуглецеві нанотрубки (ВНТ), вуглецеві нановолокна (ВНВ), оксид графену, фулерени і синтез-газ (CO + H<sub>2</sub>), вуглеводні (CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> і т. д.), карбіди тугоплавких металів і O<sub>2</sub>.

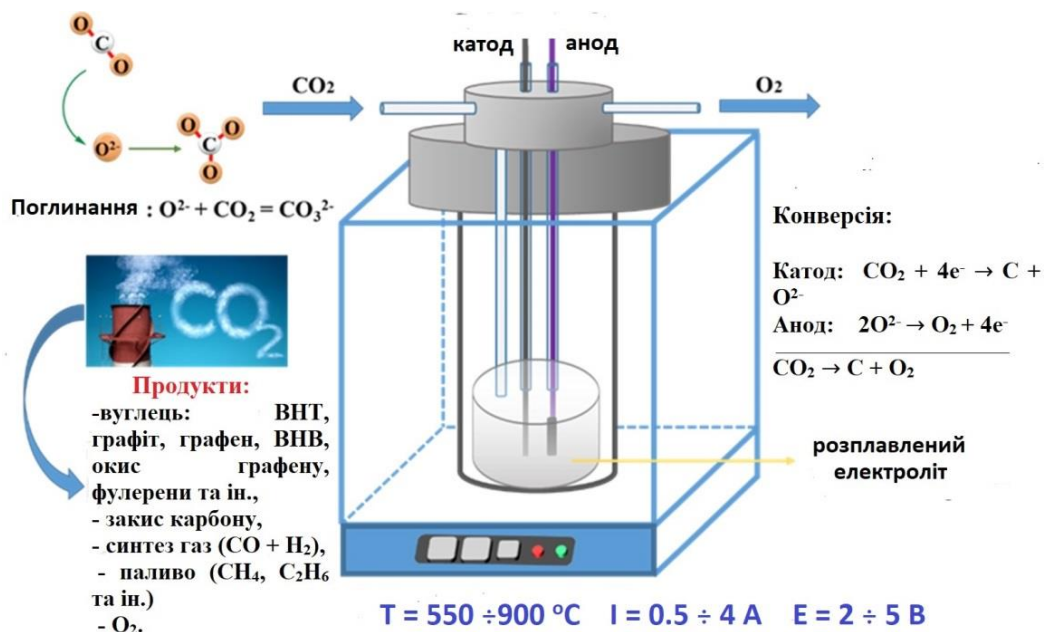


Рис. 1. Схема прямого відновлення  $CO_2$  в сольових розплавах.

Нами проведено дослідження прямого відновлення  $CO_2$  у розплавах  $Na,K|Cl$ ;  $Na,K|Cl,F$ ;  $Na,K,Cs|Cl$  на Pt, Au, СВ катодах для синтезу вуглецевих продуктів різної структури, морфології. Для інтенсифікації процесу у електролізері створювався надлишковий тиск вуглекислого газу від 1 до 20 атм. Особливості прямого розряду вуглекислого газу (катодного та анодного) у галогенідних розплавах, властивості синтезованих продуктів докладно описані в [3, 4]. Реалізовано також непряме відновлення  $CO_2$  у системі  $Na,K|Cl - Li_2CO_3$  при різних концентраціях  $Li_2CO_3$ , різних газових середовищах (повітря, аргона, вуглекислого газу) та різних тисках  $CO_2$  в електролізері [5]. Запропоновано механізм катіонного каталізу для управління потенціалом виділення карбону шляхом введення до складу електроліту катіонів з високим питомим зарядом [6]. Такий підхід дозволив зблизити потенціали виділення карбону і вольфраму, та реалізувати електрохімічний синтез однофазних нанорозмірних порошоків карбиду вольфраму високої чистоти [7].

На рисунку 2 представлені ПЕМ- зображення та спектри електронної дифракції вуглецевих порошоків, які були синтезовані у хлоридних розплавах методом прямої конверсії  $CO_2$  за різних умов електролізу. Встановлено, що катодний продукт являв собою суміш наноструктурованих вуглецевих фаз. При низькій густині струму ( $i_k < 0,03 \text{ A/cm}^2$ ) на катоді була одержана вуглецева плівка із добре структурованої графітової фази. При густині струму  $0,04 \text{ A/cm}^2 < i_k < 0,40 \text{ A/cm}^2$  катодний продукт являв собою суміш нанорозмірних порошоків: полікристалічного графіту, фрагментів оксиду графена, аморфного карбону, ВНТ, ВНВ.

За оцінками СЕМ та ПЕМ електролітичні вуглецеві наноматеріали містять від 5 до 40 об.% ВНТ залежно від складу електроліту. Більшість ВНТ багатостінні, мають вигнуту форму (структурні дефекти) і агломеровані у джгути (рис. 2а), рідше розташовуються у вигляді окремих трубок (рис. 2с, 2d). Як правило, окремий джгут складається з ВНТ однакового діаметру. Зовнішній діаметр ВНТ варіюється від 5 до 250 нм, а внутрішній від

2 до 140 нм. Практично всі ВНТ частково заповнені сіллю електроліту. Збільшення густини струму зменшує діаметр ВНТ. При цьому вихід вуглецевого продукту та частка ВНТ у загальній масі цього продукту збільшуються. Частка ВНТ у вуглецевих матеріалах, отриманих у системі Na,K,Cs|Cl-CO<sub>2</sub>, становить близько 5 об.%, і спостерігається велика кількість аморфного вуглецю (рис. 2б).

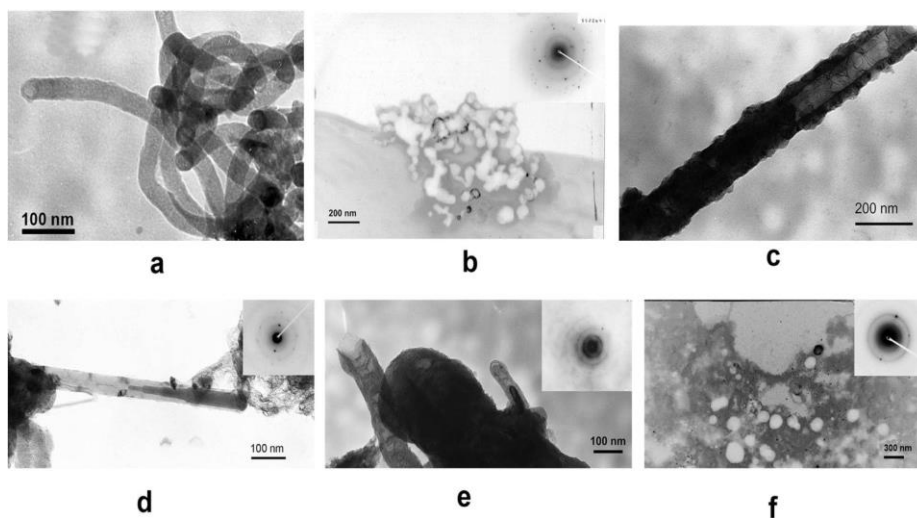


Рис. 2. ПЕМ-зображення вуглецевих продуктів, що утворюються в системах: (1) Na,K|Cl-CO<sub>2</sub> (10 атм) (a, c, d, e) та (2) Na,K,Cs|Cl-CO<sub>2</sub> (15 атм) (b, f) шляхом електролізу на постійному струмі при T = 750 та 550 °C відповідно, та електронорами (вставки).

Подальші дослідження слід зосередити в наступних напрямках:

- точний контроль чистоти і морфологічної однорідності електролітичного карбону.
- пошук і розробка стабільних електродних матеріалів, здатних до безперервної та стабільної роботи в розплавлених солях;
- проектування відповідного промислового обладнання для масштабованих застосувань;
- розробка оптимальної технології електропостачання з високим виходом по току та низьким споживанням енергії.

#### Список використаних джерел

1. Yin H and Wang D. Materials and Processes for CO<sub>2</sub> Capture, Conversion, and Sequestration. L. Li, Ng.W. Wong, K. Huang, L.P. Cook. (eds) 2018. Wiley, Inc., P. 267.
2. Licht S., Wang B., Ghosh, S. etl. A New Solar Carbon capture process: solar thermal electrochemical photo (STEP). *J. Phys. Chem. Lett.* 2010. v. 15. P. 2363-2368.
3. Novoselova I. A., Kuleshov S. V., Volkov S.V., et al. Electrochemical synthesis, morphological and structural characteristics of carbon nanomaterials produced in molten salts. *Electrochim. Acta.* 2016. v. 211. P. 343- 355.
4. Novoselova I., Omel'chuk A. Review— Modern state and prospects of electrochemical CO<sub>2</sub> conversion in molten salts. *J. Electrochem. Soc.* 2023. v. 170, № 6. 062503.
5. Новоселова І. А., Кулешов С. В., Омельчук А. О., др. Особливості електровідновлення Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в еквімолярному розплаві хлоридів натрію і калію. *Укр. Хім. Журн.* 2021. т. 87, № 6. С. 70–81.
6. Novoselova I., Kuleshov S., Omel'chuk A., Soloviev V., Cationic catalysis during the discharge of carbonate anions in molten salts. *ECS Transactions.* 2020. v. 98, № 10. P. 317-331.

7. Novoselova I., Kuleshov S., Omel'chuk A. et al. Effect of electrochemical synthesis conditions on the composition, structure, and morphology of tungsten carbide powders. *J. Powd. Metall. and Metal Ceramics*. 2023. V. 62, № 3-4. P. 142-152.

## **МЕТОДИ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ: ВІД ВИТОКІВ ДО СУЧАСНОСТІ**

**Олійник Д. І.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Аналітична хімія є однією з основних галузей хімічної науки, завданням якої є визначення хімічного складу речовин і встановлення їх кількісного вмісту. У сучасному уявленні аналітичні дослідження часто пов'язані з використанням складних приладів і високотехнологічного обладнання. Проте історично ця наука сформувалася значно раніше, коли основними інструментами хіміка були спостережливість, логічне мислення та навички інтерпретувати перебіг хімічних реакцій. Саме тому аналітична хімія без приладів не є застарілою, а є основою для розуміння будь-яких сучасних аналітичних методів [4].

Історичний розвиток аналітичної хімії відображає поступову еволюцію наукового мислення – від емпіричних способів розпізнавання речовин до високотехнологічних інструментальних методів, заснованих на фундаментальних фізико-хімічних закономірностях. Її становлення нерозривно пов'язане із загальним розвитком природничих наук, удосконаленням експериментальної техніки та формуванням культури точних вимірювань.

Переднауковий етап охоплює практики давніх цивілізацій, де використовувалися прості прийоми визначення властивостей речовин: оцінювання кольору, запаху, смаку, поведінки під час нагрівання або змішування. Ремісничі технології металургії, фарбування, виготовлення лікарських засобів містили елементи якісного аналізу, хоча не спиралися на теоретичне обґрунтування. Суттєву роль відіграла алхімія, яка, попри містичний світогляд, сприяла розвитку лабораторного обладнання та методів очищення, дистиляції, осадження [11].

Наукові засади аналітичної хімії формуються у XVII–XVIII століттях у контексті становлення експериментального природознавства. Роберт Бойль обґрунтував необхідність систематичного дослідження властивостей речовин і повторюваності експерименту. Ключовим етапом стала діяльність Антуана Лавуазьє, який запровадив точне зважування як основу кількісного аналізу та сформулював закон збереження маси. Саме цей період ознаменував перехід від описового до вимірювального підходу, що заклало фундамент гравіметрії [7].

XIX століття стало етапом інституціоналізації аналітичної хімії як окремої галузі знань. Було систематизовано методи гравіметричного та титриметричного аналізу, створено схеми якісного визначення катіонів і аніонів. Вагомий внесок у розвиток лабораторної підготовки хіміків зробив Юстус Лібіх, який поєднав наукові дослідження з освітньою практикою. У цей період сформувалися принципи точності, відтворюваності та стандартизації аналітичних процедур [1].

Наприкінці XIX – у XX столітті відбулася інструментальна революція. Розвиток фізики, зокрема електромагнітної теорії та квантової механіки, відкрив нові можливості для аналізу речовин. З'явилися спектроскопічні, електрохімічні та хроматографічні

методи, мас-спектрометрія. Аналітична хімія інтегрувала фізичні принципи вимірювання, що забезпечило підвищення чутливості до мікро- та наноконцентрацій, скорочення часу аналізу та зростання селективності.

Сучасний етап розвитку характеризується мініатюризацією приладів, автоматизацією процесів, використанням цифрових технологій та концепцією «зеленої аналітичної хімії». Активно розвиваються сенсорні системи, мікрофлюїдні пристрої, портативні аналізатори, методи обробки великих масивів даних [10].

Але навіть із появою точних вимірювальних приладів класичні методи не втратили свого значення, оскільки вони дозволяють глибше зрозуміти хімічну сутність аналітичних процесів.

Якісний аналіз без використання приладів спрямований на виявлення окремих йонів або речовин у досліджуваному зразку. Він базується на характерних хімічних реакціях, що супроводжуються утворенням осаду, зміною кольору або виділенням газу. Такі реакції є наочними й легко спостерігаються неозброєним оком. Наприклад, утворення осадів дозволяє ідентифікувати багато аніонів і катіонів, тоді як кольорові реакції широко застосовуються для виявлення йонів металів. Також аналітичною ознакою є виділення газу, за яким можна визначити наявність карбонатів [2].

Поряд із якісним аналізом важливу роль відіграє кількісний аналіз, який дозволяє визначити вміст речовини в зразку. Серед методів, що не потребують використання складних приладів, провідне місце займають титриметрія та гравіметрія. Титриметричні методи ґрунтуються на взаємодії аналізованої речовини з розчином відомої концентрації, а момент завершення реакції фіксується за допомогою індикаторів. Гравіметричний аналіз, у свою чергу, передбачає виділення компонента у вигляді осаду з відомим складом і подальше його зважування. Обидва методи відзначаються високою точністю та надійністю, що підтверджує їх цінність навіть за відсутності сучасних приладів [5].

Особливе місце в аналітичній хімії без приладів займає використання природних кислотно-основних індикаторів. Речовини рослинного походження здатні змінювати забарвлення залежно від реакції середовища, що дозволяє оцінювати кислотність розчинів без спеціального обладнання. Завдяки доступності, безпечності та наочності такі індикатори широко застосовуються в навчальній практиці та демонстраційних експериментах, сприяючи формуванню інтересу до хімії [13].

Окреме місце в розвитку аналітичної хімії займають сучасні методи аналізу, які базуються на використанні фізичних і фізико-хімічних явищ таких як здатність до поглинання або випромінювання енергії, електрохімічна активність, розчинність, комплексоутворення та швидкість перебігу хімічних реакцій та високоточних приладів.

Сьогодні широко застосовують одну з найважливіших груп сучасних методів – спектроскопічні методи. Вони ґрунтуються на взаємодії речовини з електромагнітним випромінюванням і дозволяють отримувати інформацію про склад і будову досліджуваних зразків. Хоча спектроскопія є приладовим методом, її принципи тісно пов'язані з класичними уявленнями про електронну будову атомів і йонів, які лежать в основі кольорових реакцій якісного аналізу. Зміна забарвлення розчину, що використовується в безприладовому аналізі, фактично є проявом тих самих електронних переходів, які в сучасних методах реєструються приладами з високою точністю [3].

Значне місце в сучасній аналітиці займають хроматографічні методи, призначені для розділення складних сумішей і подальшого визначення їх компонентів. Принцип хроматографії ґрунтується на різній здатності речовин розподілятися між двома фазами,

що є розвитком класичних уявлень про розчинність і адсорбцію. У класичних роботах з аналітичної хімії ці явища розглядалися під час вивчення осадження, кристалізації та екстракції, які й стали теоретичною основою для створення сучасних методів розділення [4].

Електрохімічні методи аналізу також є важливою складовою сучасної аналітичної хімії. Вони базуються на вимірюванні електричних характеристик розчинів, що змінюються внаслідок перебігу окисно-відновних реакцій. Основи цих методів закладені в класичному кількісному аналізі, зокрема в титриметричних методах. Визначення кінцевої точки титрування за допомогою електродів є лише технічним удосконаленням візуальних методів, які застосовувалися раніше [5].

Окремі уваги заслуговують методи комплексоутворення, що широко використовуються як у класичній, так і в сучасній аналітичній хімії. Комплексометричне титрування і сьогодні залишається одним із найточніших методів визначення катіонів металів. Сучасні приладові методи лише розширюють можливості цього підходу, дозволяючи автоматизувати процес аналізу та підвищити його чутливість [6].

Сучасний етап розвитку аналітичної хімії (кінець XX – початок XXI століття) характеризується якісною трансформацією методології аналізу, що зумовлена цифровізацією, мініатюризацією приладів, інтеграцією міждисциплінарних технологій та посиленням екологічних вимог до аналітичних процедур [10].

Однією з ключових тенденцій є розвиток мікрофлюїдних систем типу «lab-on-a-chip». Такі пристрої забезпечують виконання повного аналітичного циклу — від підготовки проби до реєстрації сигналу – на мікрочипі розміром у декілька сантиметрів. Завдяки використанню мікроканалів об'єми реагентів зменшуються до мікро- та нанолітрових масштабів, що підвищує швидкість аналізу, знижує витрати реагентів і мінімізує утворення відходів. Мікрофлюїдні системи широко застосовуються в медичній діагностиці, біохімічному аналізі, екологічному моніторингу, фармацевтичному контролі [9].

Інтенсивного розвитку набули сенсорні та біосенсорні технології. Хімічні сенсори дозволяють оперативно визначати концентрації речовин без складної пробопідготовки, забезпечуючи високу селективність і чутливість. Біосенсори, що використовують ферменти, антитіла або нуклеїнові кислоти як біорецептори, відкрили нові можливості для клінічної діагностики, контролю якості харчових продуктів і виявлення токсичних сполук. Перевагою таких систем є можливість проведення аналізу *in situ* та в режимі реального часу [12].

Важливим напрямом є автоматизація аналітичних процесів. Сучасні лабораторні комплекси інтегрують роботизовані модулі пробопідготовки, високочутливі детектори та програмне забезпечення для обробки результатів. Цифрова реєстрація сигналів, використання хроматографічних і спектральних баз даних, стандартизація методик відповідно до міжнародних вимог (ISO, IUPAC) забезпечують високу точність, відтворюваність та трасованість вимірювань [10].

Концепція «зеленої аналітичної хімії» спрямована на мінімізацію екологічного навантаження. Вона передбачає зменшення обсягів токсичних реагентів, використання безпечних розчинників, скорочення енергоспоживання та впровадження безвідходних технологій. Критеріями оцінювання сучасних методів стають не лише точність і чутливість, а й екологічність та енергоефективність [8].

Суттєвою особливістю сучасного етапу є інтеграція аналітичних методів із комп'ютерним моделюванням, штучним інтелектом та статистичною обробкою великих масивів даних. Методи хемометрії дозволяють інтерпретувати складні спектральні або хроматографічні профілі, а алгоритми машинного навчання підвищують точність ідентифікації компонентів у багатокомпонентних системах. Таким чином, сучасна аналітична хімія перетворюється на високотехнологічну, цифрово орієнтовану галузь, що забезпечує оперативний і науково обґрунтований контроль складу речовин у різних сферах діяльності [10].

Таким чином, сучасні методи аналітичної хімії не відокремлюються від класичних підходів, а ґрунтуються на них. Розуміння якісних реакцій, принципів осадження, комплексоутворення та титрування є необхідною умовою для опанування сучасних аналітичних технологій. Саме тому аналітична хімія без приладів залишається важливою складовою хімічної освіти й фундаментом для розвитку високоточної сучасної аналітики.

### Список використаних джерел

1. Верба В. В. Історія розвитку аналітичної хімії: навчальний посібник з курсу «Історія хімії» (для студентів хімічного факультету). Київ, 2025. 28 с.
2. Сирова Г. О., Пономаренко В. М., Ткаченко І. В. Аналітична хімія. Якісний аналіз : навчальний посібник. Харків : ХНМУ, 2016. 240 с.
3. Файгель Ф. Крапельний аналіз. Основи якісного хімічного аналізу. Київ : Наукова думка, 1975. 360 с.
4. Федущак Н. К., Калібабчук В. О., Плахотнік О. В. Аналітична хімія : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Медицина, 2010. 496 с.
5. Худоярова О. С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз : навчальний посібник. Вінниця : Нова книга, 2018. 320 с.
6. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометричне титрування. Класичні методи хімічного аналізу. Київ : Вища школа, 1981. 280 с.
7. Fresenius C. R. *A system of instruction in quantitative chemical analysis*. New York : John Wiley & Sons, 1850.
8. Gałuszka A., Migaszewski Z. M., Namieśnik J. The 12 principles of green analytical chemistry and the SIGNIFICANCE mnemonic of green analytical practices // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2013. Vol. 50. P. 78–84.
9. Manz A., Graber N., Widmer H. M. Miniaturized total chemical analysis systems: A novel concept for chemical sensing // *Sensors and Actuators B: Chemical*. 1990. Vol. 1, No. 1–6. P. 244–248.
10. Medina, D. A. V., Maciel, E. V. S., & Lanças, F. M. (2023). Modern automated sample preparation for the determination of organic compounds: A review on robotic and on-flow systems. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 117171.
11. Szabadváry F. *History of analytical chemistry*. Oxford : Pergamon Press, 1966.
12. Turner A. P. F. Biosensors: Sense and sensibility // *Chemical Society Reviews*. 2013. Vol. 42, No. 8. P. 3184–3196.
13. Zwicky D. A. Natural pH indicators: an alternative to synthetic indicators in the classroom. // *Journal of Chemical Education*. 1985. Vol. 62, No. 6. P. 507–508.

## РОЛЬ БІОХІМІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ ВПЛИВУ НЕЙРОМЕДІАТОРІВ НА ФОРМУВАННІ МУЗИЧНОГО ЗАДОВОЛЕННЯ

Орловський О. В., Шпотя М. В., Тарабарін А. А.

Полтавський фаховий коледж мистецтв імені М. В. Лисенка

Музика є унікальним видом людської діяльності, що здатний викликати не лише естетичні переживання, але й глибокі емоційні стани. Задоволення від прослуховування музики пов'язане з активацією мозкових систем нагороди, що включають роботу низки нейромедіаторів — хімічних речовин, які забезпечують передачу сигналів між нейронами. Сучасні нейробіологічні дослідження доводять, що музика активує ті самі структури мозку, що й базові біологічні винагороди [1]. Розуміння ролі нейромедіаторів відкриває шлях до пояснення того, чому музика так сильно впливає на емоційний стан і поведінку людини.

Система винагороди мозку включає мережу структур, що відповідають за мотивацію, нагороду та переживання задоволення. Основну роль у цьому процесі відіграє нейромедіатор *дофамін* — біогенний амін, який виділяється у вентральній області покривки (VTA) та прилеглому ядрі (*nucleus accumbens*). Ще у фундаментальних дослідженнях А. Блодом та Р. Заттором було показано, що інтенсивні емоційні реакції на музику корелюють з активацією мезолімбічної дофамінової системи [1].

Подальші експериментальні роботи продемонстрували, що музика не лише активує ці структури, а й спричиняє безпосереднє вивільнення дофаміну. Фармакологічна модуляція рівня дофаміну змінює суб'єктивне відчуття задоволення від музики, що свідчить про причинну роль цього нейромедіатора у формуванні естетичної винагороди [2]. Таким чином, дофамінова система не лише супроводжує музичні переживання, а безпосередньо їх модулює.

Сучасні теорії пояснюють музичне задоволення через механізми передбачення та прогнозування. Мозок постійно формує очікування щодо майбутніх звукових подій, а відхилення від цих прогнозів активують систему винагороди. У цьому контексті музика розглядається як когнітивна модель, що стимулює допамінергічну активність через механізм “помилки передбачення” [5].

Нейровізуалізаційні дослідження підтверджують, що активність *nucleus accumbens* зростає пропорційно до суб'єктивної оцінки музичної приємності [6]. Чим більш емоційно значущою є музика для слухача, тим вищий рівень активації структур системи винагороди.

Хоча дофамін відіграє центральну роль, музичне задоволення є результатом взаємодії кількох нейромедіаторних систем. Експериментальні дослідження на тваринах продемонстрували, що музична стимуляція підвищує активність не лише дофаміну, але й серотоніну в структурах переднього мозку, пов'язаних із винагородою та моторним контролем [4]. Це свідчить про комплексний характер нейрохімічної відповіді на музичні стимули.

Крім того, опіоїдна система мозку, що включає ендорфіни, також бере участь у формуванні музичної насолоди. Блокування опіоїдних рецепторів зменшує інтенсивність позитивних емоцій від музики, що вказує на її залучення до механізмів естетичного задоволення [5]. Опіоїдна система, імовірно, взаємодіє з дофаміновими шляхами, посилюючи суб'єктивне переживання “приємності”.

Дофамінова модуляція відіграє роль не лише у формуванні задоволення, але й у процесах пам'яті. Дослідження показали, що музика, яка викликає сильні позитивні емоції,

покращує консолідацію довготривалої пам'яті завдяки активації дофамінових шляхів [3]. Таким чином, музика може виступати інструментом посилення когнітивних процесів через нейрохімічні механізми.

Не всі люди отримують однаковий рівень задоволення від музики. Феномен музичної ангедонії пов'язаний зі зниженням функціональних зв'язків між слуховими зонами кори та системою винагороди мозку [6]. Це підтверджує, що музичне задоволення має чітке нейробіологічне підґрунтя і залежить від ефективності нейромедіаторних систем.

Отже, музичне задоволення є результатом складної взаємодії нейромедіаторних систем мозку. Центральну роль у цьому процесі відіграє дофамін, який забезпечує активацію системи винагороди та формування мотиваційного компоненту музичного досвіду [1;2]. Водночас серотонін, опіоїдні пептиди та інші нейрохімічні механізми модулюють інтенсивність і якість емоційної відповіді на музичні стимули [4;5]. Таким чином, музика є потужним біохімічним стимулом, що активує фундаментальні механізми задоволення, поєднуючи когнітивні, емоційні та фізіологічні процеси.

### Список використаних джерел

1. Blood AJ, Zatorre RJ. *Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion*. Proc Natl Acad Sci USA. 2001.
2. Ferreri, L., Mas-Herrero, E., Zatorre, R. J., Ripollés, P., Gomez-Andres, A., Alicart, H., Olivé, G., Marco-Pallarés, J., Antonijoan, R. M., Valle, M., Riba, J., & Rodriguez-Fornells, A. (2019). *Dopamine modulates the reward experiences elicited by music*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(9), 3793–3798. <https://doi.org/10.1073/pnas.1811878116>
3. Ferreri, L., Mas-Herrero, E., Cardona, G., Zatorre, R. J., Antonijoan, R. M., Valle, M., Riba, J., Ripollés, P., & Rodriguez-Fornells, A. (2021). *Dopamine modulations of reward-driven music memory consolidation*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1502(1), 85–98. <https://doi.org/10.1111/nyas.14656>
4. Moraes, M. M., Rabelo, P. C. R., Pinto, V. A., Pires, W., Wanner, S. P., Szawka, R. E., & Soares, D. D. (2018). *Auditory stimulation by exposure to melodic music increases dopamine and serotonin activities in rat forebrain areas linked to reward and motor control*. *Neuroscience letters*, 673, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.02.058>
5. Weigmann K. (2017). *Feel the beat: Music exploits our brain's ability to predict and the dopamine-reward system to instill pleasure*. *EMBO reports*, 18(3), 359–362. <https://doi.org/10.15252/embr.201743904>
6. Zatorre, R. J., & Salimpoor, V. N. (2013). *From perception to pleasure: music and its neural substrates*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 Suppl 2(Suppl 2), 10430–10437. <https://doi.org/10.1073/pnas.1301228110>

# НАВЧАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ОТРИМАННЯ, АКУМУЛЮВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ПАЛИВНИХ КОМІРКАХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

<sup>1</sup>Пірський Ю. К., <sup>1</sup>Скриптун І. М., <sup>1</sup>Куций А. В., <sup>2</sup>Шинкаренко В. І.

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України

<sup>2</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Перетворення енергії в парогенераторах і двигунах внутрішнього згорання зумовлюють виникнення сировинних та екологічних проблем [1]. Тому перехід до альтернативних способів перетворення енергії, зокрема електрохімічних, сприятиме їх розв'язанню [2].

Перевагами паливних комірок (ПК) є можливість перетворення різних видів палива безпосередньо в електричну без збитків для довкілля, широкий діапазон потужностей (від 1 до 10000 кВт), швидка реакція на зміну навантаження, висока надійність і безпека експлуатації (особливо для низькотемпературних систем), модульність технологічних рішень, що дозволяє відносно легко нарощувати їх потужність, а також можливість одночасної генерації тепла. Низькотемпературні воднево-кисневі/повітряні комірки при генерації електричної енергії утворюють воду, яку за певних умов можна повторно використовувати для отримання водню.

Метою даної роботи є демонстрація переваг екологічно безпечного електрохімічного методу прямого перетворення енергії хімічної взаємодії в електричну. Дане науково-технічне рішення поєднує отримання водню як енергоносія, його акумулювання та використання в паливних комірках у складі систем енергопостачання.

Пропонується удосконалена методика виготовлення мембранно-електродних блоків (МЕБ) для низькотемпературних воднево-кисневих ПК на основі протонпровідних мембран та модифікованих анодних і катодних електрокаталізаторів. МЕБ складається з протонпровідної полімерної мембрани (Nafion), що запобігає проникненню палива й окисника. З обох боків на її поверхню нанесено тонкий шар каталізатора, який контактує з пористим волокнистим матеріалом із високою електронною провідністю — газодифузійним шаром (ГДШ). Функція ГДШ полягає у підведенні реагентів та їх рівномірному розподілі на активній поверхні мембрани (каталітичному шарі), а також у відведенні продуктів хімічних перетворень через пори. Крім того, ГДШ виконує функцію струмовідводів, забезпечує підведення та відведення електронів до центрів Red/Ox-перетворень, забезпечує необхідний режим експлуатації та забезпечує збереження її структурно-провідних характеристик МЕБ. Для виготовлення ГДШ запропоновано використовувати гідрофобізований карбоновий папір Sigracet 10BC.

Як катодний каталізатор в МЕБ використовували Pt(20%)/XC-72 із вмістом платини 0,5 мг/см<sup>2</sup>, як анодний — той самий каталізатор, але з меншим вмістом платини (0,3 мг/см<sup>2</sup>). Формування МЕБ проводили шляхом нанесення каталітичних чорнил на мембрану за допомогою аерографа.

Ресурсні випробування МЕБ проводили протягом 120 год при постійному навантаженні та густині струму (не меншій за 50 мА/см<sup>2</sup>). Дотримання зазначених умов забезпечує стабільність експлуатаційних характеристик паливних комірок у межах  $\pm 10\%$ .

Розроблено технологію виготовлення МЕБ для воднево-кисневих ПК з використанням протонпровідних мембран Nafion (товщина 50 мкм), що забезпечують стабільні електрохімічні характеристики. На основі цієї технології на ПАТ «ЕЛІМІЗ»

організовано виробництво демонстраційних наборів до курсу «Електрохімічна енергетика» для закладів вищої освіти. Набори ілюструють сучасні технологічні принципи створення та функціонування паливних комірок і рекомендовані до використання під час проведення як лабораторних, так і наукових досліджень.

Лабораторний комплект складається з воднево-кисневої паливної комірки, електролізера, корисного навантаження (вентилятора), а також ємностей для збору й накопичення кисню та водню (рис. 1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд демонстраційного набору до курсу «Електрохімічна енергетика».

За допомогою електролізера, використовуючи дистильовану воду та зовнішнє джерело струму (сонячні батареї, вітрові генератори, надлишкову електроенергію з мережі), генеруються кисень і водень, які акумулюються в ємностях із гідрозатворами. Далі водень і кисень із ємностей подаються до ПК для отримання електричної енергії. У процесі роботи ПК на катоді утворюється чиста вода. Таким чином, система є замкненою та екологічно безпечною й може використовуватися для накопичення та віддачі енергії. Використання лабораторного макета воднево-кисневої ПК дає змогу оптимізувати нові матеріали для подальшого застосування в реальних паливних комірках і впровадження у виробництво.

Для каталітично активного композиційного шару МЕБ досліджено склад і встановлено його залежність від умов термообробки. Вимірювання проводили на воднево-кисневому ПК із робочою площею  $6,25 \text{ cm}^2$ , розробленому в межах цієї роботи, у стаціонарному режимі після витримки 5 хв. Умови випробувань: температура  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , без надлишкового тиску водню та кисню. Отримані стаціонарні розрядні криві наведено на рис. 2.

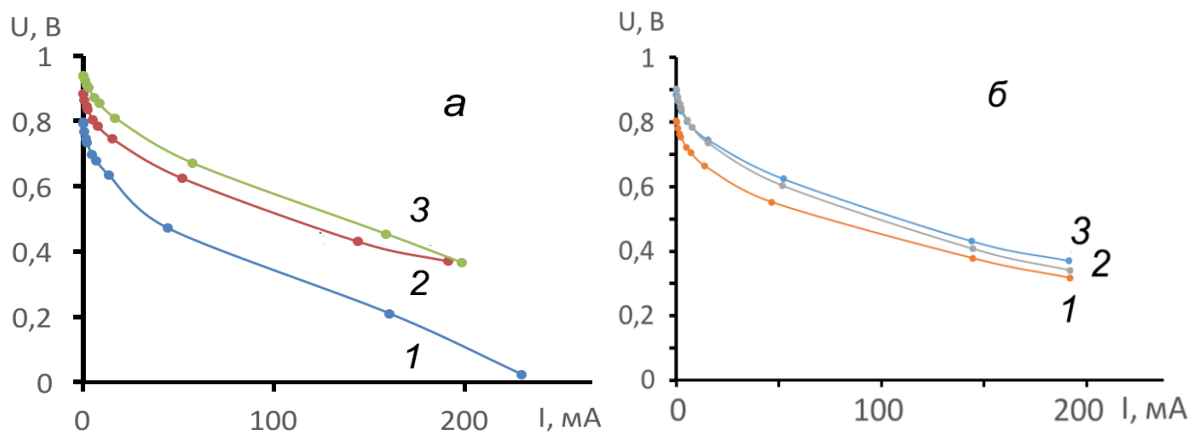


Рис. 2. Вольт-амперні характеристики МЕБ: з різним вмістом платини (а) в каталізаторі 1- Pt10/ХС-72; 2- Pt20/ХС-72; 3- Pt40/ХС-72; з різною температурою обробки (б) після нанесення каталітичного чорнила в каталізаторі Pt20/ХС-72: 1- 80°C; 2- 120°C; 3- 100°C.

Проведенні дослідження залежності характеристик МЕБ від способу їх формування (тришарові та п'ятишарові структури) показали, що тришарові МЕБ характеризуються кращими експлуатаційними характеристиками. Одержані електрохімічні дані підтверджують перспективність досліджень низькотемпературних воднево-кисневих ПК для підвищення їх енергетичних характеристик та створення діючих зразків. Розроблено демонстраційний набір до курсу «Електрохімічна енергетика», який може використовуватися під час лабораторних занять у закладах вищої освіти для студентів електрохімічних спеціальностей, а також у закладах загальної середньої освіти на уроках фізики та хімії.

#### Список використаних джерел

1. Zhang, Z. The Ecology and Future of Hydrogen Energy. In: Hydrogen Energy and Fuel Cells. Sustainable Development Goals Series. // Springer, Singapore. -2026. P. 155–173. [https://doi.org/10.1007/978-981-95-2088-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-95-2088-6_6)
- 2 Tellez-Cruz M. M., Escorihuela J., Solorza-Feria O., Compañ V. Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFCs): Advances and Challenges // Polymers 2021, 13(18), 3064; <https://doi.org/10.3390/polym13183064>

# ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЙОГУРТІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

Петренко О. Р., Шевченко С. В.

Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради

Йогурт – це популярний кисломолочний продукт, який люблять і діти, і дорослі. Він містить корисні бактерії, білки, жири та інші поживні речовини. Відомо що йогурти різних виробників можуть відрізнятися за складом, густотою та наявністю добавок[3]. Тому метою нашої роботи було з'ясувати, чи однакові вони за своїми властивостями та фізико-хімічними показниками.

*Мета роботи* — порівняти деякі фізико-хімічні показники йогуртів різних торговельних марок.

*Об'єкт дослідження:* йогурти торговельних марок «Дольче», «Растішка», «Мое улюблене ЧУДО», «Малятко», «Агуня».

*Предмет дослідження-* склад йогуртів від різних виробників.

Дане дослідження нами було проведено на базі кабінету хімії Наукового ліцею №3 Полтавської міської ради в січні 2026 року. Для проведення дослідження нами було обрано 5 зразків йогуртів вітчизняного виробництва, які ми заздалегідь придбали в торговельній мережі м.Полтава.

Нами було перевірено наступні показники:

- кислотність;
- в'язкість;
- наявність жиру;
- виділення сироватки;
- наявність крохмалю[1,2].

Пропонуємо вашій увазі основні результати нашого дослідження.

## *Кислотність*

Усі йогурти були не надто кислими. Це означає, що вони свіжі та правильно зберігалися.

## *В'язкість (густота)*

Йогурти «ЧУДО», «Малятко» та «Агуня» виявилися густішими. «Дольче» і «Растішка» були більш рідкими. Густота може залежати від:

- кількості молочних речовин;
- наявності загусників;
- способу виготовлення.

## *Жир*

У всіх йогуртах є молочний жир — це нормально. Найбільше жиру виявлено в йогурті «Малятко».

## *Сироватка*

У жодному зразку не виділялася рідина. Це добре, бо означає, що структура йогуртів правильна.

## *Крохмаль*

Крохмаль виявили у йогуртах «Дольче», «Растішка» та «ЧУДО». У «Малятко» та «Агуня» його не було. Крохмаль додають, щоб зробити продукт густішим. Це дозволена добавка, але вона показує, що густота досягається не тільки за рахунок молока.

*Висновки:* всі йогурти, кі ми обрали для дослідження йогурти були свіжими та якісними за основними показниками, про що свідчить маркування та пакування готової продукції. Найгустішими були йогурти «ЧУДО», «Малятко» та «Агуня». За вмістом жиру найбільше жиру ми виявили в йогурті «Малятко». Три зразки йогуртів мають крохмаль в своєму складі, про що свідчить зміна забарвлення зразків при проведенні якісної реакції. Йогурти «Малятко» та «Агуня» мали густу консистенцію без додавання крохмалю. Отже, йогурти різних виробників відрізняються за складом і властивостями. Таке дослідження допомагає краще розуміти, що ми їмо, і вчить аналізувати харчові продукти з точки зору хімії.

#### **Список використаних джерел**

1. Йогурти. Загальні технічні умови : ДСТУ 4343:2004. Чинний від 2005-07-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 12 с.
2. Сирохман І. В. Товарознавство продовольчих товарів : підручник. І. В. Сирохман. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 512 с.
3. Шиян П. Л. Технологія молока та молочних продуктів : підручник. П. Л. Шиян. Київ : Либідь, 2016. 368 с.

## **РОЛЬ ІНСУЛІНУ В ОБМІНІ РЕЧОВИН ТА РОЗВИТКУ ІНСУЛІНОРЕЗИСТЕНТНОСТІ**

**Радченко А. О., Шевченко С. В.**

Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради

Інсулін є одним із найважливіших гормонів для людини, який забезпечує перебіг обміну речовин в організмі людини. Він регулює рівень глюкози в кровоносній системі, впливає на жировий і білковий обмін, а також підтримує енергію в тілі людини. За умов сучасного способу життєдіяльності, що часто супроводжується надмірним споживанням калорій і низькою фізичною активністю, порушення дії інсуліну трапляються набагато частіше. Одним із найпоширеніших таких порушень є інсулінорезистентність, яка має значний вплив на здоров'я та фізичне самопочуття людини. Також важливий момент, що люди які страждають від надмірної кількості інсуліну, повинні харчуватися за графіком (3 рази на добу), тому що саме тоді коли людина харчується не стабільно, інсулін не може нормалізуватися в крові. Доречі, якщо людина не стабілізує рівень інсуліну в кровоносній системі, вона має всі ризики отримати цукровий діабет [2].

Інсулін відіграє важливу роль у регуляції рівня глюкози в кровоносній системі. Після вживання їжі рівень глюкози в крові підвищується, і саме інсулін забезпечує її надходження до клітин, де глюкоза використовується як основне джерело енергії. Завдяки глюкозі стабілізується рівень цукру в крові та запобігається його надлишкове накопичення.

Інсулін є важливим в регуляції жирового та вуглеводному обміну. Гормон приймає участь в утворенні запасів енергії у вигляді жирової тканини та глікогену [1]. Він призупеняє процеси розщеплення жирів, що дозволяє організму зберігати енергетичні ресурси для майбутніх потреб.

Інсулін приймає активну участь у білковому обміні та рості клітин. Під впливом інсуліну покращується синтез білків і зменшується їх розпад, що є необхідним для відновлення тканин, росту м'язів і кращого функціонування організму в цілому.

Інсулінорезистентність розвивається внаслідок гіршої чутливості клітин до інсуліну. Саме через цей стан, клітини не реагують на дію гормону, що має певні наслідки підвищення рівня глюкози в кровоносній системі [3]. Саме тоді підшлункова залоза змушена виробляти все більше інсуліну, що з часом приводить до виснаження її ресурсів.

Спосіб життя має великий вплив на розвиток інсулінорезистентності. Надмірна вага, неправильне харчування та відсутня фізична активність значно підвищують ризик порушення дії інсуліну. Також регулярні фізичні навантаження та збалансований раціон сприяють підвищенню чутливості клітин до інсуліну.

Отже, інсулін є одним із найважливіших гормонів, що забезпечує обмін речовин в організмі людини. Він контролює рівень глюкози в кровоносній системі та забезпечує її постачання до клітин. Окрім вуглеводного обміну, інсулін впливає на жировий та білковий метаболізм. Порушення інсуліну в крові призводить до зменшення ефективності використання енергії клітинами. Найпоширеніше порушення є інсулінорезистентність. Саме цей стан характеризується зменшенням чутливості тканин до інсуліну. У відповідь організм підвищує секрецію інсуліну. Тривале перевантаження підшлункової залози може призводити до її функціонального виснаження.

Інсулінорезистентність тісно пов'язана з ожирінням і малорухливим способом життя. Вона також є ключовою ланкою розвитку цукрового діабету 2 типу. Значний вплив мають харчові звички та рівень фізичної активності. Зміна способу життя може підвищити чутливість клітин до інсуліну, тому профілактика інсулінорезистентності має важливе практичне значення. Розуміння ролі інсуліну є необхідним для збереження метаболічного здоров'я. Саме тому дана проблема надзвичайно актуальна для сучасної науки та медицини.

#### **Список використаних джерел**

1. Клінічна біохімія / за ред. І. П. Кайдашевої. – Харків : Факт, 2019. 432 с.
2. Фізіологія людини : підручник / В. Г. Шевчук, В. М. Мороз, О. В. Ковальчук та ін. Вінниця : Нова Книга, 2017. 480 с.
3. Saltiel A. R., Kahn C. R. Insulin signalling and the regulation of glucose and lipid metabolism // *Nature*. 2001. Vol. 414. P. 799–806.

## **ХІМІЧНА НАУКА: СУЧАСНІСТЬ, ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

**Савченко Ю. Ю.**

Свердликівська філія Комунальний заклад «Торговицький ліцей імені Є.Ф. Маланюка»

Анотація. Хімічна наука є фундаментальною основою сучасного прогресу, впливаючи на галузі від медицини до енергетики. У цій статті розглядається поточний стан хімічної науки станом на 2026 рік, ключові досягнення останніх років, а також перспективи розвитку. Аналіз базується на даних з провідних наукових джерел, таких як IUPAC, CAS та NAS.

Вступ. Хімічна наука залишається однією з ключових фундаментальних дисциплін сучасності, що визначає прогрес у багатьох галузях людської діяльності - від медицини, фармацевтики та матеріалознавства до енергетики, екології, сільського господарства та інформаційних технологій. На початку 2026 року хімія переживає період одночасних

викликів і можливостей: глобальна економічна нестабільність, надлишкові виробничі потужності в базовій хімії, слабкий попит на традиційну продукцію поєднуються з бурхливим розвитком інноваційних напрямків, інтеграцією штучного інтелекту, біотехнологій та принципів зеленої хімії. За даними Deloitte (2026 Chemical Industry Outlook), світова хімічна промисловість у 2026 році продовжує перебувати в фазі повільного відновлення після затяжного спаду. Глобальне виробництво хімікатів прогнозується на рівні зростання лише 1,9–2,0 %, тоді як у США очікується навіть незначне скорочення обсягів виробництва базових хімікатів на 0,2 %. Водночас спеціалізовані сегменти (високотехнологічні матеріали, біотехнологічні продукти, рішення для сталого розвитку) демонструють стійкіший попит і вищу маржинальність. McKinsey та American Chemistry Council підкреслюють, що галузь зіштовхується з надлишковими потужностями, геополітичною невизначеністю та тиском на ціни, однак саме ці фактори стимулюють переорієнтацію на прибутковість, стійкість та довгострокову трансформацію. Одним із найпотужніших драйверів розвитку хімічної науки в 2026 році є інтеграція цифрових технологій. Штучний інтелект, машинне навчання та автоматизовані лабораторії (так звані «автономні лабораторії» або closed-loop discovery systems) радикально прискорюють відкриття нових молекул, оптимізацію синтезу та прогнозування властивостей матеріалів. CAS (Chemical Abstracts Service) у своєму звіті про наукові прориви 2026 року виділяє вісім ключових трендів, серед яких - прецизійна медицина, відновлювальна енергетика, розумне сільське господарство, переробка текстилю в круговій економіці, гібридні сонячні елементи з ефективністю понад 34%, натрій-іонні батареї та безопіодні знеболювальні на базі натрієвих каналів. Міжнародний союз чистої та прикладної хімії (IUPAC) активно сприяє популяризації інновацій через щорічний проєкт Top Ten Emerging Technologies in Chemistry. Для 2025 року до фіналістів увійшли адитивне виробництво (3D-друк), вуглецеві точки, пряме захоплення CO<sub>2</sub> з повітря (Direct Air Capture), електрохімічне захоплення та конверсія вуглецю, мультимодальні моделі ШІ для визначення структури, наночейн-біосенсори, однатомний каталіз, синтетичні клітини, термо-гелюючі полімери та ксолографія. Прийом пропозицій на Top Ten 2026 триває до квітня 2026 року, що свідчить про постійне оновлення горизонтів галузі. Важливим аспектом є визнання видатних досягнень. Національна академія наук США (NAS) у 2026 році присудила премію в хімічних науках Бенджаміну Краватту (Scripps Research) за проривні дослідження функцій ферментів та їхньої дисрегуляції при захворюваннях. Royal Society of Chemistry оголосила Chemical Science Lectureship 2026 присвяченим саме цифровій хімії та застосуванню ШІ, машинного навчання й автоматизації. Глобальні виклики - зміна клімату, дефіцит ресурсів, старіння населення, необхідність переходу до низьковуглецевої економіки - роблять хімію незамінним інструментом їхнього вирішення. З одного боку, галузь критикують за екологічний слід базового виробництва; з іншого - саме хіміки розробляють технології захоплення вуглецю, біорозкладні матеріали, ефективні каталізатори для зеленої енергетики, нові ліки та методи персоналізованої медицини. Таким чином, у 2026 році хімічна наука перебуває на перехресті традиційних викликів промисловості та революційних можливостей, які відкривають цифровізація, біотехнологічна конвергенція та фокус на стійкості. Саме ці фактори визначають її сучасний стан, останні досягнення та найближчі перспективи розвитку, роблячи хімію не просто наукою про речовину, а ключовим чинником сталого майбутнього людства.

Виклад основного матеріалу. У сучасному стані хімічної науки на лютий 2026 року спостерігається поєднання стриманого економічного зростання в промисловому секторі з

інтенсивним розвитком фундаментальних та прикладних досліджень, де акцент робиться на цифровізації, стійкості та вирішенні глобальних викликів. Глобальна хімічна промисловість продовжує перебувати в фазі затяжного спаду (downcycle), спричиненого слабким попитом, надлишковими потужностями та геополітичною невизначеністю. За прогнозами Deloitte у звіті 2026 Chemical Industry Outlook, світове виробництво хімікатів зросте лише на 1,9–2,0%, тоді як у США очікується скорочення обсягів виробництва на 0,2%. American Chemistry Council (ACC) прогнозує зростання виробництва базових хімікатів на 1,2%, тоді як спеціальні хімікати залишаються практично без змін, а агрохімікати та споживчі хімікати покажуть падіння на 1,0% та 1,5% відповідно. C&EN's World Chemical Outlook for 2026 підкреслює повільне зростання в США (лише 0,3% у 2026 році проти 0,7% у 2025), з помітним відновленням не раніше 2027 року. Європа та Азія стикаються з ще більшими труднощами через високі енергетичні витрати та регуляторний тиск.

Незважаючи на промислові виклики, наукова хімія демонструє динаміку. CAS (Chemical Abstracts Service) у своєму аналізі Scientific breakthroughs: 2026 emerging trends to watch виділяє вісім ключових трендів, які переходять від лабораторних проривів до комерційного масштабу: прецизійна медицина та AI в розробці ліків (зокрема, AI-прогнозування відповіді на імунотерапію), відновлювальна енергетика (перспективні перовскітні сонячні елементи, альтернативні батареї), розумне сільське господарство, зелена хімія та біотехнологічні інновації. Ці напрямки підтримуються великими інвестиціями в AI та автоматизацію лабораторій. Міжнародний союз чистої та прикладної хімії (IUPAC) активно формує майбутнє галузі через проєкт Top Ten Emerging Technologies in Chemistry. Збір пропозицій для списку 2026 року триває (до 30 квітня 2026), а фіналісти 2025 року включають адитивне виробництво (3D-друк у хімії), вуглецеві точки, пряме захоплення CO<sub>2</sub> з повітря (Direct Air Capture), електрохімічне захоплення та конверсію вуглецю, мультимодальні моделі ШІ для визначення структури молекул, наночейн-біосенсори, однатомний каталіз, синтетичні клітини, термо-гелюючі полімери та ксолографію. Ці технології відображають перехід хімії до інтеграції з AI, нанотехнологіями та принципами кругової економіки. Фундаментальні дослідження підтримуються провідними організаціями. NSF (National Science Foundation) через Division of Chemistry фінансує проєкти в передовому виробництві, стійкості та AI для хімічного відкриття. Royal Society of Chemistry (RSC) у 2026 Chemical Science Perspective & Review Collection акцентує на проривах у топ-даун синтезі, перовскітних нанокристалах, стратегіях детоксикації свинцю в оптоелектроніці та інших напрямках. Водночас спостерігається зростання ролі міждисциплінарних підходів: хімія зливається з біологією (хімічна біологія), матеріалознавством, комп'ютерним моделюванням та екологією. Важливим є фокус на стійкості та зеленій хімії. Компанії переорієнтовуються на прибутковість, реструктуризацію портфелів, цифровізацію та AI для оптимізації процесів. Deloitte виділяє п'ять ключових трендів 2026 року: пріоритет прибутковості, підвищення стійкості, інновації через R&D та цифрові моделі, прискорене впровадження AI, а також перехід до низьковуглецевих та циркулярних практик. Водночас галузь стикається з критикою за екологічний вплив базового виробництва, що стимулює розробку технологій захоплення CO<sub>2</sub>, біорозкладних матеріалів та ефективних каталізаторів. Загалом, у 2026 році хімічна наука характеризується подвійністю: промисловість переживає повільне відновлення з фокусом на виживання та ефективність, тоді як наукові дослідження та emerging технології розвиваються стрімко, інтегруючи AI, стійкість та

міждисциплінарність. Саме ця динаміка визначає потенціал галузі для вирішення глобальних проблем - від зміни клімату до персоналізованої медицини та енергетичного переходу. Останні роки принесли прориви в хімії. ScienceDaily повідомляє про новий каталізатор на основі марганцю для перетворення CO<sub>2</sub> у формат, потенційний джерело палива. Розроблено кальцієво-іонні акумулятори, що пропонують безпечнішу альтернативу літєвим. У Brookhaven National Laboratory створено каталізатор для прискорення редукції CO<sub>2</sub> у 800 разів. Chemistry World виділяє само-синтезуючу РНК, що дає підказки про походження життя, та мікророботів з 3D-друкованих шаблонів. Інженерні ферменти підвищують ефективність утворення амідних зв'язків для синтезу ліків. NAS нагороджує Краватта за профілювання білків, що трансформувало хімічну біологію. ACS Press повідомляє про домашні тести на віруси котів та собак, та золоті наносфери для покращення збору сонячної енергії. Новий електрод перетворює промислові викиди на корисні матеріали. RSC Horizon Prizes відзначають прориви в органічному синтезі та AI для матеріалів. Майбутнє хімії пов'язане з emerging технологіями. IUPAC виділяє топ-10: адитивне виробництво, вуглецеві точки, пряме захоплення повітря, електрохімічне захоплення CO<sub>2</sub>, мультимодальні моделі для структурного роз'яснення, наночейн-біосенсиори, однотомний каталіз, синтетичні клітини, термо-гелюючі полімери, ксолографія. SCI підтверджує цей список, підкреслюючи трансформаційний потенціал. CAS прогнозує прориви в гібридних сонячних елементах (ефективність понад 34%), натрій-канальних ліках без опіоїдів, та переробці текстилю для стійкої моди. Тренди включають автономні лабораторії, скелетне редагування молекул, електрифікований синтез.

Висновки. Хімічна наука на початку 2026 року демонструє унікальну подвійність: з одного боку, промисловість продовжує долати виклики слабого попиту, надлишкових потужностей та геополітичної невизначеності, з прогнозованим глобальним зростанням виробництва хімікатів лише на 1,9–2,0%, а в окремих регіонах (зокрема, США) - навіть незначним скороченням. З іншого боку, фундаментальні та прикладні дослідження переживають справжній ренесанс, де інтеграція штучного інтелекту, автоматизованих лабораторій, принципів зеленої хімії та міждисциплінарних підходів відкриває безпрецедентні можливості для вирішення глобальних проблем людства. Отже, хімічна наука в 2026 році - це не лише наука про речовину та її перетворення, а ключовий чинник сталого майбутнього людства. Вона стоїть на порозі глибокої трансформації, де цифровізація, стійкість та міждисциплінарність дозволяють не просто реагувати на виклики (зміна клімату, дефіцит ресурсів, здоров'я населення), а активно формувати бажане майбутнє. Для реалізації цього потенціалу необхідні системні інвестиції в дослідження, освіту, інфраструктуру та міжнародну співпрацю. Лише за таких умов хімія зможе повною мірою виконати свою місію - забезпечити процвітання людства в гармонії з планетою.

#### Список використаних джерел

1. CAS Science Team. Scientific breakthroughs: 2026 emerging trends to watch [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://www.cas.org/resources/cas-insights/scientific-breakthroughs-2026> (дата звернення: 18.02.2026).
2. Chemistry discoveries 2025: AI proteins, pollution detection & synthetic breakthroughs [Електронний ресурс] // Chemistry World. 2025. URL: <https://www.chemistryworld.com> (дата звернення: 18.02.2026).

3. Chemistry International. 2025. October–December. IUPAC Top Ten Emerging Technologies in Chemistry 2025.
4. Deloitte Insights. 2026 Chemical Industry Outlook [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/chemicals/chemical-industry-outlook.html> (дата звернення: 18.02.2026).
5. Nobel Prize in Chemistry 2024 [Електронний ресурс] // NobelPrize.org : офіційний сайт Нобелівського комітету. 2024. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2024> (дата звернення: 18.02.2026).
6. Nobel Prize in Chemistry 2025 : Metal–Organic Frameworks [Електронний ресурс] // NobelPrize.org : офіційний сайт Нобелівського комітету. 2025. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2025> (дата звернення: 18.02.2026).
7. What to watch in chemistry 2025–2026 [Електронний ресурс] // C&EN : American Chemical Society. 2024–2025. URL: <https://cen.acs.org> (дата звернення: 18.02.2026).
8. IUPAC Top Ten Emerging Technologies in Chemistry 2025 [Електронний ресурс] // IUPAC : International Union of Pure and Applied Chemistry. 2025. URL: <https://iupac.org/what-we-do/top-ten> (дата звернення: 18.02.2026).

## ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИМІКРОБНОЇ ТА АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТЕЙ (Z)-5-(2-ОКСО-2-АРИЛЕТИЛІДЕН)-2- ТІОКСОІМІДАЗОЛІДИН-4-ОНІВ

Салієва Л. М., Тарашевський В. С., Примачук О. І., Шандрук Р. В., Марушко Л. П.,  
Сливка Н. Ю.

Волинський національний університет імені Лесі Українки

2-Тіоксоімідазолідин-4-они (2-тіогідантоїни) займають чільне місце серед N,S-вмісних гетероциклічних систем, які характеризуються широким спектром біологічної дії. Особливо важливим є відкриття у їх ряду протиракових препаратів ензалутамід [1] та апалутамід [2] (рис. 1). Крім того, похідні 2-тіогідантоїну характеризуються протизапальною та антипаразитарною активностями. З огляду на зазначене, видавалося обґрунтованим вивчити антимікробну та антиоксидантну дію функціоналізованих 2-тіоксоімідазолідин-4-онів.

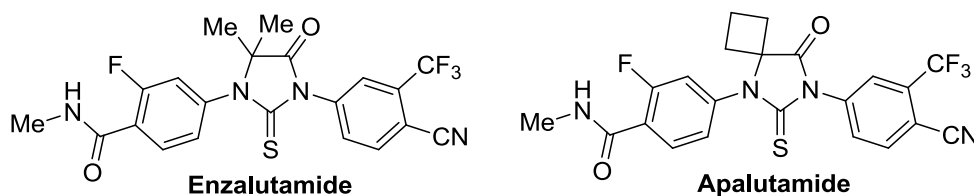


Рисунок 1. Препарати на основі 2-тіогідантоїну для лікування раку передміхурової залози.

Раніше нами була синтезована комбінаторна бібліотека 3-заміщених (Z)-5-(2-оксо-2-арилетиліден)-2-тіоксоімідазолідин-4-онів **3a-o** [3], шляхом конденсації Кневенагеля

синтетично доступних 3-заміщених 2-тіогідантоїнів **1a-e** із арилглюксялями **2a-c** у системі NaOAc-AcOH (схема 1).

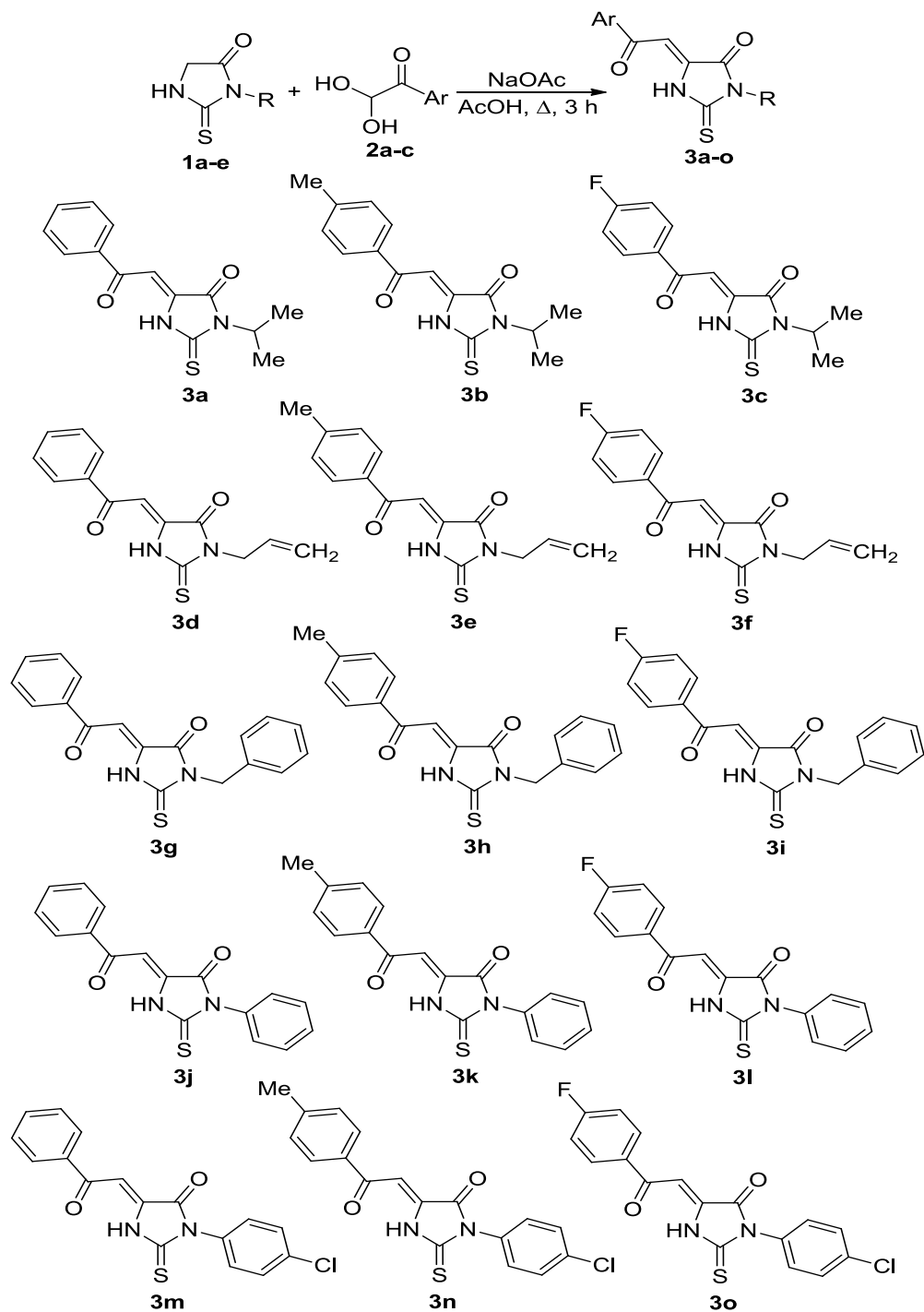


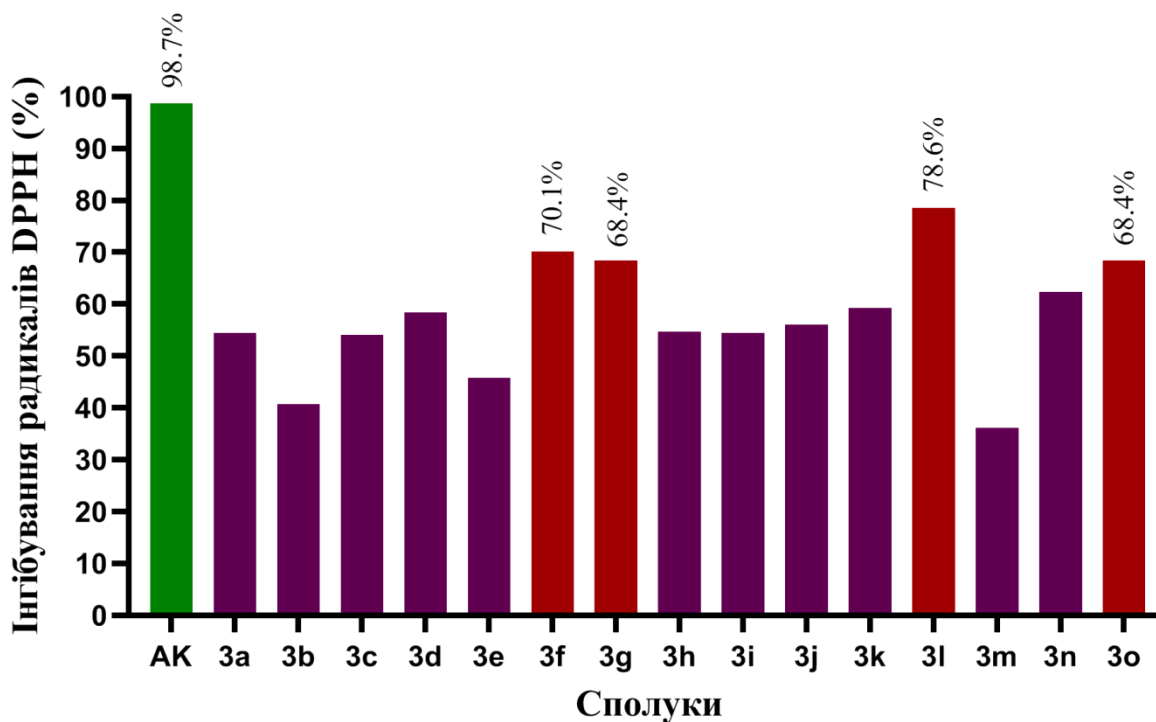
Схема 1. Синтез 3-заміщених (Z)-5-(2-оксо-2-арилетиліден)-2-тіогідантоїнів **3a-o**.

Для синтезованих похідних **3a-o** було проведено скринінг антибактеріальної активності відносно штамів *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* та *Escherichia*

*coli*, а також протигрибкової дії відносно *Candida albicans* та *Aspergillus niger*. Антимікробну дію сполук **3a-o** оцінювали за величинами мінімальної бактеріостатичної (МБсК) та фунгістатичної (МФсК) концентрацій, а також мінімальної бактерицидної (МБцК) та фунгіцидної (МФцК) концентрацій.

У результаті досліджень з'ясовано, що тестовані сполуки **3a-o** характеризуються помірною антимікробною активністю із значеннями МБсК та МФсК 31.25-125 мг/мл. Аналіз взаємозв'язку «структура-активність» свідчить, що природа замісників у положенні 3 тіогідантоїнового ядра та замісників у ароїлетиліденовому фрагменті не чинить суттєвого впливу на антибактеріальну та протигрибкову активності.

Оцінку антиоксидантного потенціалу 3-заміщених (Z)-5-(2-оксо-2-арилетиліден)-2-тіоксоімідазолідин-4-онів **3a-o** здійснювали шляхом інгібування вільних радикалів 1,1-дифеніл-2-пікрілгідразилу (DPPH) у метанольному розчині за концентрації 5 мМ. Результати проведеного скринінгу показали, що досліджувані сполуки здатні поглинати 36.2-78.6% радикалів. Так, похідні **3f,g,l,o** характеризуються найвищою протирадикальною дією із значеннями інгібування 70.1, 68.4, 78.6, 68.4%, відповідно. Найнижчий показник антиоксидантної дії виявлено для (Z)-5-(2-оксо-2-фенілетиліден)-3-(4-хлорофеніл)-2-тіоксоімідазолідин-4-ону **3m** ( $I = 36.2\%$ ), що ймовірно обумовлено його обмеженою розчинністю у метанолі (рис. 2).



**Рисунок 2.** Інгібування радикалів DPPH похідними **3a-o** за концентрації 5 мМ. Аскорбінову кислоту використано як контроль (зелений); сполуки із найвищою антиоксидантною активністю **3f,g,l,o** (червоні).

#### Список використаних джерел

1. McCutcheon S. B. Enzalutamide: a new agent for the prostate cancer treatment armamentarium. *J. Adv. Pract. Oncol.* 2013. Vol. 4. P. 182-185.
2. Clegg N. J., Wongvipat J., Joseph J. D., Tran C., Ouk S., Dilhas A., Chen Y., Grillot K., Bischoff E. D., Cai L., Aparicio A., Dorow S., Arora V., Shao G., Qian J., Zhao H., Yang G., Cao C., Sensintaffar J., Wasielewska T., Herbert M. R., Bonnefous C., Darimont B., Scher H. I., Smith-Jones P., Klang M., Smith N. D., De Stanchina E., Wu N., Ouerfelli O., Rix P. J., Heyman R. A., Jung M. E., Sawyers C. L., Hager J. H. ARN-509: a novel antiandrogen for prostate cancer treatment. *Cancer Res.* 2012. Vol. 72. P. 1494-1503.
3. Мудрак О.А., Салієва Л.М., Сливка Н.Ю. Синтез 3-заміщених (Z)-5-(2-оксо-2-арилетиліден)-2-тіоксоімідазолідин-4-онів. *V Всеукраїнська інтернет-конференція молодих вчених «Перспективи хімії в сучасному світі»*, м. Житомир, 19 листопада 2025 р. Житомир: Видавництво ЖДУ ім. І. Франка, 2025. С. 132-133.

## ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ДЕЗАКТИВАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

<sup>1</sup>Скрипту́н І. М., <sup>1</sup>Захарченко М. Ф., <sup>1</sup>Близнюк А. В., <sup>1</sup>Омельчук А. О.,  
<sup>2</sup>Соловійов В. В.

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України

<sup>2</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Проблема забезпечення високого рівня безпеки обслуговуючого персоналу атомних електростанцій, зменшення екологічного тиску на довкілля є актуальною не лише прикладною, але й науковою задачею. Технологічне обладнання атомних електростанцій при експлуатації стає джерелом підвищеної небезпеки для оточуючого середовища внаслідок забруднення наведеною радіоактивністю, крім того, потребує періодичного профілактичного огляду та планового ремонту, виведення із експлуатації, а тому це вимагає розроблення ефективних науково-технічних рішень, пов'язаних із вирішенням проблем дезактивації. Розрізняють забруднення експлуатаційного та нештатного аварійного походження [1]. Як правило, більша частина радіоактивного забруднення накопичується в мікротріщинах та мікровпадинах поверхневого шару (товщиною до 50 мкм) технологічного обладнання і може бути видалена механічними, фізичними, хімічними та електрохімічними методами або їх комбінацією. Аналіз сучасного стану вирішення проблеми дезактивації обладнання атомних електростанцій [1–4] показує, що серед розмаїття відомих методів найбільш привабливими є електрохімічні, оскільки лише вони не вимагають високих питомих витрат реагентів, не вимагають спеціального обладнання, не супроводжуються утворенням накопиченням великої кількості відходів, які в свою чергу вимагають утилізації або захоронення. Крім того, сучасні методи електрохімічної дезактивації дозволяють не лише зберігати вихідні розміри та стан поверхні обладнання, але й до певної міри покращувати її механічні властивості. Незважаючи на значні обсяги публікацій у науково-технічній та патентній літературі [1–8] про сучасні методи дезактивації, у тому числі про електрохімічні, станом на сьогодні вкрай обмежена інформація про дезактивацію обладнання значних геометричних розмірів за допомогою виносних електродів, про вибір умов електрохімічної дезактивації та склад розчинів, які рекомендовано для різних конструкційних матеріалів, про ступінь вилучення радіонуклідного забруднення в залежності від умов дезактивації. Привабливість

використання електрохімічних методів значно зростає завдяки можливості використання різних режимів поляризації поверхні, яку піддають дезактивації, у тому числі струмом змінної частоти [1–3]. Крім того, відомо [1], що за рахунок електрокінетичних явищ можна видаляти радіонуклідне забруднення не лише з поверхонь електропровідних, але й неелектропровідних матеріалів.

Метою цієї роботи є узагальнення власних експериментальних результатів з електрохімічної дезактивації різних матеріалів при різних режимах поляризації, оцінка питомих витрат розчинів для дезактивації, ступеню вилучення радіонуклідів.

Електрохімічне вилучення радіонуклідного забруднення з металевих поверхонь технологічного обладнання полягає в руйнуванні поверхневого шару під дією електричного струму та переведенні сполук, які його утворюють, у дезактиваційний розчин. Розрізняють наступні режими поляризації поверхні постійним електричним струмом [1]: анодний, знакоперемінний катодно-анодний, біполярний та струмом змінної частоти.

Найбільш розповсюдженим та дослідженим є метод електрохімічної дезактивації, в якому поверхню піддають анодній поляризації. Типова вольтамперна характеристика, характерна для вуглецевих та нержавіючих сталей наведена на рис. 1. На ній можна умовно виділити три ділянки. Електрохімічна дезактивація відбувається лише на першій та на третій ділянках. Вилучення радіонуклідів із забрудненої поверхні на першій ділянці супроводжується розтравлюванням поверхні, що не допустимо при обробці технологічного обладнання, яке потребує збереження вихідних габаритних розмірів. За умов, які відповідають другій ділянці вольтамперної характеристики дезактивація практично не відбувається. Найкращі результати досягаються за умов поляризації, що відповідають третій ділянці. Електрохімічна дезактивація при цих умовах поляризації супроводжується ефектом полірування, покращенням механічних властивостей поверхневого шару за рахунок видалення дефектів поверхневого шару. Ось чому при оптимізації умов дезактивації необхідна детальна інформація про вольтамперні характеристики матеріалів, які піддають електрохімічній обробці.

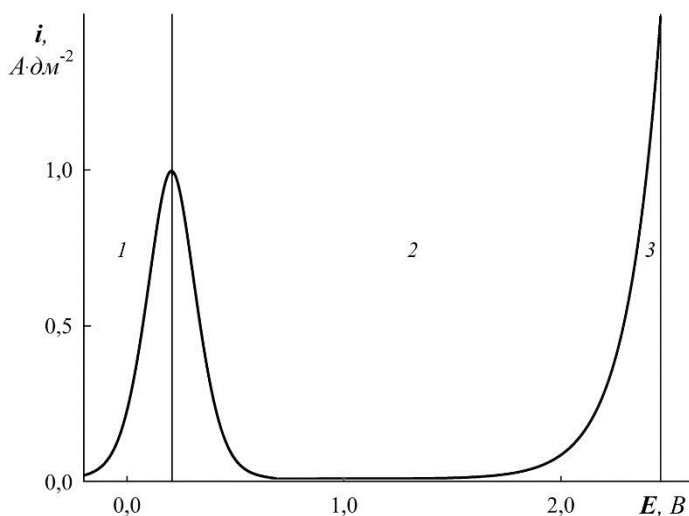


Рис. 1. Типова анодна поляризаційна крива зразку вуглецевої сталі (Ст.3) в розчині  $\text{H}_2\text{SO}_4(40 \text{ мас.}\%)$ – $\text{H}_3\text{PO}_4(40 \text{ мас.}\%)$ – $\text{H}_2\text{O}(20 \text{ мас.}\%)$  в стаціонарному режимі: 1 – область дезактивації без полірування, 2 – область пасивного стану, 3 – область дезактивації з поліруванням поверхні.

Нами розроблено метод дезактивації в режимі виносного електроду. Його суть полягає в тому, що поверхню, яку необхідно дезактивувати, з'єднують з позитивним полюсом джерела постійного струму. По ній поступальними рухами переміщують катод,

який контактує з анодом через шар пористого діелектричного матеріалу, насиченого розчином для дезактивації.

Катод має систему пристроїв, що забезпечують: живлення електричним струмом, безперервну подачу дезактивуєчого розчину у пористий діелектрик, переміщення по поверхні аноду з будь-яким нахилом, швидку заміну пористого матеріалу при насиченні його радіонуклідами, відсутність контакту обслуговуючого персоналу з джерелом радіоактивного забруднення. Радіонукліди при електролізі накопичуються в пористому шарі, виготовленому з кремнеземної або базальтової багат шарові тканини. Ці тканини мають високу здатність утримувати дезактивуєчі розчини (0,8–1,0) мл/г та сорбувати радіонукліди, які переходять в розчин під час електрохімічної обробки. Питомі витрати розчину при використанні таких матеріалів оцінюються величиною 3–4 мл/дм<sup>2</sup> поверхні. Цей метод дозволяє виконувати дезактивацію обладнання без демонтажу з місця експлуатації та без обмежень за його розмірами.

Зовнішній вигляд виготовленого виносного електроду наведено на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Загальний вигляд виносного електроду (а) та його робочої частини з пористим діелектричним матеріалом, насиченим дезактивуєчим розчином (б).

Для дезактивації використовують розчини мінеральних кислот та солей, або їх суміші в присутності комплексоутворювачів, інгібіторів корозії та пасиваторів. Існують певні правила вибору сполук для приготування таких розчинів [1–4]. Вони повинні забезпечувати високу електропровідність розчинів для дезактивації з метою уникнення локальних перегрівів та зменшення питомих енерговитрат. Також, вони повинні містити в своєму складі пасиватори, які забезпечують формування на поверхні металу захисної плівки, не допускають корозійного руйнування та утворення кольорів мінливості, мають бути придатними для обробки широкого кола конструкційних матеріалів.

Аналіз виявленої науково-технічної літератури [1–8] показав, що таким вимогам відповідають розчини приготовлені на основі ортофосфорної та сірчаної кислот з добавками інгібіторних композицій. Як інгібітори корозії рекомендовано використовувати суміші продуктів конденсації аніліну та уротропіну з триетаноламіном або трибензилтригідротриазином.

Отримані нами результати свідчать, що електрохімічна дезактивація забезпечує досить високі показники вилучення радіонуклідів із поверхонь різних конструкційних матеріалів. Запропоновані склади розчинів та умови анодного розчинення дозволяють не лише вилучати радіонуклідне забруднення, але й полірувати поверхню за рахунок чого істотно покращується її структурно-механічні властивості. Виконані дослідження показали, що виявлений ефект характерний не лише для зразків із нержавіючої та вуглецевої сталей, але й для мідних сплавів.

### Список використаних джерел

1. Омельчук А.О., Юденкова І.М., Шевель В.М., Масло М.А. Електрохімічна дезактивація поверхонь // *Хімія, фізика та технологія поверхні* – 2015. – Т.6, №1. – С. 122–134.
2. Liu S., He Y., Xie H., Ge Y., et al. A State-of-the-Art Review of Radioactive Decontamination Technologies: Facing the Upcoming Wave of Decommissioning and Dismantling of Nuclear Facilities // *Sustainability*. – 2022. – V. 14, №2. – 4021.
3. Cetin Y., Açır A. Decontamination applications in primary circuit equipment of nuclear power plants // *Int J Energy Studies*. – 2022. – V. 7, №2. – P. 195-216.
4. Zhong. L., Lei J., Deng J. at al. Existing and potential decontamination methods for radioactively contaminated metals. A Review // *Prog. Nucl. Energy*. – 2021. – V. 139. – 103854.
5. Int. Patent no. WO2028020228. C25F1/00, G21F9/00, G21F9/06. Electrolytic Treatment for Nuclear Decontamination / Collins J, Crawford R., Applicant: C-Tech Innovation LTD. Int Appl. No. PCT/GB2017/052162; Priority Data: 26.07.2016 GB; Int. Publ. Date 01.02.2018.
6. Int. Patent no. WO2020089610. C25F3/06, C25F7/00, C25F7/02, G21F9/004. Electrolytic Treatment for Nuclear Decontamination / Bell R., Collins J., O'Brien L. Applicant: C-Tech Innovation LTD, Nat. Nuclear Lab. LTD. Int. Appl. No. PCT/GB2017/052162; Priority Data: 29.10. 2018. GB; Int. Publ. Date 07.05.2020.
7. Int. Patent no. EP34916510. C23G1/08, C25F1/06, C25F7/00, G21F9/004, G21F9/06. Electrolytic Treatment for Nuclear Decontamination / Collins J., Crawford R. Applicant: C-Tech Innovation LTD. Int. Appl. No. GB201612951; Priority Date: 26.07. 2016. GB; Int. Publ. Date 05.06.2019.
8. Омельчук А.О., Юденкова І.М., Шевель В.М. Електрохімічна дезактивація технологічного обладнання, забрудненого радіонуклідами // *Наука та інновації*. – 2012. – Т.8, №1. – С. 77–86.

## **ВПЛИВ КАТІОННОГО КАТАЛІЗУ НА ЗМІНУ РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОВЕРХНІ АЛМАЗУ**

<sup>1</sup>Соловйов В. В., <sup>2</sup>Соляник Л. О., <sup>3</sup>Чергинець В. Л., <sup>4</sup>Дрючко О. Г.

<sup>1</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

<sup>2</sup>Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України

<sup>3</sup>Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України

<sup>4</sup>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Теорія елементарного акту переносу заряду через межу провідник-електроліт обґрунтовується на підставі механізму окисно-відновних реакцій [1, 2]. Так, як вірогідність переходу електрону з поверхні катоду на ЕАК електроліту відбувається з великою ймовірністю співпадання енергії Фермі матеріалу катоду і енергії ЕАК, що стимулює проведення квантовохімічну оцінку цього процесу.

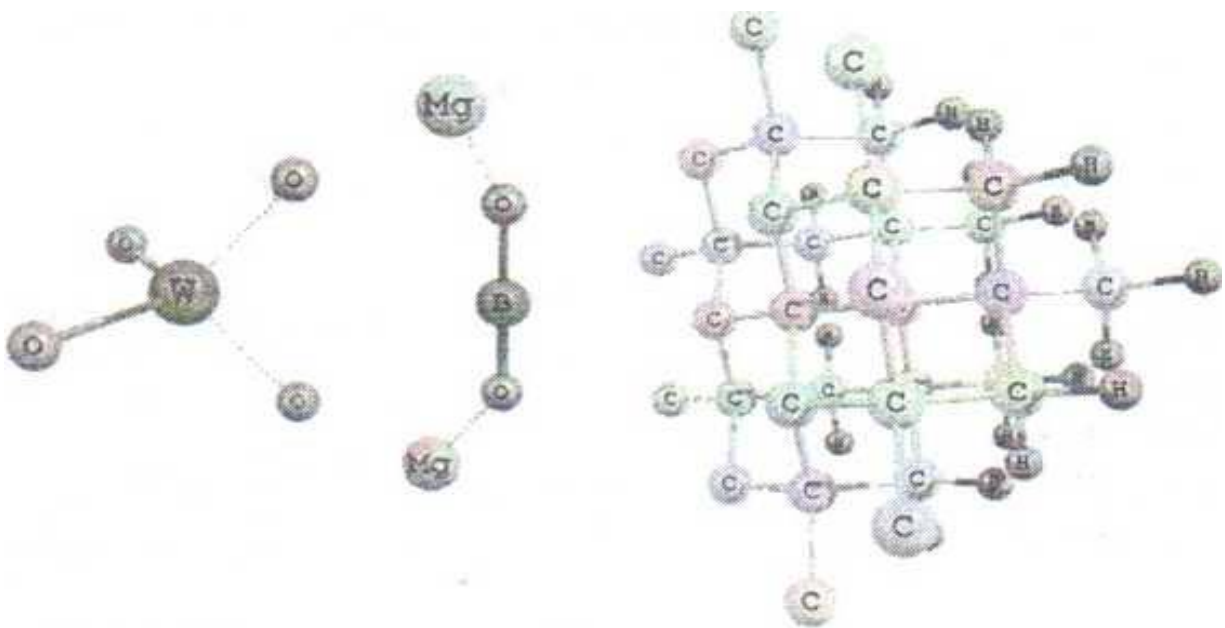


Рис.1. Будова адсорбційних комплексів йону вольфрамату на поверхні електрода в присутності  $\text{VO}_2^-$ .

Розрахунки проводилися за програмою GAMESS/FireFly [3]. Об'єктом дослідження була обрана кластерна модель поверхні (КФП) електрода і 38 атомів вуглецю тетраедричної структури, що моделює поверхню алмазу; як структурні частинки розплаву - ізоелектронні молекули  $\text{VO}_2^-$  і  $\text{CO}_2$ , а також аніон  $[\text{WO}_4]^{2-}$  в оточенні 2-х катіонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  і чотирьох катіонів  $\text{Li}^+$  (рис.1).

Згідно стандартної процедури реакційна здатність молекул досліджувалася квантовохімічно методами із знаходженням  $\Delta = E_{\text{взмо}} - E_{\text{нвмо}}$ . Оцінка параметрів, як величин, для альтернативних взаємодій:  $\text{C}_{38} \dots \text{CO}_2$  і  $\text{C}_{38} \dots \text{VO}_2^-$ , в присутності частинок  $\{ \{ \text{M}_n^{m+} [\text{WO}_4]^{2-} \}^{(nm-2)+}$  где  $\text{M} = \text{Li}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ .

Результати квантовохімічного моделювання показали відсутність принципового впливу на прораховані енергетичні характеристики МО в кластері  $\text{C}_{38}$ . В розглянутих катіонізованих аніонах виду  $\{ \text{M}_n^{m+} [\text{WO}_4]^{2-} \}^{(nm-2)+}$  значно знижується величина енергії ВЗМО ( $\sim 2$  рази) на фоні незначного зниження цих величин для кластерів у присутності  $\text{VO}_2^-$ .

Таким чином, завдяки зміні катіонного складу розплаву (катіонний каталіз) збільшується реакційна здатність алмазу, що сприяє виникненню поверхневої провідності діелектрика зануреного в карбонатомісного розчину.

### Список використаних джерел

1. Schlegel H.B. Combining Synchronous Transitand Quasi-Newton Methods to Find Transition States. Israel Journal of Chemistry.1993. Vol. 3. P.449–454
2. Press W. H. Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing, Cambridge.University Press. 1986. Vol. 13. P.449–456.
3. [http:// www.msg.ameslab.gov/GAMESS/GAMESS.html](http://www.msg.ameslab.gov/GAMESS/GAMESS.html)

# ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ L-АРГІНІНУ У ПРОЦЕСАХ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ

<sup>1</sup>Соловійов В. В., <sup>1</sup>Кузнецова Т. Ю., <sup>2</sup>Омельчук А. О., <sup>2</sup>Стезерянський Е. А.,  
<sup>3</sup>Соловійова Н. В., <sup>3</sup>Соловійова І. В.

<sup>1</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

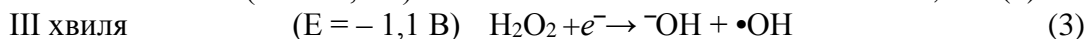
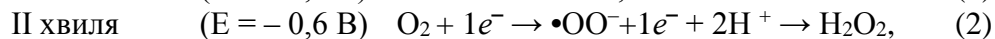
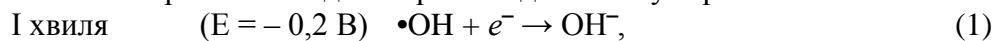
<sup>2</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України

<sup>3</sup>Полтавський державний медичний університет

Аргінін (L-аргінін) – це умовно незамінна амінокислота, яка відіграє важливу роль у біохімічних і фізіологічних процесах організму [1–4]. Він знижує рівень малонового діальдегіду – маркера пероксидного окиснення ліпідів, а також сприяє активації супероксиддисмутази – ферменту, що зменшує пошкодження клітинних мембран, ДНК та білків. Його антиоксидантний ефект проявляється як прямою нейтралізацією вільних радикалів, так і його опосередкованим впливом через підвищення активності ендогенних ферментів. Опосередкований антиоксидантний ефект L-аргініну проявляється в тому, що він є субстратом для ферменту NO-синтази, яка каталізує утворення NO, який гальмує утворення вільного радикалу супероксид-аніону ( $O_2^{\bullet-}$ ) [5–8]. За рахунок гуанідинової групи ( $(H_2N)_2C=N-$ ), яка міститься в молекулі L-аргініну відбувається прямий антиоксидантний ефект при її взаємодії з активними формами кисню (ROS) та пероксинітридом, утвореним при взаємодії NO та  $O_2^{\bullet-}$  [9]. Таким чином, L-аргінін на клітинному рівні знижує рівень активних форм кисню.

Раніше в наших роботах [10, 11] при дослідженні антирадикальних властивостей мелатоніну та глутатіону були використанні електрохімічні дослідження, що дало можливість поетапного аналізу процесу відновлення кисню та реєстрування короткоживучих реакційних інтермедіатів, які утворюються на різних стадіях. Висока швидкість поляризації електродної поверхні в умовах осцилополярографії зумовлює те, що продукти електродних реакцій не встигають дифундувати за межі приелектродного шару й можуть повторно включатися в електрохімічні перетворення під час подальшої поляризації. Це створює умови для реєстрації короткоживучих продуктів відновлення кисню, що характеризуються надзвичайно малою тривалістю існування і дає можливість порівнювати макрохарактеристики електрохімічних досліджень і мікрохарактеристики квантовохімічних розрахунків.

Електрохімічні дослідження взаємодії L-аргініну з ROS проводили з використанням методу, запропонованого в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України [12], де при проведенні експерименту отримували диференціальні вольтамперні криві відновлення ROS, які характеризували реакції (1–3), аналогічні тим, що відбуваються в організмі людини при оксидативному стресі:



В результаті при електровідновленні кисню спостерігається лише один **добре** виражений пік на вольтамперограмах (рис. 1). Це пояснюється тим, що проміжні продукти (супероксид, гідропероксильний радикал) мають надзвичайно короткий час життя і швидко переходять у пероксид або воду та знижують розділення окремих стадій, внаслідок чого процес проявляється як єдиний сумарний пік відновлення  $O_2$ .

На поляризаційних кривих відновлення  $O_2$  на нерухомому мідному електроді (рис. 1 (а)) спостерігаються широкі піки, які зсуваються зі збільшенням концентрації L-аргініну в ділянці більш високих позитивних потенціалів. Ці піки можуть бути зумовлені або адсорбцією хлорид-іонів (останні специфічно адсорбуються на міді), або утворенням тонких суцільних шарів чи острівців сполук хлориду міді, які утворюються під час початкової поляризації мідного електрода. Обертання електрода принципово не змінює вигляд вольтамперограм (рис. 1 (б), (в)). При цьому, також спостерігається зменшення струму піку в присутності L-аргініну, що підтверджує його взаємодію з ROS.

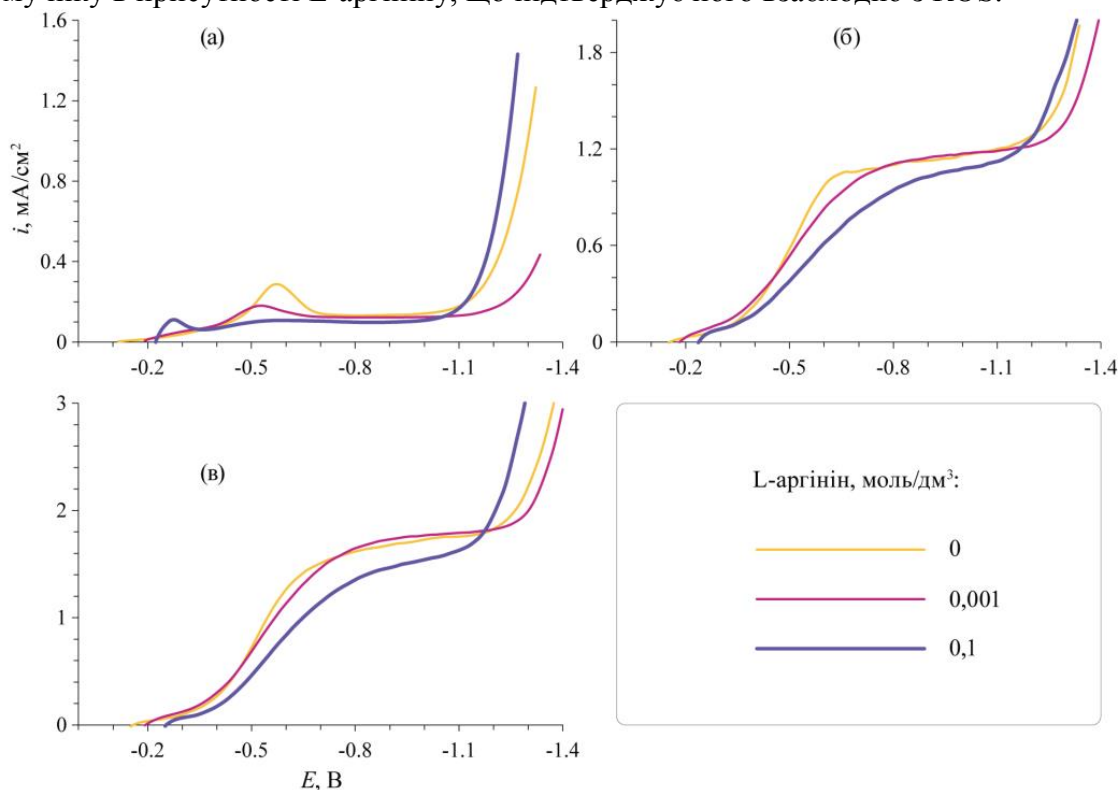


Рис. 1. Поляризаційні криві відновлення  $O_2$  на мідному електроді ( $v=10$  мВ/с) на фоні 0,1М NaCl у воді, що містить L-аргінін. Швидкість обертання електрода ( $n$ , об/хв): (а) 0; (б) 1000; (в) 2500.

Поляризаційні криві процесу відновлення кисню на мідному електроді у 0,1М водному розчині NaCl при швидкості розгортки потенціалу 10 мВ/с у присутності різних концентрацій L-аргініну показують, що для нерухомого електрода процес відновлення кисню обмежений дифузійним надходженням  $O_2$  до поверхні електрода, тому густина струму має найменші значення серед представлених умов (рис. 1 (а)). На кривих спостерігається чітко виражений катодний перехід, що відповідає електрохімічному відновленню кисню з утворенням проміжних продуктів. Додавання L-аргініну впливає на кінетику цього процесу. При концентрації 0,001 моль/дм<sup>3</sup> відбувається певне підвищення густини струму, що можна пов'язати з незначною активацією катодного процесу, можливо через вплив на структуру подвійного електричного шару або зміну поверхневих властивостей міді. При подальшому зростанні концентрації до 0,1 моль/дм<sup>3</sup> густина

струму зменшується, що свідчить про формування адсорбційного шару з молекул L-аргініну, який блокує активні центри поверхні і гальмує процес електронного перенесення.

При збільшенні швидкості обертання електрода до 1000 об/хв спостерігається зростання граничного струму, що свідчить про посилення масоперенесення кисню до електродної поверхні. В умовах примусового конвекційного руху розчину товщина дифузійного шару зменшується, а вплив дифузійних обмежень слабшає. У цьому випадку роль кінетичних факторів стає більш помітною (рис. 2 (б)). Крива для концентрації 0,001 моль/дм<sup>3</sup> знову характеризується дещо вищими значеннями струму порівняно з системою без добавки, що підтверджує активуючий ефект L-аргініну на початкових стадіях відновлення кисню. У той же час, при концентрації 0,1 моль/дм<sup>3</sup> густина струму залишається нижчою, ніж у контрольному розчині, що узгоджується з інгібуючою дією адсорбційного шару на поверхні міді.

Подальше підвищення швидкості обертання до 2500 об/хв ще більше збільшує граничний струм відновлення кисню (рис. 1 (в)). Це пов'язано з інтенсивним масоперенесенням реагенту з об'єму розчину до поверхні електрода. За таких умов стає очевидним, що вплив L-аргініну на поляризаційну поведінку системи поступово зменшується. Усі три криві близькі (схожі) між собою, що вказує на переважання дифузійного контролю над кінетичним. При високій швидкості обертання молекули аргініну не встигають формувати щільний адсорбційний шар, тому різниця між різними концентраціями добавки майже зникає.

Отже, моделювання впливу L-аргініну на електрохімічне відновлення кисню у фізіологічному розчині показує, що введення у фоновий розчин добавок L-аргініну різної концентрації призводить до істотного зниження граничного струму піків хвиль на вольтамперних кривих, незалежно від типу електродів, що підтверджує його антиоксидантну дію і можливість його використання не тільки як інгібітора вільнорадикальних процесів.

#### Список використаних джерел

1. Sokolova, L., Pushkarev, V., Tronko, M., L-аргінін у нормі та патології, *Endokrynologia*, 2019, vol. 24(4), pp. 373–385.
2. Morris, S.M. Jr., Recent advances in arginine metabolism: roles and regulation of the arginases, *British Journal of Pharmacology*, 2009, vol. 157(6), pp. 922–930.
3. Wu, G., Morris, S.M. Jr., Arginine metabolism: nitric oxide and beyond, *Biochem J.*, 1998, vol. 336 (1), pp.1–17.
4. Morris, S.M. Jr., Arginine metabolism revisited, *Journal of Nutrition*, 2016, vol. 146(12), pp. 2579–2586.
5. McRae, M., Therapeutic benefits of L-arginine: an umbrella review of meta-analyses, *Journal of Chiropractic Medicine*, 2016, vol. 15(3), pp. 184–189.
6. Förstermann, U., Sessa, W.C., Nitric oxide synthases: regulation and function, *European Heart Journal*, 2012, vol. 33(7), pp. 829–837.
7. Boger, R.H., The pharmacodynamics of L-arginine, *Journal of Nutrition*, 2007, vol. 137 (6 Suppl 2), pp. 1650–1655. doi: 10.1093/jn/137.6.1650S.
8. Farah, C., Michel, L.Y.M., Balligand, J.L., Nitric oxide signalling in cardiovascular health and disease, *Nature Reviews Cardiology*, 2018, vol. 15(5), pp. 292–316.
9. Radi, R., Peroxynitrite, a stealthy biological oxidant, *Journal of Biological Chemistry*, 2013, vol. 288(37), pp. 26464–26472.

10. Kuznetsova, T.Yu., Solovyova, N.V., Quantum chemical modeling of antioxidant activity of glutathione interacting with hydroxyl- and superoxide anion radicals, *Ukr. Biochem. J.*, 2015, vol. 87(2), pp. 156–162.
11. Solovyov, V.V., Kuznetsova, T.Yu., Solovyova, N.V., Kostenko, V.O., Antioxidant activity of melatonin and glutathione interacting with hydroxyl and superoxide anion radicals, *Ukr. Biochem. J.*, 2017, vol. 89(6), pp. 22–30.
12. Shapoval, G.S., Kuznetsova, T.Yu., Solovev, V.V., Kruglyak O.S., Electrochemical study of antioxidant properties of melatonin, *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2009, vol. 9, pp. 160–164.

## КОЛОЇДНО-ХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВИЛУЧЕННЯ КПАР

Стрельцова О. О., Волювач О. В.

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Виробництво синтетичних поверхнево-активних речовин (ПАР) і їх широке використання у побуті, в різних галузях промисловості безупинно зростає, що супроводжується їх накопиченням в господарсько-побутових водах і промислових стічних водах [2]. Виникає актуальна екологічна проблема наукового обґрунтування та пошуку безпечного і ефективного способу очищення забрудненої води від “біологічно жорстких” синтетичних поверхнево-активних забруднювачів [1, 2].

На підставі масиву одержаних нами даних проведено узагальнення колоїдно-хімічних закономірностей вилучення катіонних ПАР (КПАР, на прикладі хлориду додецилпіридинію). Хлорид додецилпіридинію (ХДДП) широко застосовують у різних хімічних дослідженнях, у виробництві фармацевтичних препаратів переважно через наявні дезінфікуючі та антисептичні властивості. Наявність ароматичного кільця в структурі ХДДП відносить його до потенційно небезпечних речовин для навколишнього середовища і потребує вилучення із забруднених розчинів [3, 5, 6].

Вибір в якості органічних реагентів при флотаційному вилученні ХДДП аніонних ПАР (алкілсульфатів натрію (АСН: октил- (ОСН), децил- (ДСН), додецил- (ДДСН) і тетрадецилсульфату натрію (ТДСН)), неіоногенних ПАР (Твінів (Твіну-40, Твіну-60)), аніонного поліелектроліту натрієвої солі карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ) обумовлено їх доступністю та біорозкладанням. Зазначені Твіни: Твін-40 (оксиетильний монопальмітат сорбітану із середнім числом оксиетильних груп 20,  $m=20$ ) і Твін-60 (оксиетильний моностеарат сорбітану,  $m=20$ ) використовуються у харчовій промисловості, у виробництві фармацевтичних препаратів.

Проведені експериментальні дослідження по флотаційному вилученню ХДДП із водних розчинів за присутності органічних реагентів представлені на рис. 1-3. Показано, що введення АСН у розчини ХДДП підвищує ступінь вилучення КПАР в 1.5-2.7 рази порівняно із вилученням ХДДП із індивідуальних водних розчинів (виключенням є застосування ОСН в якості ефективного реагенту) (рис. 1). Незалежно від довжини вуглеводневого радикалу в АСН оптимальним мольним співвідношенням ХДДП і АСН у змішаному розчині є їх еквімолярне співвідношення, при якому виявлено найбільше відхилення від ідеальної поведінки в процесі змішаного міцелоутворення і адсорбції на межі поділу фаз змішаний розчин ПАР – повітря. Склад змішаних міцел і адсорбційних шарів, утворених у сумішах хлорид додецилпіридинію – алкілсульфат натрію,

розрахований за рівнянням Рубіна-Розена [4], близький до стехіометрії. Експериментально підтверджено, що максимальне вилучення хлориду додецилпіридинію із змішаних водних розчинів ПАР і мінімальна піноутворююча здатність спостерігається при застосуванні тетрадецилсульфату натрію (рис. 1).

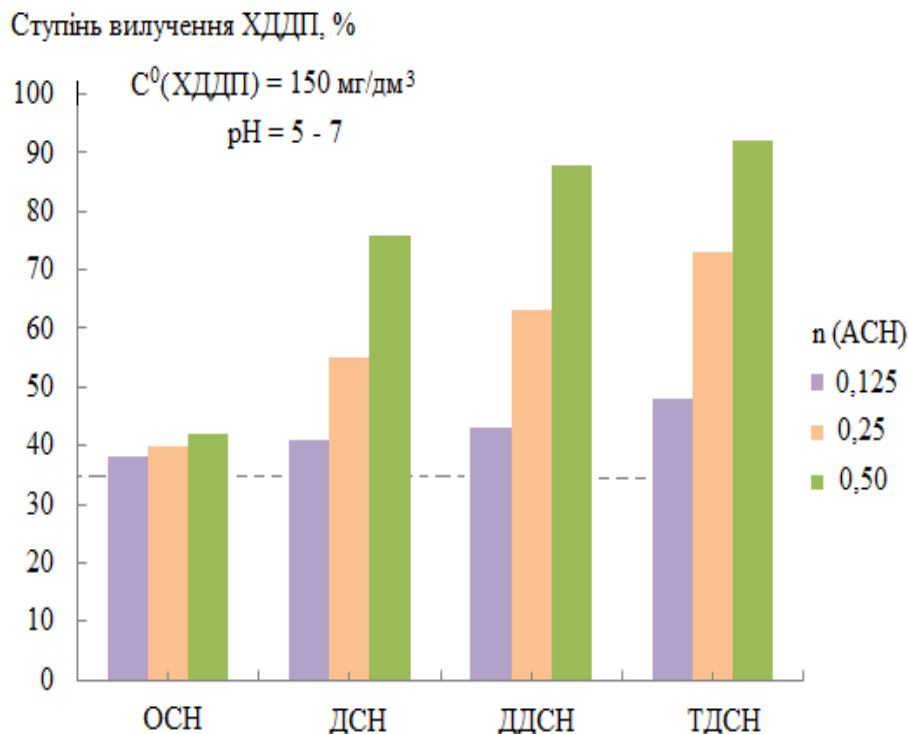


Рис. 1. Ступінь вилучення ХДДП із водних розчинів за присутності АСН при різних співвідношеннях компонентів.

У процесі флотаційної обробки розбавлених розчинів КПАР у присутності неіоногенних ПАР (Твін-40, Твін-60) хлорид додецилпіридинію вилучається одночасно у вигляді окремих поверхнево-активних катіонів додецилпіридинію і у вигляді змішаних міцел з Твінами, про що свідчать розраховані в рамках псевдофазної моделі змішаного міцелоутворення дані по складу міцел. Енергія взаємодія компонентів, визначена за параметром міжмолекулярної взаємодії ПАР у змішаних міцелах  $\beta^m < 0$  і варіює за абсолютною величиною від -3.4 до -11.2. Введення невеликої кількості Твіну-40 або Твіну-60 в розчини ХДДП посилює процес змішаного міцелоутворення: величина критичної концентрації міцелоутворення (ККМ) катіонної ПАР ( $\text{ККМ}_{\text{ХДДП}} = 1.46 \times 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>) зменшується на три порядки. Виявлена кореляція між найбільшим синергетичним ефектом по ККМ, що спостерігається при мольному співвідношенні компонентів 0,3 (Твін) : 0,7 (ХДДП), і ефективністю вилучення ХДДП із розчинів з Твінами, особливо при використанні Твіну-40 (рис. 2).

Для зменшення піноутворюючої здатності сумішей ХДДП – Твін, що обумовлена переважно наявністю у водних розчинах неіоногенних ПАР, рекомендовано вводити 0,1 М розчини неорганічних електролітів, що містять багатозарядні іони.

За умов введення невеликої кількості аніонного поліелектроліту Na-КМЦ (до 0,25 мг Na-КМЦ на 1 мг ПАР, що вилучається) в розчині ХДДП з концентрацією 100 мг/дм<sup>3</sup> при рН 8 – 10 вдається досягти максимального вилучення КПАР і зменшити перехід змішаного розчину у пінний продукт (рис. 3). Час, необхідний для вилучення ХДДП із розчинів з Na-КМЦ не перевищує 10 хвилин, а кінетика процесу флотації ХДДП описується рівнянням, аналогічним рівнянню реакції першого порядку.

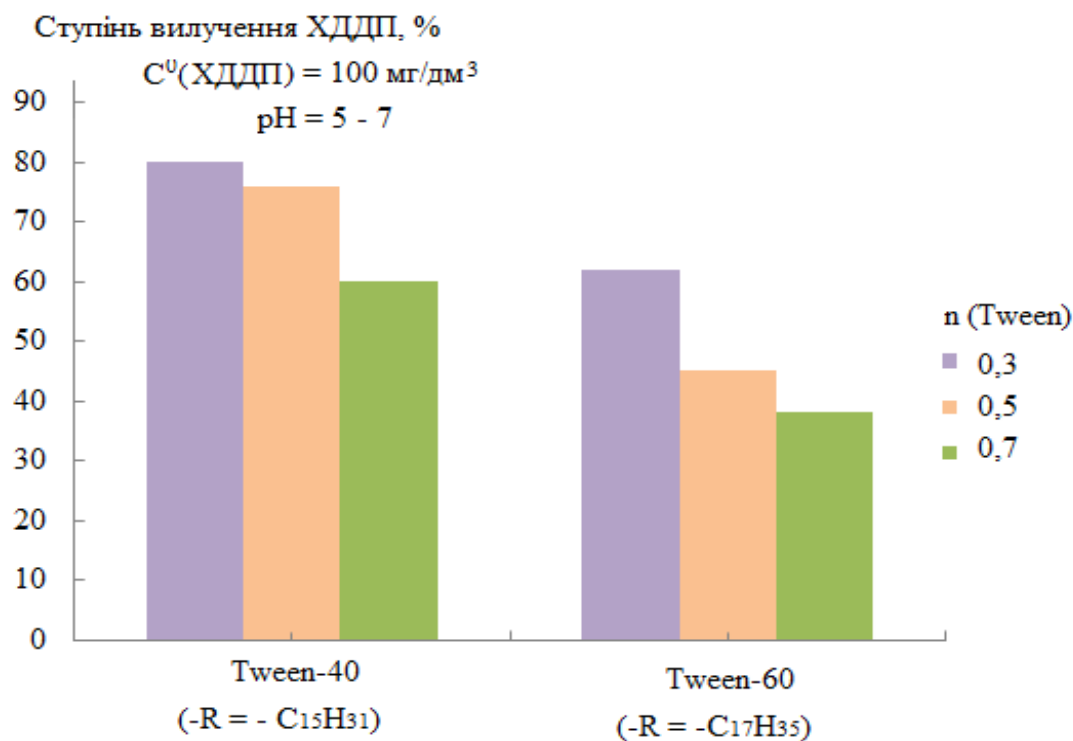


Рис. 2. Ступінь вилучення ХДДП із водних розчинів за присутності Твіну-40 і Твіну-60 при різних мольних співвідношеннях компонентів.

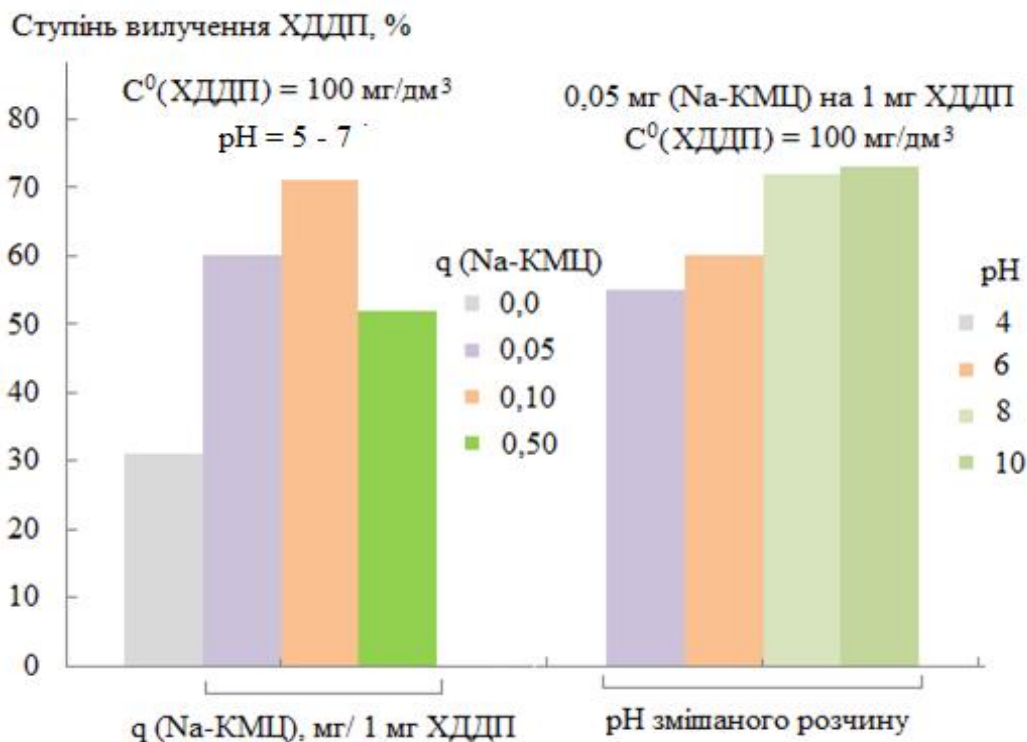


Рис. 3. Ступінь вилучення ХДДП із водних розчинів за присутності Na-KMЦ при різних співвідношеннях компонентів і значеннях рН середовища.

Додатково за даними тензіометричних досліджень встановлено: в розбавлених водних розчинах ХДДП, що містять органічний реагент (АСН, Твін або Na-KMЦ), спостерігається синергізм їхньої дії на поверхневий натяг при адсорбції на межі поділу фаз змішаний розчин – повітря і на ККМ. Максимальний прояв синергізму має місце при мольних співвідношеннях компонентів 0,5 (ТДСН) : 0,5 (ХДДП); 0,3 (Твін-40) : 0,7 (ХДДП) і масових співвідношеннях Na-KMЦ до поверхнево-активної речовини – (0,05 ÷ 0,10) мг Na-KMЦ на 1 мг хлориду додецилпіридинію, що вилучається. Дотримання встановлених умов сприяє оптимізації процесу флотаційного вилучення хлориду додецилпіридинію із водних розчинів.

#### Список використаних джерел

1. Gyanaranjan Jena, Kasturi Dutta, Achlesh Daverey. Surfactants in water and waste water (grey water): Environmental toxicity and treatment options. *Chemosphere*. 2023. Vol. 341, Article № 140082.
2. Holmberg K., Jonsson B., Kronberg B., Lindman B. *Surfactants and Polymers in Aqueous Solutions*. England: J. Wiley & Sons, 2003. 528 p.
3. Phillip Johnson, Anna Trybała, Victor M Starov, Valerie Pinfield. Effect of synthetic surfactants on the environment and the potential for substitution by biosurfactants // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2020. Vol. 288 (10). DOI:10.1016/j.cis.2020.102340

4. Rubingh D.N. Solution Chemistry of Surfactants / ed. by K. L. Mittal. N.Y.-L. : Plenum Press, 1979. 337 p.
5. Науково-дослідна робота “Обґрунтування прогнозу потенційної небезпеки азотовмісних ПАР для людини та навколишнього середовища і розробка їх нешкідливих рівнів вмісту у воді, водних об’єктах” (номер держреєстрації - 0121U113997, терміни виконання: 2022-2026 pp)
6. Науково-дослідна робота “Наукове обґрунтування і удосконалення фізико-хімічних методів вилучення і концентрування деяких цінних компонентів та полютантів з розчинів” (номер держреєстрації - 0122U002300, терміни виконання: 2022-2026 pp).

## **ФІЗИКО-ХІМІЧНІ АСПЕКТИ СТАБІЛЬНОСТІ ВОДОРозчинНИХ ВІТАМІНІВ ГРУПИ В У ПРОЦЕСІ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ**

**Худоярова О. С., Маслова Д. В.**

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Вітаміни – це група низькомолекулярних органічних речовин різної хімічної природи, що мають різноманітний склад, будову та фізико-хімічні властивості. Будучи біологічно активними речовинами, вони мають чітко визначену структуру. Більшість вітамінів (особливо групи В) працюють як коферменти. Вони з’єднуються з білками-ферментами, активуючи їх. Тільки після приєднання вітаміну фермент може прискорювати хімічні реакції в тисячі разів. Якщо структура руйнується, вітамін втрачає здатність виконувати свою роль кофермента у біохімічних процесах.

Водорозчинні вітаміни – це особлива група біологічно активних сполук, які легко розчиняються у воді. Вони відіграють ключову роль у багатьох фізіологічних процесах, таких як метаболізм, підтримка імунітету, передача нервових імпульсів та налагодження багатьох процесів в нашому тілі. Водорозчинні вітаміни не накопичуються в значних кількостях, вони дуже швидко вимиваються, тому для підтримки їх балансу в організмі потрібне регулярне надходження цих речовин з їжею або у вигляді біологічних добавок [1, 4]. Вітаміни групи В, такі як тіамін (В1), рибофлавін (В2), ніацин (В3), пантотенова кислота (В5), піридоксин (В6), біотин (В7), фолієва кислота (В9), ціанокобаламін (В12), належать до водорозчинних.

Актуальність теми дослідження стабільності вітамінів групи В зумовлена тим, що ці сполуки є надзвичайно нестійкими і водночас критично важливими для здоров’я людини. Фізико-хімічні процеси деградації можуть призводити до утворення побічних продуктів. Іноді продукти розпаду вітамінів діють як конкурентні інгібітори. Вони займають місце справжнього вітаміну в активному центрі ферменту, але не виконують роботу, тим самим блокуючи метаболізм. На стабільність водорозчинних вітамінів групи В можуть впливати різні хімічні та фізичні фактори [1,3]. Аналітичні дослідження вказують на високу чутливість цих сполук до температури, світла, вологості, кисню повітря та рН середовища. Так, наприклад, тіамін (В1) стабільний за наявності кислот і чутливий до високого рН (лужне середовище) та сульфідів. Вітамін В2 дуже fotocутливий (руйнується під дією світла навіть у сухому стані), стабільний у кислому середовищі, але руйнується в лужному. Вітамін В3 стійкий до температури, погано розчиняється у воді, але розчинний у лугах. Пантотенова кислота (вітамін В5) малостійка, легко руйнується під дією температури та лугів і слабких кислот. Вітамін В6 стійкий до

тепла, але деградує під впливом УФ-випромінювання, добре розчинний у воді та етанолі, стійкий до кислот та лугів. Фолієва кислота (В9) зазнає окиснення в присутності кисню та при низькому значенні рН. Ціанокобаламін (В12) взаємодіє з вітаміном С та залізом, що призводить до його розпаду. Ціанокобаламін надзвичайно нестійкий до УФ та видимого світла. Фотохімічна реакція призводить до розриву кобальт-карбонового зв'язку. Вітаміни групи В дуже різні за структурою, тому їхня деградація відбувається за різними типами реакцій. Найпоширенішим типом деградації є окиснення. Під дією кисню повітря, особливо при нагріванні або наявності металів (залізо, мідь), молекули вітамінів втрачають електрони. Енергія квантів світла (особливо УФ-випромінювання) розриває хімічні зв'язки у молекулах вітамінів. Оскільки вітаміни групи В є водорозчинними, вони піддаються гідролітичному розщепленню (руйнування водою), яке значно прискорюється при високих температурах.

Для моніторингу вмісту вітамінів при тривалому зберіганні використовують аналізи на вміст водорозчинних вітамінів. Кількісне визначення вітамінів має специфічну особливість. По-перше, вітаміни є різними за хімічною природою сполуками, і методи їх кількісного визначення дуже різноманітні; по-друге, у досліджуваних об'єктах вони, як правило, містяться в малих кількостях, тому ці методи повинні мати високу точність. Для кількісного визначення вітамінів використовують поглинання в УФ-ділянці спектра сонячного випромінювання (вітамін В2), газорідинну хроматографію (пантотенова кислота), флуориметричні методи (фолієва кислота, вітаміни В2, В12). Коли вітамін у досліджуваному об'єкті міститься у великій кількості та коли він має яскраво виражену специфічну хімічну властивість, застосовують хімічні методи визначення кількісного вмісту [2].

Для перевірки відповідності препаратів стандартам протягом усього терміну придатності як основний метод для виявлення залишку вітаміну та продуктів його розпаду використовують високоефективну рідинну хроматографію (ВЕРХ). Розрахунок константи швидкості реакції деградації дозволяє встановити точний термін, коли вміст діючої речовини впаде нижче 90-95% від заявленого. Фізико-хімічна стабільність вітамінів групи В у процесі тривалого зберігання є багатофакторною функцією. Прогнозування термінів придатності має базуватися на комплексному врахуванні енергії активації хімічного розпаду, специфіки взаємодії вітамінів між собою та параметрів мікросередовища, таких як кислотність і вільна волога.

Більшість вітамінів є дуже крихкими молекулами. Стабілізація вітамінів – це умова для збереження їхньої біологічної активності та безпеки. Стабілізація через мікрокапсулювання або додавання антиоксидантів допоможе запобігти впливу світла, кисню повітря, вологи, змін температури та рівня кислотності (рН) на руйнування вітамінів.

#### **Список використаних джерел**

1. Гребеник Л.І., Прімова Л. О., Іншина Н. М., Чорна І. В., Гончарова С. А. Біологічна хімія : навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет, 2023. 380 с.
2. Марцинко О.Е. Біохімічні аспекти вітамінології : методичні вказівки до лабораторного практикуму та завдання для самостійної роботи. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2022. 56 с.
3. Пархоменко Ю.М., Донченко Г.В. Вітаміни в здоров'ї людини. Київ: Академперіодика, 2006. 82 с.

4. Титаренко А.В., Гришина Е.О. Вплив вітамінів та мінералів на організм людини. Наукові записки КНТУ, вип.11, ч. III, 2011. С. 240-246.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАФІНІВ У НАФТІ ЯК ЧИННИК ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**Чмир І. І.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

У роботі розглянуто сучасні підходи до визначення вмісту парафінових вуглеводнів у нафті. Проаналізовано фізико-хімічні передумови їх кристалізації, вплив на реологічні властивості нафти та технологічні ускладнення під час транспортування. Охарактеризовано гравіметричні, хроматографічні та спектроскопічні методи аналізу, а також окреслено перспективи використання математичного моделювання та цифрових систем моніторингу. Показано, що комплексний підхід до визначення парафінів є необхідною умовою підвищення ефективності нафтотранспортних систем.

Сучасна нафтова промисловість функціонує в умовах підвищених вимог до енергоефективності, безперебійності транспортування та зниження експлуатаційних витрат. Одним із чинників, що суттєво впливають на стабільність технологічних процесів, є вміст парафінових вуглеводнів у нафті.

Нафта являє собою складну багатокомпонентну систему, до складу якої входять насичені, циклічні та ароматичні вуглеводні, а також смолисто-асфальтенові речовини. Серед насичених компонентів особливе значення мають алкани загальної формули  $C_nH_{2n+2}$ , здатні до фазових перетворень при зниженні температури. Саме їх кристалізація зумовлює утворення твердих структур, що ускладнюють рух потоку в трубопроводах і знижують ефективність перекачування.

Актуальність дослідження визначення парафінів полягає в необхідності прогнозування поведінки нафти за різних термобаричних умов та запобігання формуванню відкладень у технологічному обладнанні.

Фізико-хімічні особливості парафінових компонентів.

Парафінові вуглеводні в нафті представлені нормальними та розгалуженими ізомерами. Нормальні алкани характеризуються регулярною просторовою будовою, що сприяє їх упорядкованій кристалізації. Зниження температури призводить до формування твердих кристалічних агрегатів, які можуть об'єднуватися в просторові структури з підвищеною механічною міцністю.

Інтенсивність цього процесу залежить від молекулярної маси компонентів, швидкості охолодження, наявності ароматичних фракцій та смолистих сполук. Останні можуть виконувати роль природних інгібіторів кристалізації, змінюючи морфологію кристалів.

З практичної точки зору важливо враховувати, що навіть незначне перевищення критичної концентрації n-алканів здатне істотно змінити реологічні властивості нафти.

Методи визначення парафінів.

Гравіметричні підходи.

Класичні методи базуються на контрольованому охолодженні зразка з подальшим відокремленням твердої фази. Осад після екстракції та висушування зважують, що дозволяє визначити масову частку парафінів.

Перевагами методу є технологічна простота та доступність. Разом з тим результат значною мірою залежить від точності підтримання температурного режиму та мінімізації втрат у процесі фільтрації.

#### Хроматографічний аналіз.

Газова хроматографія забезпечує детальний молекулярний аналіз парафінової фракції. Метод дозволяє ідентифікувати індивідуальні n-алкани та оцінювати їх розподіл за температурними інтервалами кипіння.

Перевагою є висока аналітична чутливість і відтворюваність результатів. Обмеженням виступає необхідність використання складного обладнання та кваліфікованого персоналу.

#### Спектроскопічні методи.

Інфрачервона спектроскопія застосовується для швидкої ідентифікації парафінових структур за характерними смугами поглинання C–H зв'язків. Метод зручний для експрес-аналізу, однак потребує ретельного калібрування для кількісної інтерпретації.

#### Термалітичні методи.

Перспективним напрямом є використання диференційно-сканувальної калориметрії та ядерного магнітного резонансу. Дані методи дозволяють визначати температури фазових переходів і досліджувати молекулярну рухливість компонентів, що розширює уявлення про механізм кристалізації.

Технологічні аспекти та методи запобігання відкладенням.

Високий вміст парафінів призводить до зростання гідравлічного опору, підвищення енерговитрат та скорочення ресурсу обладнання. Для мінімізації ризиків застосовують термічну обробку, введення депресорних присадок, механічне очищення трубопроводів.

Сучасні депресорні композиції на основі полімерів з розгалуженою структурою модифікують морфологію кристалів і перешкоджають їх агрегації. Це дозволяє підтримувати парафіни в дисперсному стані та зберігати текучість нафти.

Моделювання та цифрові технології.

Суттєвий інтерес становить математичне моделювання кінетики кристалізації парафінів. Фізико-хімічні моделі враховують багатокомпонентність системи та дозволяють прогнозувати поведінку потоку при зміні температури і тиску.

Інтеграція автоматизованих вимірювальних систем із алгоритмами машинного навчання відкриває можливості оперативного моніторингу. Аналіз великих масивів даних дозволяє прогнозувати утворення парафінових пробок і своєчасно коригувати режим транспортування.

#### Практичне значення та ресурсний потенціал.

Парафіни розглядаються не лише як фактор ризику, а й як цінна сировина для хімічної промисловості. Вони використовуються у виробництві мастил, ізоляційних матеріалів, пакувальної продукції та інших виробів. Раціональне вилучення та очищення парафінових фракцій сприяє підвищенню економічної ефективності нафтопереробки.

Визначення вмісту парафінів у нафті є важливим елементом забезпечення стабільності технологічних процесів. Поєднання гравіметричних, хроматографічних і спектроскопічних методів із сучасними інструментами моделювання дозволяє комплексно оцінювати склад і прогнозувати поведінку нафти в умовах експлуатації.

Подальший розвиток аналітичних методик та цифрових систем моніторингу сприятиме зменшенню експлуатаційних ризиків, підвищенню енергоефективності та раціональному використанню ресурсного потенціалу парафінових компонентів.

#### Список використаних джерел

1. Дубовик О. І. Газова хроматографія в аналізі вуглеводнів. Дніпро: ДНУ, 2010. 180 с.
2. Ковальчук Ю. М. Парафінові відкладення в системах транспортування нафти. Львів: ЛНТУ, 2018. 250 с.
3. Плахотник В. С., Швець А. В. Хімія нафти та газу. Київ: Наукова думка, 2015. 328 с.
4. Сороцький В. Г., Мосійчук С. І. Основи нафтохімічного аналізу. Харків: ХНУ, 2012. 290 с.
5. Coutinho J. A. P., Edmonds B., Moorwood T., Szczepanski R., Zhang X. Reliable prediction of wax appearance temperature. *Energy & Fuels*. 2006. Vol. 20. P. 1081–1088.
6. Hammami A., Ratulowski J. Precipitation and deposition of asphaltenes in production systems: A flow assurance overview. *SPE Production & Facilities*. 2007. Vol. 22(3). P. 132–141.
7. Paso K., Fogler H. S. Wax deposition from petroleum fluids: Mechanisms and modeling. *Energy & Fuels*. 2014. Vol. 28. P. 167–180.
8. Pedersen K. S., Christensen P. L. *Phase Behavior of Petroleum Reservoir Fluids*. Boca Raton: CRC Press, 2007. 420 p.
9. Singh P., Venkatesan R., Fogler H. S., Nagarajan N. Formation and aging of incipient thin film wax-oil gels. *AIChE Journal*. 2000. Vol. 46(5). P. 1059–1074.
10. Speight J. G. *The Chemistry and Technology of Petroleum*. 5th ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. 944 p.
11. Wardhaugh L. T., Boger D. V. The measurement and description of the yielding behavior of waxy crude oil. *Journal of Rheology*. 1991. Vol. 35(6). P. 1121–1156.
12. Zhang J., Creek J. L. Wax deposition in subsea pipelines: Flow assurance challenges. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2012. Vol. 98–99. P. 69–77.

## **СЕКЦІЯ II**

# **МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ, ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ТА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

## **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗАСОБАМИ ВИВЧЕННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ «АГРОФАРМАКОЛОГІЯ»**

**Авдєєв С. В.**

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Агрофармакологія є ключовою освітньою компонентою в підготовці фахівців-агрономів, оскільки вона виходить за рамки простого інструктивного застосування хімічних препаратів. Метою вивчення цієї дисципліни є ознайомлення здобувачів вищої освіти з теоретичними та практичними аспектами використання агрохімічних препаратів у сільському господарстві. У контексті вивчення даної освітньої компоненти навчання спрямоване на формування глибокого розуміння механізмів розвитку та впливу цих речовин на агроєкосистеми, що дозволяє фахівцям розробляти ефективні технології використання препаратів для підвищення врожайності та якості продукції.

Роль агрофармакології в сучасному агровиробництві нерозривно пов'язана з агротоксикологією та екологічною безпекою. Мета дисципліни включає формування теоретичних знань та практичних навичок щодо оцінки екологічної безпеки пестицидів, а також знань про властивості, переваги та недоліки хімічних та біологічних засобів захисту. Адже фахівець зобов'язаний оцінювати безпеку та ефективність агрофармакологічних засобів саме у контексті екологічної безпеки агровиробництва та здоров'я рослин. Це включає розуміння впливу препаратів на навколишнє середовище. Особлива увага приділяється біологічному методу захисту рослин, його практичному значенню у боротьбі зі шкідливими організмами, що є частиною стратегій інтегрованого захисту рослин [1].

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України важливим завданням вищої освіти є підготовка конкурентоспроможних фахівців, здатних ефективно застосовувати знання в галузі агрофармакології для забезпечення екологічної безпеки та раціонального використання засобів хімізації сільського господарства.

Агрофармакологія є основою для формування екологічної компетентності фахівця, який здатен інтегрувати агрохімічні технології таким чином, щоб забезпечити сталість агросистем. Дана навчальна дисципліна поєднує знання з хімії, біології, екології та агротехнологій. Вона формує у здобувачів освіти розуміння закономірностей взаємодії пестицидів, агрохімікатів і лікарських засобів для рослин із довкіллям, а також розвиває здатність оцінювати їхній вплив на ґрунт, воду, живі організми та людину. Під час вивчення цієї дисципліни студенти здобувають знання про класифікацію, дію, дозування, токсичність та біотрансформацію агрохімічних речовин, що є основою для прийняття зважених рішень у практичній діяльності. Таким чином, навчання має бути спрямоване на вироблення знань, умінь і навичок, а не лише на оволодіння готовими теоретичними знаннями. Це досягається через активне залучення здобувачів до практичної діяльності. Так, лабораторні заняття повинні моделювати реальні виробничі процеси. Основними практичними навичками, що формуються, є: організація приготування

робочих рідин пестицидів, визначення якості протруювання насіння та розрахунок норм витрат препаратів.

Процес формування професійної компетентності майбутніх фахівців у межах вивчення агрофармакології відбувається через:

- *практичну спрямованість навчання* (аналіз реальних ситуацій, обговорення польових досліджень);
- *інтеграцію теоретичних і практичних знань* (виконання хімічних експериментів, які підтверджують набуті теоретичні знання);
- *застосування дослідницьких методів* (планування експериментів, визначення залишкових кількостей препаратів, моделювання процесів у системі «рослина–грунт–середовище»);
- *використання цифрових технологій* (віртуальні хімічні лабораторії, симулятори, електронні інтерактивні тренажери).

Такі підходи сприяють формуванню у студентів аналітичного мислення, екологічної свідомості, професійної відповідальності та навичок прийняття рішень у складних виробничих умовах [2].

Таким чином, вивчення освітньої компоненти «Агрофармакологія» є важливим чинником у формуванні професійної компетентності майбутніх фахівців аграрної галузі, що забезпечує не лише засвоєння теоретичних знань, а й розвиток практичних умінь, відповідального ставлення до використання хімічних засобів у сільському господарстві та усвідомлення екологічних наслідків їх застосування.

Отже, формування професійних компетентностей у процесі вивчення агрофармакології сприяє підготовці фахівців нового покоління – екологічно свідомих, інноваційно орієнтованих і здатних приймати ефективні рішення в умовах сучасного агровиробництва.

#### **Список використаних джерел**

1. Гриценко С. І., Козлов В. В. Агрофармакологія: навчальний посібник. Харків: ХНАУ, 2019. 248 с.
2. Долинський Ю. І. Сучасні підходи до формування професійної компетентності фахівців аграрного профілю. Київ: НУБіП України, 2021. 176 с.

## **РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ У ВИКЛАДАННІ ХІМІЇ В КОНТЕКСТІ РЕФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

**Авдєєва О. Ю.**

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Сучасний етап розвитку загальної середньої освіти характеризується переходом від знаннєвої парадигми до компетентнісної моделі навчання. Реформування освітнього простору зумовлює потребу в переосмисленні методологічних засад викладання природничих дисциплін, зокрема хімії. Традиційна фрагментарна подача матеріалу, орієнтована переважно на репродуктивне засвоєння фактів і алгоритмів, не забезпечує формування цілісного наукового світогляду учнів.

У цьому контексті системний підхід виступає ефективним інструментом інтеграції змісту, структурування знань і формування вмінь аналізувати складні об'єкти й процеси як цілісні системи.

Реалізація системного підходу у викладанні хімії в контексті реформування загальної середньої освіти як універсального науково-методологічного інструменту забезпечує розв'язання як теоретичних, так і практичних завдань освітнього процесу. Вона передбачає комплексне вивчення всіх аспектів навчання хімії – змістових, процесуальних і результативних – та встановлення їх внутрішніх і зовнішніх взаємозв'язків. Такий підхід дає змогу розглядати навчальний процес не як сукупність ізольованих компонентів, а як цілісну дидактичну систему, у якій кожен елемент функціонує у взаємозумовленості з іншими.

У площині реформування загальної середньої освіти, зокрема в умовах реалізації концептуальних засад Нової української школи, системний підхід орієнтує на послідовне та логічно структуроване вибудовування процесу навчання хімії. Усі ключові категорії дидактики (мета, завдання, зміст, методи, форми організації навчання, засоби та результати) розглядаються як взаємопов'язані складові єдиної освітньої системи, спрямованої на формування предметної та ключових компетентностей учнів [2, 3].

Системність у викладанні хімії проявляється передусім у реалізації міжпредметних зв'язків, інтеграції природничих знань, упровадженні наскрізних змістових ліній, що відображають взаємодію науки, технологій і суспільства. Вона забезпечує послідовне формування хімічних понять і закономірностей, розвиток експериментальних, аналітичних і пізнавальних умінь, а також здатності застосовувати знання для пояснення реальних явищ і процесів.

Застосування системного підходу у викладанні хімії передбачає проведення цілісного аналізу змісту навчального матеріалу, логіки його структурування та способів організації пізнавальної діяльності учнів. Це дає можливість виявити функціональні зв'язки між окремими темами, забезпечити наступність і поступовість у формуванні понять, а також сприяти розвитку системного мислення. Особлива увага приділяється формуванню гностичних умінь – уміння аналізувати, порівнювати, узагальнювати, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та робити обґрунтовані висновки на основі експериментальних даних.

Системний підхід у педагогіці розглядається як методологічний принцип, відповідно до якого будь-яке педагогічне явище або процес аналізується як цілісна система, що складається з взаємопов'язаних елементів.

У контексті навчання хімії системний підхід і система, зокрема, включає:

- цілі навчання (формування предметної та ключових компетентностей);
- зміст освіти (поняття, закони, теорії, моделі, факти);
- методи навчання (дослідницькі, проблемні, інтерактивні, пошукові);
- засоби навчання (лабораторне обладнання, хімічні реактиви, наочні посібники, цифрові ресурси, інноваційні засоби);
- результати навчання (здатність застосовувати власні знання у практичній діяльності).

Хімія як наука за своєю природою є системною: вона досліджує речовину, її склад, будову, властивості та перетворення. Взаємозв'язки між мікросвітом на атомно-молекулярному рівні та макроскопічними проявами формують логічну структуру навчального предмета. Тому системний підхід органічно відповідає змісту самої дисципліни.

В умовах сьогодення освітня реформа орієнтує вчителя на формування цілісної картини світу, розвиток критичного мислення, інтеграцію знань з різних освітніх галузей, застосування діяльнісних методів навчання тощо.

У викладанні хімії це передбачає структурування навчального матеріалу. Таким чином, зміст курсу вибудовується за логікою ускладнення понять: «речовина → атом → хімічний елемент → молекула → хімічна реакція → хімічні перетворення». Даний підхід дозволяє уникнути ізольованого вивчення тем і забезпечує міжтемні та міжпредметні зв'язки, що є надзвичайно важливим. Системне мислення формується через проблемні завдання, дослідницькі проекти, кейс-методи. Так, учні навчаються встановлювати причинно-наслідкові зв'язки; аналізувати умови перебігу реакцій; прогнозувати результати хімічних процесів; моделювати хімічні явища внаслідок чого у них відбувається формування системного мислення.

Варто зазначити, що системний підхід забезпечує формування природничо-наукової компетентності, екологічної грамотності, уміння працювати з інформацією, здатності приймати обґрунтовані рішення щодо використання хімічних речовин у побуті та виробництві.

Ефективне впровадження системного підходу у викладанні хімії можливе за таких умов:

1. Методична підготовка вчителя до роботи з інтегрованими моделями та компетентнісними завданнями.
2. Використання сучасних освітніх технологій (STEM-проекти, цифрові симуляції, інтерактивні платформи тощо).
3. Організація дослідницької діяльності учнів, що передбачає постановку проблеми, висунення гіпотези, експериментальну перевірку та формулювання висновків.
4. Міжпредметна координація, зокрема з біологією, екологією, фізикою, інформатикою [1].

Отже, системний підхід у викладанні хімії в умовах реформування загальної середньої освіти можна розглядати як інтеграцію змісту, методів і форм навчання в єдине освітнє середовище, що забезпечує формування цілісного наукового світогляду учнів. Його реалізація сприяє єдності теоретичних знань і практичної діяльності через організацію навчального хімічного експерименту, дослідницьких завдань і проектної роботи, що відповідає сучасним вимогам компетентісно орієнтованої освіти. Системна організація змісту, методів і форм навчання забезпечує інтеграцію знань, розвиток критичного мислення та здатність застосовувати хімічні знання в реальних життєвих ситуаціях.

Таким чином, системний підхід виступає не лише методологічною основою сучасного уроку хімії, а й необхідною умовою формування компетентного, відповідального й науково грамотного випускника школи.

#### **Список використаних джерел**

1. Авдєєва О.Ю. Підготовка майбутнього вчителя хімії до формування гностичних умінь в учнів у позакласній діяльності : дис. докт. філос. : 011. Житомир, 2021. 359 с.
2. Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 грудня 2016 р. № 988-р.
3. Державний стандарт базової середньої освіти : затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898.

# ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОГО СТАВЛЕННЯ ДО ЖИТТЯ НА УРОКАХ ХІМІЇ У 8 КЛАСІ: МІЖ ДОСЛІДЖЕННЯМ І ЙОГО ІМІТАЦІЄЮ

Анічкіна О. В.

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Компетентнісний підхід, задекларований Концепцією Нової Української Школи (МОН України, 2016) як основний пріоритет сучасної середньої освіти з огляду на вимоги технічного розвитку, орієнтує освітній процес закладу загальної середньої освіти на формування особистості здатної до критичного мислення, відповідального вибору та розв'язання проблем. Ключовими для XXI століття компетентностями, за визначенням Організації економічного співробітництва та розвитку, визнані дослідницькі вміння – здатність аналізувати дані, формулювати гіпотези, інтерпретувати результати (OECD, 2010), а їх формування стає основним завданням природничих предметів у закладах загальної середньої освіти.

Проте в практиці шкільного навчання виникає суперечність: експеримент у навчальній програмі зазначений, а дослідження в освітньому процесі часто відсутнє. Учні виконують лабораторні досліди та практичні роботи, але чи формує це дослідницьке ставлення до життя? Чи не стає дослідження візуальною ілюстрацією, підмінюючи пошук імітацією дослідницької діяльності?

Важливим для сучасного вчителя хімії є розуміння поняття дослідницького ставлення. Йдеться не лише про організацію експериментальної діяльності на уроці, а про усвідомлення того, який тип мислення формує педагог. Дослідницьке ставлення – це стійка пізнавальна позиція, що проявляється у здатності ставити запитання, сумніватися, висувати гіпотези, перевіряти їх і робити обґрунтовані висновки не лише на уроці, а й у повсякденному житті.

Це означає зміщення акценту в професійній діяльності вчителя з передачі готових знань на створення ситуацій їх активного пошуку. Якщо педагог розуміє дослідницьке ставлення лише як виконання лабораторного досліду за інструкцією, він формує алгоритмічне мислення та виконавську дисципліну. Якщо ж він розглядає його як внутрішню готовність учня шукати причинно-наслідкові зв'язки в повсякденних явищах, об'єктах довкілля, ужиткових ситуаціях, тоді експеримент стає засобом розвитку мислення.

Розуміння сутності дослідницького ставлення змінює роль учителя: він перестає бути джерелом готової відповіді й стає модератором пізнавального пошуку. Саме така позиція дозволяє перетворити навчальний експеримент із демонстрації відомого на простір інтелектуального відкриття.

Дослідження – це діяльність, спрямована на виявлення нових зв'язків, закономірностей, отримання знань, що мають практичну значущість. Натомість «ставлення» у психології трактується як стійка система оцінок і готовність до певної поведінки щодо об'єкта (Myers, 2010). Отже, дослідницьке ставлення – це не просто володіння технікою та методикою хімічного експерименту, а внутрішня готовність бачити проблему, ставити запитання й шукати пояснення.

Дослідницьке навчання передбачає проблемність, відкритість результату, інтелектуальну напругу та рефлексію (Вубее, 2013). Якщо результат наперед відомий і алгоритм жорстко визначений, навчальна діяльність не виходить за межі репродуктивної.

Таким чином, принциповим є розмежування понять:

- експеримент як демонстрація/ ілюстрація;
- експеримент як дослідження.

Формування дослідницької поведінки має поетапний характер і потребує:

1. Навчання пошуковим процедурам – формулювання гіпотез, планування експерименту, інтерпретація результатів.
2. Створення проблемної ситуації – інтелектуального виклику.
3. Розвитку дискусійної культури – аргументації, захисту позиції.
4. Рефлексії – усвідомлення власного способу мислення.
5. Контекстуалізації знань – перенесення їх у повсякденне життя.

Без цих умов експеримент перетворюється на ілюстрацію, а не на дослідження.

Чинні модельні програми з хімії для 7-9 класів (автори Лашевська Г.А., Григорович О.В.) містять значний перелік дослідницько орієнтованих видів діяльності: моделювання, проектування, розумові (уявні) експерименти, створення інтелект-карт, лепбуків, групові мініпроекти. Зміст тем («Досліджуємо хімічні реакції», «Досліджуємо гази довкілля», «Досліджуємо будову речовини») демонструє значний потенціал до активного, діяльнісного навчання. Проте ризик формалізації залишається високим. Дослідження може звестися до виконання інструкції з наперед відомим результатом. У такому разі формується не дослідницьке мислення, а алгоритмічна слухняність.

Вивчення горіння січки є показовим для аналізу характеру навчального експерименту. Традиційно учні підтверджують три умови горіння: наявність горючої речовини, доступ кисню та досягнення температури займання. Результат передбачуваний, гіпотеза очевидна, пізнавальний ризик мінімальний. За таких умов діяльність учнів спрямована не на відкриття нового, а на відтворення відомого. Сучасні умови життєдіяльності в Україні знайомлять учнів із свічкою в ужиткових умовах із маленства, такий об'єкт не є для них новітнім.

Слід зазначити, що дослідження горіння свічки пропонується виконувати неодноразово в різних варіаціях. У програмі 8 класу (Лашевська Г. А.) передбачено: «Горіння свічки. Виявлення вуглекислого газу, води тощо в продуктах згоряння». У програмі 8 класу (Григорович О. В.) – «Дослідження горіння свічки: формулювання гіпотез щодо умов виникнення та припинення горіння». Водночас у 7 класі за програмою Лашевської Г. А. вже розглядалася будова полум'я свічки, а в 5 класі в курсі «Природничі науки» (Білик Ж. І. та ін.) учні знайомилися з явищем горіння та умовами його виникнення і припинення.

Таким чином, до моменту вивчення теми у 8 класі учні вже мають сформовані уявлення про природу горіння, його умови та основні ознаки. Повторне виконання аналогічного досліду без зміни пізнавального завдання створює ілюзію дослідницької діяльності, але фактично не породжує інтелектуальної новизни. Дослідження починається там, де з'являється невизначеність; у випадку з традиційним вивченням горіння свічки в 8 класі вона відсутня.

Постає закономірне запитання: що саме мають досліджувати учні з 5 до 8 класу в достатньо простому об'єкті – парафіновій свічці? Якщо відповідь наперед відома, а результат очікуваний і передбачений програмою, чи можна таку діяльність вважати дослідженням у повному розумінні цього слова? За відсутності проблемної ситуації, інтелектуальної невизначеності та можливості альтернативних пояснень експеримент втрачає свою дослідницьку сутність. Він перетворюється на дидактичний ритуал –

багаторазове підтвердження знань, засвоєних на попередніх етапах навчання та втрачає зовнішню привабливість для учнів, примітивізуючи хімічну науку.

У такому випадку формується не дослідницьке ставлення, а звичка відтворювати очікувану відповідь. Учень навчається не ставити запитання, а вгадувати правильний результат. Саме тут і проходить межа між дослідом як інструментом мислення та експериментом як педагогічною формальністю.

Саме тут виявляється ключова методична проблема: повторення змісту без ускладнення пізнавальної задачі не формує дослідницького ставлення, а тренує алгоритмічну поведінку. Для переходу на дослідницький рівень необхідно змінити не об'єкт (свічку), а характер запитань до нього.

Зміна типу запитань змінює характер діяльності учнів 8 класу:

- Що саме горить у свічці – гніт чи пари парафіну?
- Чи потрібно свічці «дихати»?
- Як об'єм посудини впливає на тривалість горіння?
- Чому різні свічки мають різну інтенсивність полум'я?

Такі завдання передбачають висунення альтернативних гіпотез, планування експерименту, варіативність умов, аналіз даних і їх інтерпретацію. Виникає невизначеність результату – ключова умова дослідження.

Пропонування учням творчих, конструкторських завдань передбачає попереднє оволодіння необхідним матеріалом і подальше використання засвоєних знань на практиці. виготовлення найпотужнішої, найбезпечнішої, найдешевшої, найпростішої, найкрасивішої свічки з підручних засобів дозволяє набути життєстійких умінь і транспортувати знання про горіння в прикладну площину – не просто знати, а спробувати створити.

У цьому випадку експеримент перестає бути ритуалом підтвердження теорії й перетворюється на інструмент мислення.

Формування дослідницького ставлення до життя на уроках хімії у 8 класі є стратегічним завданням сучасної освіти. Воно не зводиться до збільшення кількості експериментальних робіт. Йдеться про зміну педагогічної логіки – від підтвердження відомого до пошуку невідомого.

Провокативне запитання «чи кожен експеримент є дослідженням?» спонукає до переосмислення практики. Якщо учень лише відтворює алгоритм, дослідницька культура не формується. Якщо ж він ставить запитання до звичних явищ і прагне знайти власне пояснення щоденним ужитковим процесам, формується позиція суб'єкта пізнання.

Саме така позиція є передумовою відповідального ставлення до світу – і, зрештою, до життя.

### Список використаних джерел

1. Міністерство освіти і науки України. (2016). Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа».
2. Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.
3. Myers, D. G. (2010). Social psychology (10th ed.). McGraw-Hill.
4. OECD. (2010). PISA 2009 results: What students know and can do. OECD Publishing.

# ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ PERPLEXITY AI У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ХІМІЇ

<sup>1</sup>Бедюх В. В., <sup>2</sup>Поцяпун Н. В.

<sup>1</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

<sup>2</sup>Ліцей №17 «Інтелект» Полтавської міської ради

Стрімкий розвиток цифрових технологій зумовлює трансформацію сучасної освітньої системи, у межах якої штучний інтелект набуває статусу важливого дидактичного інструменту. Особливу увагу привертає Perplexity AI — інтелектуальна система, орієнтована на аналітичну обробку інформації, узагальнення наукових даних та надання відповідей із посиланням на авторитетні джерела. У навчанні хімії використання цього інструменту сприяє підвищенню якості засвоєння матеріалу, формуванню наукового світогляду та розвитку когнітивних навичок учнів.

Однією з визначальних характеристик Perplexity AI є здатність до персоналізації навчального контенту. Система адаптує пояснення хімічних понять відповідно до рівня підготовки здобувача освіти, що дозволяє ефективно опановувати як базові теми, пов'язані з будовою атома та періодичним законом, так і складні розділи, зокрема хімічну кінетику, термодинаміку та механізми реакцій. Аналіз запитів у реальному часі дає змогу добирати приклади з повсякденного життя, що підвищує мотивацію до навчання та сприяє глибшому розумінню абстрактних процесів. Важливою перевагою є можливість роботи українською мовою з отриманням аргументованих відповідей, що позитивно впливає на розвиток критичного мислення й уміння працювати з науковою інформацією [1].

Суттєву роль у вивченні хімії відіграє візуалізація, оскільки значна частина хімічних явищ має мікроскопічний або абстрактний характер. Perplexity AI забезпечує доступ до опису просторових моделей молекул, енергетичних профілів реакцій та симуляцій хімічних процесів, що значно полегшує сприйняття навчального матеріалу [3]. Зокрема, під час вивчення гібридизації атомних орбіталей система допомагає усвідомити відмінності між  $sp$ ,  $sp^2$  та  $sp^3$ -конфігураціями й встановити зв'язок між електронною будовою та геометрією молекул. Віртуальне моделювання частково компенсує нестачу лабораторного обладнання та дозволяє проводити уявні експерименти без ризику для здоров'я учнів.

Практичне використання Perplexity AI в освітньому процесі полягає також у підтримці діяльності вчителя. Інструмент може застосовуватися для підготовки навчальних матеріалів, формування контрольних завдань, тестів і проблемних запитань, а також для швидкого пошуку та узагальнення наукової інформації. Це підвищує ефективність організації уроків і сприяє впровадженню елементів дослідницького навчання [2]. В умовах обмежених матеріально-технічних ресурсів, характерних для багатьох українських шкіл, зокрема в регіональному контексті, використання цифрових інструментів на основі штучного інтелекту набуває особливої актуальності.

Водночас інтеграція Perplexity AI у навчання хімії потребує відповідального педагогічного підходу. Незважаючи на високий рівень аналітичних можливостей системи, існує необхідність перевірки коректності отриманих результатів, особливо у випадку складних розрахунків або спеціалізованих тем. За умови поєднання можливостей штучного інтелекту з професійною компетентністю вчителя Perplexity AI виступає ефективним засобом підтримки навчального процесу, а не його заміною.

Таким чином, використання Perplexity AI у навчанні хімії сприяє підвищенню пізнавальної активності учнів, формуванню аналітичних і рефлексивних умінь та створює умови для більш глибокого засвоєння хімічних знань. Інтеграція штучного інтелекту відповідає сучасним освітнім тенденціям і відкриває перспективи для розвитку інноваційного та науково орієнтованого навчання.

#### **Список використаних джерел**

1. Куленко Р. А., Куленко О. А. Штучний інтелект на уроках хімії: новий погляд на навчання. *XVIII Полтавські хімічні читання: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції*, (Полтава, 12 – 13 березня 2025 р.) / М-во освіти і науки України, Полтав. нац. пед. ун-т ім. В. Г. Короленка [та ін.] – Полтава: Редакційно-видавничий відділ ПНПУ імені В. Г. Короленка. 2025. С. 254-256.
2. Ноздрачова Д. П., Грановська Т. Я. Можливості штучного інтелекту в освітньому процесі хімії. *Наука та освіта в дослідженнях молодих учених: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. для студ., аспірантів, докторантів, молод. учених* / ред.: Ю. Д. (р. Бойчук, Others. Харків, 2023. С. 127–128.
3. Штучний інтелект як потужний інструмент у вивченні хімії та біології. *Освітній проект «На Урок» для вчителів*. URL: <https://naurok.com.ua/shtuchniy-intelekt-yak-potuzhniy-instrument-u-vivchenni-himi-ta-biologi-469842.html> (дата звернення: 21.01.2026).

## **ІНТЕГРАЦІЯ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ІЗ ПРЕДМЕТІВ/ІНТЕГРОВАНІХ КУРСІВ ПРИРОДНИЧОЇ ОСВІТНЬОЇ ГАЛУЗІ В ЗАКЛАДАХ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ**

**Бережна В. В.**

Відокремлений структурний підрозділ «Роменський фаховий коледж Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана»

У статті розглянуто теоретико-методичні засади інтеграції онлайн-сервісів в освітній процес із дисциплін (предметів/інтегрованих курсів) природничої освітньої галузі (зокрема хімії) у закладах фахової передвищої освіти. Проаналізовано можливості цифрових інструментів для підвищення ефективності взаємодії між викладачем і здобувачами освіти, розвитку пізнавальної активності, формування професійних компетентностей. Окреслено методичні підходи до використання платформ Google Classroom, Moodle, Zoom, Microsoft Teams, інтерактивних сервісів LearningApps, Kahoot!, PhET Interactive Simulations у процесі викладання хімії та інтегрованих природничих курсів.

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною цифровізацією освітнього середовища. У закладах фахової передвищої освіти (ЗФПО) актуалізується потреба вдосконалення методик викладання природничих дисциплін з урахуванням цифрових компетентностей здобувачів освіти та вимог ринку праці.

Особливо актуальною є проблема організації ефективної взаємодії між учасниками освітнього процесу – викладачем, студентами, адміністрацією – в умовах змішаного або

дистанційного навчання. Інтеграція онлайн-сервісів у викладання хімії та інтегрованих курсів («Природничі науки», «Основи екології») створює нові можливості для підвищення результативності навчання.

Проблема цифрової трансформації освіти активно досліджується вітчизняними та зарубіжними науковцями. У методиці навчання хімії онлайн-сервіси розглядаються як:

- засіб візуалізації абстрактних понять;
- інструмент організації зворотного зв'язку;
- платформа для диференціації та індивідуалізації навчання;
- ресурс для розвитку дослідницьких компетентностей.

Проте питання системної інтеграції цифрових інструментів у професійну підготовку здобувачів фахової передвищої освіти потребує подальшого методичного обґрунтування.

Інтеграція онлайн-сервісів базується на таких підходах:

1. Компетентнісний підхід – формування предметних і цифрових компетентностей.
2. Діяльнісний підхід – організація активної навчально-пізнавальної діяльності.
3. Інтерактивний підхід – забезпечення постійної взаємодії учасників освітнього процесу.
4. Змішане навчання (blended learning) – поєднання традиційних та онлайн-форм роботи [1].

Розглянемо класифікацію онлайн-сервісів за призначенням.

1. Платформи управління навчанням (LMS): Google Classroom, Moodle тощо.

До їх основних функцій належать:

- розміщення навчальних матеріалів;
- організація тестування;
- моніторинг успішності;
- забезпечення зворотного зв'язку.

Методичне значення цих сервісів полягає у створенні єдиного цифрового освітнього середовища дисципліни [2].

2. Сервіси відео конференцій: Zoom, Microsoft Teams, Google Meet.

Зазначені сервіси забезпечують:

- проведення онлайн-лекцій;
- організації консультацій;
- демонстрації лабораторних дослідів у реальному часі;
- роботи в групах (breakout rooms).

3. Інтерактивні сервіси для формувального оцінювання: Kahoot!, LearningApps, Quizizz.

Методичні можливості цих сервісів:

- перевірка знань (наприклад, з тем «Будова атома», «Хімічний зв'язок», «Окисно-відновні реакції»);
- створення дидактичних ігор;
- миттєвий зворотний зв'язок.

4. Віртуальні лабораторії та симуляції: PhET Interactive Simulations, LabXchange.

Їх функціонал дозволяє:

- моделювати хімічні реакції;
- досліджувати кінетику та термодинаміку процесів;

— формувати експериментальні навички без ризику для здоров'я.

Інтеграція онлайн-сервісів у викладання природничих дисциплін може здійснюватися на різних етапах уроку.

1. На етапі пояснення нового матеріалу:

- використання інтерактивних презентацій;
- демонстрація симуляцій (наприклад, моделювання молекулярної будови);
- онлайн-опитування для актуалізації опорних знань.

2. На етапі закріплення знань:

- тестування через LMS;
- інтерактивні вправи;
- групові проєкти з використанням спільних документів.

3. Під час проведення лабораторних робіт:

- попереднє моделювання експерименту у віртуальному середовищі;
- електронні звіти;
- обговорення результатів у відеоформаті.

Безперечно, інтеграція онлайн-сервісів в освітній процес характеризується низкою переваг, до яких належать:

- ✓ підвищення мотивації через інтерактивність,
- ✓ оперативний зворотний зв'язок,
- ✓ індивідуалізація навчання,
- ✓ формування цифрової компетентності, розширення можливостей комунікації.

У той же час, серед можливих труднощів під час використання онлайн-інструментів в освіті варто виокремити технічні проблеми, відсутність системної підготовки педагогів до роботи з цифровими інструментами, потреба у значних часових витратах на підготовку цифрових навчальних матеріалів; перевантаження студентів цифровими ресурсами, потреба у методичній адаптації матеріалів [4].

Для досягнення максимальної ефективності взаємодії учасників освітнього процесу під час використання онлайн-сервісів важливо дотримуватися відповідних методичних рекомендацій:

1. Планувати використання сервісів відповідно до дидактичної мети.
2. Поєднувати онлайн-інструменти з традиційними методами навчання.
3. Забезпечувати чіткі інструкції для студентів.
4. Використовувати формувальне оцінювання.
5. Систематично аналізувати ефективність цифрових інструментів.

Висновки. Інтеграція онлайн-сервісів у викладання дисциплін природничої освітньої галузі в закладах фахової передвищої освіти є ефективним засобом підвищення якості освітньої взаємодії. Раціональне поєднання LMS-платформ, інтерактивних сервісів, відеоконференцій та віртуальних лабораторій сприяє розвитку предметних і професійних компетентностей здобувачів освіти, підвищує їхню мотивацію та забезпечує гнучкість освітнього процесу.

Перспективами подальших досліджень є розробка комплексних моделей цифрової інтеграції природничих дисциплін у ЗФПО та створення методичних рекомендацій для викладачів природничих дисциплін з урахуванням специфіки професійної підготовки.

### Список використаних джерел

1. Биков В. Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток комп'ютерно-технологічної платформи освіти і науки України. Інформаційні технології і засоби навчання. 2019. Т. 70, № 2. С. 1–15.
2. Близнюк Т. Цифрові інструменти для онлайн і офлайн навчання: навчально-методичний посібник. ІваноФранківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2021. 64 с.
3. Жалдак М. І., Рамський Ю. С., Рафальська М. В. Інформаційні технології в навчальному процесі. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2013. 256 с.
4. Момот Ю. Методичні аспекти викладання хімічних дисциплін з використанням ресурсів дистанційного навчання. Імідж сучасного педагога. 2014. №1. С.55-57.
5. Морзе Н. В., Співак С. М. Модель формування цифрової компетентності учнів та вчителів. Інформаційні технології і засоби навчання. 2017. Т. 60, № 4. С. 1–20.

## **ПОРТФОЛІО ВИКЛАДАЧА ЯК САМОПРЕЗЕНТАЦІЯ В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ**

**Буденкова Н. М., Мисіна О. І.**

Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне

Реформування сфери освіти в Україні вимагає нових підходів до організації освітнього процесу, нових методів та форм навчання. Сьогодні в освіті наближається час, коли студенту пропонується обрати викладача для викладання певної навчальної дисципліни. В зв'язку з цим зростає роль портфоліо як своєрідного «досьє досягнень» викладача – професійного, компетентного, творчого, креативного, мислячого, обізнаного з новітніми технологіями навчання. Працю викладача ВУЗу оцінити дуже складно, так як його діяльність не вичерпується викладанням, важливо враховувати також наукові досягнення, особистісний та професійний розвиток, його самореалізацію в якості керівника дослідницьких проєктів, лабораторних та практичних робіт здобувачів вищої освіти [2].

Портфоліо викладача – це спосіб фіксації, накопичення матеріалів, що демонструють рівень професіоналізму викладача і вміння вирішувати завдання своєї професійної діяльності. Головне призначення портфоліо – продемонструвати найбільш важливі результати практичної діяльності викладача для оцінки своєї професійної компетентності [1].

Загальноприйнятої моделі портфоліо не існує, адже портфоліо викладача підпорядковане обраній меті, і саме вона визначає його тип, відображає індивідуальність автора, рівень його професійної майстерності, намічені ним шляхи до самовдосконалення. Велику роль у формуванні портфоліо відіграє специфіка навчальної дисципліни, у межах якої воно створюється. Робота над створенням портфоліо вимагає від викладача регулярного самомоніторингу, націленості на самовдосконалення.

Аналіз портфоліо викладача є одним з ефективних та дієвих способів отримання подібної інформації, яке може надати змістовне та повне уявлення про професійний розвиток викладача впродовж своєї діяльності.

Основними завданнями розробки узагальненого портфоліо викладача на нашу думку є:

- представлення найбільш повної інформації про викладача і його професійний досвід;
- подання необхідної документації навчального процесу;
- включення документів, що підтверджують досягнення студентів (під час аудиторної та самостійної роботи);
- документальне підтвердження результативності курсу в цілому (використання отриманих знань на практиці, інновації в навчальному процесі, досягнення студентів як результат діяльності викладача).

Узагальнене портфоліо виконує такі функції:

- репрезентативну – представлення викладача як унікального та неповторного;
- комунікативну – є базою для професійних комунікацій з колегами;
- рефлексивну – дає можливість критично ставитись до власної роботи, осмислити власний досвід;
- оціночну – дозволяє як самому викладачеві оцінити себе, так і зробити це керівництву, роботодавцю та іншим зовнішнім експертам;
- розвиваючу – необхідність постійного поповнення портфоліо сприяє безперервному розвитку і самовдосконаленню;
- селективну – дозволяє викладачеві вибрати діяльність за своїми здібностями.

Портфоліо можуть бути службовими, професійними, діловими й пропонуватися як у текстовому, так і в електронному вигляді. Сьогодні широко поширені електронне портфоліо і електронне онлайн-портфоліо. Обидва ці види містять відомості про викладача, результати його педагогічної та науково-методичної діяльності, творчі плани і характеристику навчального середовища.

Електронне портфоліо педагога – це веборієнтована система управління інформацією, програмно-методичний комплект, спрямований на акумуляцію створених комп'ютерних засобів навчання, розподілених інформаційно-освітніх ресурсів, нормативних документів, результатів педагогічного досвіду і досягнень викладача тощо [3]. Електронне портфоліо – це таке ж портфоліо, тільки створене в цифровому вигляді. Його можна записувати і поширювати на дисках, флешках, пересилати електронною поштою або розмістити на власному сайті в мережі Інтернет.

Суттєвою перевагою електронного портфоліо є те, що в нього можна вмістити, практично, все: і відеофільми, і фотографії, і презентації, і навчальний матеріал. Завдяки електронному портфоліо викладач, фіксуючи свої досягнення, створює структуровану базу цифрових освітніх ресурсів, які можна постійно допрацьовувати чи оновлювати, а це, як відомо, неабияк стимулює його професійний саморозвиток, зокрема діяльність викладача стає ще більш публічною завдяки розширенню аудиторії, яка оцінює його професійні досягнення, формується його професійний імідж [2]. Створення електронного портфоліо передбачає також і порівняння свого професійного досвіду з досвідом інших викладачів і науковців.

Достатньо зручною платформою для представлення електронного портфоліо викладача у Національному університеті водного господарства та природокористування (НУВГП) є Вікіситет, який дає змогу відображати різні сторони діяльності викладача. За рішенням самого викладача, тут може розміщуватись його автобіографія, відомості про

кваліфікацію, професійну концепцію, перелік наукових та науково-методичних здобутків, посилання на власні праці та навчальні матеріали, контактні дані тощо.

І хоча структура Вікіситет-сторінки викладача повинна відповідати загальним корпоративним вимогам НУВГП, у процесі її наповнення викладач має можливість самостійно вводити окремі розділи, або більш детально розкривати в них окремі положення.

Щоб ділитися з іншими науковцями та колегами своїми статтями, відстежувати їх цитування і стежити за новинами сфері досліджень і наукових розробок у різних галузях, викладач може використовувати й світові соціальні мережі для співпраці вчених, наприклад, Scopus, Orcid, ResearchGate, Academia.edu, Googl Scholar.

Таким чином, в умовах конкурентного викладання для самопрезентації необхідно:

1. Вести електронне портфоліо, що організовує та структурує діяльність викладача, піднімає її на новий науковий рівень, забезпечує зростання професіоналізму, відображає його індивідуальний стиль і одночасно створює його, дає змогу студентам сформувати очікувані результати від навчання.

2. Реєстрування викладачів у наукометричних і повнотекстових базах даних (Scopus, Web of Science, ResearchGate тощо) для використання в навчальному процесі і науковій діяльності викладача.

3. Підвищувати інформаційну компетентність викладача в області ІТ-технологій шляхом ведення електронного кабінету і свого профілю у Вікіситеті навчального закладу.

#### **Список використаних джерел**

1. Бойко О.І. Електронне портфоліо викладача – альтернативна форма оцінки його педагогічної діяльності та професіоналізму. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки*. 2017, № 1. С. 150–155.
2. Мисіна О., Буденкова Н. Використання сучасних інформаційно-комунікативних технологій у процесі викладання хімічних дисциплін у закладі вищої освіти. *Нова педагогічна думка*. 2025. Том 122, № 2. С. 55–61. <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2025-122-2-55-61>
3. Трубачева С., Мішеніна Т., Коник О. Роль електронного портфоліо вчителя як освітнього ресурсу в навчально-методичному забезпеченні процесу подолання освітніх втрат учнів. *Проблеми сучасного підручника*. 2024, № 32. С. 299–305. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2024-32-299-305>

## **ХІМІЧНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ В ЕВОЛЮЦІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Воробйов Б. Я., Воробйова Л. Л.**

КЗ Полтавський міський багатoproфільний лицей №1 імені І. П. Котляревського

Однією з головних ознак науково-технічного прогресу сучасного суспільства є стрімкий розвиток комп'ютерних технологій. Комп'ютерна техніка широко використовується в освіті, науці, промисловості та повсякденному житті. Водночас її виробництво та експлуатація пов'язані з хімічними процесами й екологічними проблемами, що зумовлює актуальність даного дослідження.

У доелектронну еру перші обчислювальні машини базувались на металевих сплавах: сталі та латуні, потім з настанням ери вакуумних ламп, які були основою комп'ютерів першого покоління, почали використовувати скло, вольфрам, мідь та нікель. Ці комп'ютери мали низьку енергоефективність [1]. Далі з появою напівпровідників перейшли до транзисторів і на перший план вийшли Силіцій, Германій, а введення мікродоз Бору та Фосфору у кристали кремнію значно збільшують його електропровідність. У виробництві комп'ютерної техніки також використовують метали (мідь, алюміній, золото), літій-іонні акумулятори та полімерні матеріали [4].

Сучасна мікроелектроніка, яка орієнтована на зменшення розмірів компонентів та збільшення електропровідності вимагає від хіміків створення нових матеріалів. Сьогодні активно використовують галій арсенід та нітрид, що збільшують швидкість передачі сигналу. У майбутньому очікуємо молекулярні комп'ютери, де планують використання графену та інших наноматеріалів. До таких наноструктурних матеріалів належать нанопорошки сплавів і металів, боридів, інтерметалідів, карбідів, оксидів, нітридів, а також цих же речовин у компактованому стані із зернами нанометрового розміру. До наноструктур належать також нанополімери, вуглецеві наноструктури, нанопористі матеріали, нанокompозити, біологічні наноматеріали. Найближчим часом очікується інтеграція графену в гібридні системи разом із традиційними напівпровідниками для створення високошвидкісних транзисторів та фотодетекторів. Довгостроковою перспективою є розробка повноцінної графенової наноелектроніки. Розуміння природи високої провідності графену є ключовим для проектування нового покоління електронних пристроїв. Але, на думку інших вчених, на шляху активного використання графена може стати його загроза екології, що вимагає детальних і тривалих досліджень. Так, потрапивши у воду, графен просто розрізає бактерії, що підвищить рівень токсичності та посилить проблему з питною водою на планеті [2].

Отже, основу більшості сучасних комп'ютерних пристроїв становлять напівпровідникові матеріали, зокрема кремній, який застосовується для виготовлення мікросхем і процесорів. У виробництві комп'ютерної техніки також використовують різні метали (мідь, алюміній, золото), полімерні матеріали та літій-іонні акумулятори. Водночас деякі хімічні речовини, такі як свинець, кадмій і ртуть, є токсичними та можуть негативно впливати на здоров'я людини й навколишнє середовище.

Суттєвою екологічною проблемою є підвищення кількості електронних відходів, що виникають унаслідок швидкого застарівання комп'ютерної техніки. Неправильна утилізація електронних пристроїв призводить до забруднення ґрунтів, води та повітря небезпечними хімічними сполуками. Виробництво комп'ютерів також має значний екологічний слід. Воно потребує великих витрат енергії, води та природних ресурсів. Видобуток рідкісноземельних металів, необхідних для мікросхем та дисплеїв, супроводжується забрудненням довкілля та деградацією екосистем. Крім того, центри обробки даних, що забезпечують роботу інтернету та хмарних сервісів, споживають величезну кількість електроенергії та сприяють зростанню викидів парникових газів.

Способами зменшення негативного впливу комп'ютерних технологій на довкілля є розвиток екологічно безпечної електроніки, переробка електронних відходів, повторне використання матеріалів та впровадження енергоощадних технологій [3].

Отже, важливою умовою сталого розвитку сучасного суспільства є поєднання технологічного прогресу з екологічною відповідальністю.

### Список використаних джерел

1. Бойко В. М. Інформатика та інформаційні технології : навч. посіб. Київ : Освіта, 2019. 240 с.
2. Проценко І. Ю. Наноматеріали і нанотехнології в електроніці : підручник / І. Ю. Проценко, Н. І. Шумакова. Суми : Сумський державний університет, 2017. 151 с.
3. Степаненко О. В. Екологія : навч. посіб. Харків : Ранок, 2020. 256 с.
4. Тереміленко К. В. Хімія функціональних матеріалів / К. В. Тереміленко, І. О. Гуральський. Київ: Ліра-К, 2022. 110 с.

## ФОРМУВАННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Голіяд Р. О.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною цифровізацією освітнього процесу, що суттєво трансформує методику навчання хімії в закладах освіти. Використання електронних освітніх ресурсів, онлайн-платформ, інтерактивних сервісів і цифрових інструментів контролю знань розширює можливості організації освітнього процесу здобувачів освіти, забезпечує гнучкість навчання та доступ до різноманітних джерел інформації. Водночас цифрове освітнє середовище створює нові виклики, пов'язані з дотриманням принципів академічної доброчесності. Особливої актуальності проблема набуває у зв'язку зі зростанням ролі дистанційного та змішаного навчання, а також онлайн-моніторингу навчальних досягнень. Тестові завдання, електронні практичні роботи, дистанційні контрольні заходи стають звичними формами організації освітнього процесу з хімії. За таких умов викладач частково втрачає можливість безпосереднього контролю за самостійністю виконання завдань, що підвищує ризики академічної недоброчесності.

У процесі вивчення хімії це проявляється у копіюванні готових розв'язків задач з відкритих джерел, механічному відтворенні алгоритмів без розуміння суті процесів, використанні інструментів штучного інтелекту для автоматичного генерування відповідей, а також списуванні під час проходження онлайн-тестування. Подібні явища негативно впливають на рівень засвоєння навчального матеріалу та формування професійної відповідальності майбутніх фахівців. У цьому контексті особливого значення набуває пошук ефективних методичних підходів до формування академічної доброчесності здобувачів освіти саме в умовах цифровізації навчання хімії. Йдеться не лише про посилення контролю, а й про створення такого освітнього середовища, в якому доброчесність виступає усвідомленою цінністю та важливим складником професійної культури.

Поняття «академічна доброчесність» у сучасному освітньому дискурсі розглядається як сукупність етичних принципів і визначених законом правил, яких мають дотримуватися всі учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та оцінювання результатів освітнього процесу [2]. Йдеться і про заборону плагіату чи списування, і про формування відповідального ставлення до результатів власної праці, поваги до інтелектуальної власності, об'єктивності оцінювання та самостійності виконання завдань [4]. У контексті підготовки майбутніх фахівців у закладах фахової

передвищої освіти академічна доброчесність виступає одним із головних складників професійної культури та передумовою якісної фахової підготовки. У навчанні хімії проблема академічної доброчесності має певну специфіку, зумовлену характером змісту дисципліни. Під час розв'язування задач студенти часто орієнтуються на типові алгоритми, що спрощує механічне відтворення готових рішень без глибокого розуміння хімічних процесів. У цифровому форматі це проявляється у використанні хімічних онлайн-калькуляторів, автоматизованих розрахункових сервісів або штучного інтелекту для отримання кінцевого результату без пояснення ходу розв'язання [1]. Виконання лабораторних і практичних робіт також пов'язане з ризиками формального підходу. За умов дистанційного або змішаного навчання можливе копіювання звітів, використання шаблонних висновків, підміна власних експериментальних спостережень узагальненими даними з відкритих джерел [5]. У результаті втрачається дослідницький компонент і втрачається здатність до аналізу експериментальних результатів.

Таким чином, теоретичне осмислення проблеми академічної доброчесності в умовах цифровізації навчання хімії передбачає врахування не лише етичного аспекту, а й методичного, зокрема, особливостей змісту дисципліни та специфіки організації різних видів освітньої діяльності.

Одним із ключових інструментів забезпечення академічної доброчесності є продумане конструювання завдань. Ефективним прийомом є варіативність умов задач. Зміна вихідних даних, контексту або формулювання запитання зберігає навчальну мету, проте унеможлиблює механічне використання готових розв'язків. Наприклад, замість стандартної задачі на обчислення масової частки речовини доцільно запропонувати завдання з виробничим або побутовим контекстом, що потребує аналізу ситуації та вибору способу розрахунку. Індивідуалізація числових даних також знижує ризик списування. Використання різних варіантів з відмінними числовими параметрами або автоматичне генерування індивідуальних значень у цифрових середовищах стимулює кожного студента до самостійного виконання обчислень. При цьому важливо акцентувати увагу на правильність кінцевого результату та на послідовності дій. Особливе значення мають відкриті проблемні запитання, що передбачають пояснення причинно-наслідкових зв'язків, обґрунтування вибору реагентів, аналіз перебігу реакцій або прогнозування результатів експерименту. Такі завдання складніше відтворити за шаблоном, оскільки вони потребують осмислення теоретичного матеріалу та вміння формулювати власну позицію. Доцільним є також включення до структури завдання вимоги пояснити логіку розв'язання. Оцінюванню підлягає не лише кінцева відповідь, а й аргументованість міркувань, правильність використання хімічних понять, рівнянь реакцій і розрахункових формул. Такий підхід формує рефлексивні компетентності й підвищує відповідальність за якість виконаної роботи.

Цифрові технології відкривають широкі можливості для контролю навчальних досягнень, проте потребують методично виваженого застосування [3]. Одним із базових прийомів є встановлення обмеження часу на виконання тестових завдань. Раціонально визначений часовий інтервал ускладнює пошук відповідей у сторонніх джерелах і стимулює актуалізацію наявних знань. Важливим інструментом є рандомізація тестових питань та варіантів відповідей. Формування індивідуальної послідовності завдань для кожного здобувача освіти мінімізує можливість обміну відповідями під час проходження тестування. Ефективним елементом є усний захист виконаної роботи, зокрема під час дистанційного навчання. Коротке опитування щодо логіки виконання завдання, пояснення

отриманих результатів або обґрунтування висновків дозволяє перевірити самостійність роботи та сформованість предметних компетентностей. Такий підхід знижує ризик недоброчесності та стимулює розвиток комунікативних компетентностей.

Методичні заходи контролю будуть ефективними лише за умови формування внутрішньої мотивації до принципів дотримання академічної доброчесності. Важливим компонентом є систематичне обговорення зі здобувачами освіти принципів академічної етики, пояснення значення самостійної роботи для професійного становлення. Доцільно аналізувати типові порушення, що можуть виникати під час вивчення хімії, розглядати їх наслідки та обговорювати альтернативні, доброчесні способи виконання завдань. Особливу увагу варто приділяти акцентуванню на професійній відповідальності майбутніх фахівців. У галузях, пов'язаних з хімією, помилки мають суттєві наслідки для здоров'я людей, безпеки виробництва та довкілля. Усвідомлення цих наслідків підсилює розуміння, що формальне засвоєння знань і недоброчесна поведінка під час навчання суперечать вимогам майбутньої професійної діяльності.

Запропоновані методичні підходи до формування академічної доброчесності були апробовані під час викладання хімії у закладі фахової передвищої освіти в умовах змішаного та дистанційного навчання. Хоча впровадження не мало формату повномасштабного педагогічного експерименту з кількісною статистичною обробкою результатів, але систематичні педагогічні спостереження дозволяють зробити певні узагальнення. Передусім зафіксовано зміни у якості відповідей здобувачів освіти. Якщо на початковому етапі цифрового навчання значна частина робіт містила шаблонні формулювання, однотипні пояснення та мінімальні коментарі до розрахунків, то після впровадження варіативних завдань з вимогою пояснення логіки розв'язання відповіді стали більш розгорнутими та структурованими. Студенти частіше обґрунтовували вибір формул, послідовність дій, пояснювали хімічну сутність процесів, замість наведення простого кінцевого результату. Спостерігається також зменшення кількості формальних відповідей. Зокрема, під час виконання практичних і лабораторних робіт зменшилася частина звітів з однаковими висновками або некритично запозиченими фрагментами тексту. Включення елементів усного захисту та індивідуалізація даних стимулювали здобувачів освіти більш відповідально ставитися до підготовки та аналізу результатів. Навіть за умови використання цифрових ресурсів студенти були змушені осмислювати матеріал, оскільки поверхневе відтворення інформації не забезпечувало успішного проходження контролю.

Позитивною тенденцією стало підвищення рівня аргументованості розв'язків розрахункових задач. У роботах частіше простежується логічна послідовність міркувань, правильне використання хімічної термінології, наведення пояснень до кожного етапу розрахунку. Це свідчить про поступове зміщення акценту з отримання «правильної відповіді» на розуміння способу її досягнення.

Реакція студентів на запроваджені підходи була загалом позитивною, хоча на початковому етапі спостерігалось певне нерозуміння необхідності додаткових пояснень та усного захисту робіт. Поступово здобувачі освіти почали сприймати такі вимоги як елемент справедливого оцінювання та можливість продемонструвати реальний рівень підготовки. В окремих випадках студенти відзначали, що вимога аргументувати відповіді допомагає краще структурувати знання та готуватися до підсумкового контролю.

Узагальнення педагогічного досвіду свідчить, що системне поєднання методичних прийомів проектування завдань, організації цифрового контролю та формування

ціннісного ставлення до академічної доброчесності сприяє підвищенню якості навчальної діяльності здобувачів освіти та зменшенню проявів формального підходу до виконання завдань на заняттях з хімії.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гришко В. І., Киричук Б. С. Академічна доброчесність і штучний інтелект: подолання викликів у освітньо-науковій діяльності України та зарубіжних держав. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2024. С. 305-310.  
DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.85.2.45>
2. Доложевська Л. О. Цифрова етика та академічна доброчесність у вищій школі. Академічні студії. Серія «Педагогіка». 2025. № 2. С. 9-14.  
DOI: <https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2025.2.2>
3. Закрижевська І., Овод Л. Роль освіти у формуванні цифрової етики та підтримці академічної доброчесності. Вісник Хмельницького національного університету 2024, № 5. С. 232-237.
4. Кубко В. П. Ціннісний вимір академічної доброчесності в епоху штучного інтелекту. Культурологічний альманах. Вип. 3 (15). 2025. С. 172-180.  
DOI: <https://doi.org/10.31392/cult.alm.2025.3.21>
5. Тулін К. Академічна доброчесність у цифрову добу: проблеми та стратегії гарантії. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Педагогіка». 2024; № 19. С. 73-77. DOI: <https://doi.org/10.17721/2415-3699.2024.19.12>.

## **ПІДГОТОВКА ВЧИТЕЛЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ЗМІН: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

**Гриньова М. В.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасний етап розвитку світової освітньої системи характеризується багатовекторними трансформаційними процесами, що охоплюють зміст, структуру, організацію та результати навчання. Ці процеси зумовлені цифровою революцією, глобалізацією соціально-економічних відносин, інтеграцією національних освітніх просторів, переорієнтацією освітньої парадигми від трансляції знань до формування компетентностей, а також посиленням ролі науки як чинника інноваційного розвитку суспільства. Освіта дедалі більше розглядається як стратегічний ресурс забезпечення конкурентоспроможності держав, соціальної згуртованості та реалізації цілей сталого розвитку.

У цьому контексті природничі дисципліни набувають особливого значення, оскільки саме вони формують у здобувачів освіти наукову картину світу, системне мислення, здатність до аналізу складних природних і техногенних процесів, екологічну свідомість та технологічну культуру. Природнича освіта – це підґрунтя для підготовки майбутніх фахівців у галузях високих технологій, медицини, енергетики, біоінженерії, що зумовлює підвищені вимоги до якості професійної підготовки вчителя відповідного профілю [2].

Такі глобальні виклики сучасності, як кліматичні зміни, розвиток енергетичних технологій та біотехнологій, цифровізація виробництва, стрімке впровадження штучного інтелекту актуалізують необхідність формування нового професійного профілю вчителя природничих дисциплін. Йдеться про фахівця, здатного інтегрувати фундаментальні наукові знання з практичним досвідом, реалізовувати міждисциплінарні зв'язки, організовувати дослідницьку та проектну діяльність учнів, формувати їхню готовність до прийняття відповідальних рішень у сфері науки й технологій.

Євроінтеграційні процеси зумовлюють гармонізацію національної системи педагогічної освіти з європейськими стандартами якості, орієнтацію на результати навчання, прозорість кваліфікацій, академічну мобільність і формування спільного компетентнісного поля. Це потребує перегляду освітніх програм, удосконалення механізмів внутрішнього та зовнішнього забезпечення якості.

Водночас вимоги освіти для сталого розвитку спричиняють переорієнтацію професійної підготовки вчителя природничих дисциплін. Наразі невід'ємною складовою його професійної компетентності є формування екологічної відповідальності, усвідомлення взаємозв'язку природних процесів, технологічного прогресу та соціальних наслідків.

Післякризові освітні стратегії, зумовлені пандемічними обмеженнями, воєнними викликами та необхідністю організації змішаних форматів навчання, актуалізували потребу в гнучких педагогічних моделях, розвитку професійної стійкості, адаптивності та здатності до оперативного прийняття рішень. У сукупності зазначені чинники визначають необхідність системного оновлення підготовки вчителя природничих дисциплін як ключового суб'єкта реалізації сучасної освітньої політики.

За таких умов особливої ваги набуває переосмислення ролі вчителя природничих дисциплін у сучасній школі, яка спрямовується від транслятора готових знань до фасилітатора пізнавальної діяльності, модератора наукового діалогу, організатора дослідницького середовища та провідника між наукою, технологіями й соціальними практиками. Учитель природничих дисциплін повинен не лише володіти глибокими предметними знаннями, а й демонструвати здатність до міждисциплінарної інтеграції, критичного аналізу наукової інформації, інтерпретації сучасних наукових досягнень з урахуванням їх соціально-етичних наслідків.

Суттєво змінюється і зміст природничої освіти. Вона дедалі більше орієнтується на формування наукової грамотності як інтегративної якості особистості, що включає розуміння методів наукового пізнання, уміння аналізувати дані, оцінювати достовірність джерел, застосовувати наукові пояснення до реальних проблем. У центрі уваги перебуває здатність учнів використовувати природничі знання для прийняття обґрунтованих рішень у повсякденному та професійному житті. Це вимагає оновлення підходів до структурування навчального матеріалу, посилення його контекстуальності, проблемності та зв'язку з актуальними глобальними питаннями.

У наукових розвідках професійну підготовку вчителів природничої освітньої галузі розглядають як інтегративний процес, що передбачає узгоджене поєднання фундаментальної теоретичної бази з елементами науково-дослідної діяльності та впровадженням інноваційних освітніх технологій, релевантних запитам сучасного суспільства. Дослідники наголошують, що ефективність викладання природничих дисциплін значною мірою залежить від реалізації компетентнісно орієнтованого підходу, який забезпечує трансформацію знань у здатність до їх практичного застосування. У цьому

контексті особливого значення набувають організація експериментальної діяльності, використання цифрових освітніх ресурсів, залучення здобувачів освіти до дослідницьких практик, застосування моделювання природних процесів, а також розв'язування ситуативних і проблемних завдань, що відображають реальні наукові та соціальні виклики [1].

Сучасні умови розвитку освіти формують комплекс взаємопов'язаних викликів, що визначають необхідність якісного оновлення змісту, технологій професійного становлення вчителя природничих дисциплін. Ці виклики мають системний характер і зумовлені одночасною дією науково-технологічних, соціальних, культурних та безпекових чинників.

#### 1. Цифрова трансформація природничої освіти.

Стрімкий розвиток цифрових технологій змінює характер наукового пізнання і вимоги до фахівця природничого профілю. Використання віртуальних лабораторій, цифрових датчиків, симуляційних моделей, систем аналізу великих даних потребує сформованої цифрової, інформаційної та медіаграмотності. Вчитель має не лише володіти цифровими інструментами, а й інтегрувати їх у структуру предметного змісту з урахуванням дидактичної доцільності, безпечності та академічної доброчесності. Водночас актуалізується проблема критичного ставлення до інформації, протидії псевдонауковим твердженням та маніпулятивним інтерпретаціям наукових фактів.

#### 2. Міждисциплінарна інтеграція та STEM-контекст.

Глобальні наукові проблеми (зміни клімату, енергетичний перехід, біоінженерія, екологічна безпека) не можуть бути пояснені в межах окремої дисципліни. Це зумовлює необхідність формування системного мислення та здатності до міжпредметної інтеграції. Учитель природничих дисциплін повинен орієнтуватися в суміжних галузях знань, розуміти методологію наукового дослідження, застосовувати математичні та цифрові інструменти для аналізу природних процесів. Такий виклик потребує перегляду логіки структурування змісту освіти та посилення інтегративного компонента.

#### 3. Освіта для сталого розвитку та екологічна відповідальність.

Концепція сталого розвитку визначає нові аксіологічні орієнтири природничої освіти. Вчитель має формувати в учнів екологічну культуру, відповідальне ставлення до природних ресурсів, усвідомлення взаємозалежності природних, економічних і соціальних процесів. Це вимагає глибокого розуміння сучасних екологічних проблем, здатності аналізувати їх з позицій науки та презентувати комплексні шляхи розв'язання.

#### 4. Формування наукової грамотності та дослідницької культури.

Сучасне суспільство потребує громадян, здатних інтерпретувати наукову інформацію, оцінювати достовірність джерел, застосовувати наукові аргументи у повсякденному житті. Тому вчитель природничих дисциплін повинен демонструвати високий рівень наукової культури, володіти методами експерименту, аналізу даних, статистичної обробки результатів, а також уміти формувати ці вміння в учнів. Особливого значення набуває розвиток критичного мислення та здатності до доказового міркування.

#### 5. Інклюзивність та безпечне освітнє середовище.

Сучасна школа функціонує в умовах зростання різноманітності освітніх потреб здобувачів освіти. Учитель природничих дисциплін має враховувати принципи інклюзивності, диференціації навчання, психолого-педагогічної підтримки. Окремим викликом є забезпечення безпечного проведення шкільного експерименту, формування культури лабораторної безпеки та дотримання етичних норм роботи.

#### 6. Післякризова адаптивність і професійна стійкість.

Пандемічні обмеження, воєнні виклики, вимушена міграція та змішані формати навчання продемонстрували необхідність гнучких освітніх моделей і високого рівня професійної стійкості педагога. Вчитель природничих дисциплін повинен бути здатним оперативно адаптувати зміст навчання, забезпечувати якість освітнього процесу в дистанційних або змішаних форматах, підтримувати мотивацію та психологічну стабільність учнів.

Сучасні глобальні трансформації освіти формують нову систему вимог до змісту й результатів діяльності вчителя природничих дисциплін. Природнича освіта набуває стратегічного значення як чинник формування наукової грамотності, критичного та системного мислення, екологічної відповідальності й готовності здобувачів освіти до прийняття обґрунтованих рішень у складному технологізованому середовищі. Відповідно, професійний профіль учителя трансформується у напрямі поєднання фундаментальних предметних знань із цифровою компетентністю, здатністю до міждисциплінарної інтеграції, організації дослідницької діяльності, забезпечення інклюзивного та безпечного освітнього середовища й прояву професійної стійкості. Сукупність окреслених викликів зумовлює необхідність системного оновлення змістових, організаційних і нормативних засад педагогічної освіти та подальшого наукового обґрунтування моделей розвитку професійної компетентності вчителя природничих дисциплін у контексті глобальних освітніх змін.

#### Список використаних джерел

1. Засекіна Т. М., Трускавецька І. Я. Актуальні аспекти професійної підготовки учителів природничої освітньої галузі // *Природнича освіта та наука*. 2024. Вип. 1. С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-1.03>
2. Urkunova A., Kennedy K. J., Karabassova L., Ryspayeva D. Preparing educators for global challenges: insights from pre-service teacher education // *Cogent Education*. 2025. Vol. 12, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2529422>

## ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПОЗАКЛАСНОЇ РОБОТИ З ХІМІЇ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Грицай Н. Б.

Рівненський державний гуманітарний університет

Трансформація сучасної системи загальної середньої освіти, пов'язана з упровадженням концепції Нової української школи, орієнтує освітній процес на стимулювання пізнавальної мотивації учнів, формування в них ключових і предметних компетентностей, розвиток креативності та дослідницьких умінь. Уроки природничих предметів перетворюються на заняття, під час яких проводять експерименти, створюють моделі та виконують навчальні проекти. З огляду на це позакласна робота теж набуває нових функцій: вона стає простором для експериментування, реалізації творчих здібностей учнів та інтегрування знань з різних предметів.

Водночас варто зауважити, що традиційні форми та види позакласної роботи, які були поширені впродовж десятиліть, потребують оновлення змісту й методичного інструментарію відповідно до сучасних вимог.

Теоретичні основи організації позакласної роботи в закладах загальної середньої освіти досліджували С. Грицюк, В. Зайцев, В. Макарчук, О. Пархоменко, Л. Яренчук та ін.

Проблему організації позакласної роботи з природничих предметів вивчали Л. Благодаренко, А. Кириченко, О. Гнатюк, О. Юрченко (фізика), С. Люленко, Т. Небікова, О. Романюк, А. Ткачук (біологія), Т. Андрійчук, Р. Власенко, С. Кобернік, В. Яковлева (географія).

Інновації у навчанні хімії обґрунтовано в статтях О. Авдєєвої, О. Бабенко, А. Криворучко, С. Стрижак, Ю. Шафорост, Н. Шиян. Проте поза увагою більшості науковців залишилися інноваційні форми і методи позакласної роботи з хімії.

З огляду на це *метою статті* є обґрунтування інноваційних підходів до організації позакласної роботи з хімії у закладах загальної середньої освіти.

У методиці навчання хімії сьогодні впроваджено цілу низку нових форм і методів навчання. Зокрема, Yamini Shukla виокремила такі інноваційні методи і технології хімічної освіти: кейс-навчання, гейміфікація, дослідницьке навчання, використання віртуальних лабораторій та ін. [5].

Н. Шиян, С. Стрижак та А. Криворучко аналізували дослідницькі технології навчання хімії, проектні технології та особливості використання хмарних сервісів [4].

Публікації О. Бабенко присвячені застосуванню таких інноваційних технологій навчання хімії, як кейс-технології, технології доповненої реальності, а також гейміфікації, онлайн вікторин, скрайб-презентацій, веб-квестів [1; 2].

Попри це варто зазначити, що більшість публікацій стосуються використанню інновацій безпосередньо на уроках. Особливості сучасної позакласної роботи з хімії недостатньо висвітлені в науковій літературі, хоча трапляються окремі розвідки з цієї проблеми (О. Авдєєва, Л. Будченко, О. Задорожна).

Інноваційні підходи до позакласної роботи з хімії передбачають інтерактивну взаємодію з учителем та учнями, активізацію суб'єктної ролі здобувачів освіти, реалізацію дослідницької діяльності, застосування сучасних технологій, цифрових інструментів, впровадження компетентнісно орієнтованих завдань, спрямованих на формування та розвиток ключових і предметних компетентностей учнів.

Інноваційність полягає не тільки у застосуванні нових технічних засобів (різноманітних цифрових застосунків), а в трансформації видів діяльності та ролей учасників позакласної роботи.

У попередніх наших дослідженнях проаналізовано різноманітність форм і видів позакласної роботи з природничих предметів, а також встановлено впровадження в закладах загальної середньої освіти нових видів позакласної роботи (квестів, квізів, хакатонів, тренінгів, флешмобів, воркшопів, віртуальних екскурсій тощо) [3].

У навчанні хімії особливе місце займає *хімічний експеримент*, який можна проводити не лише на уроках, а й у позакласній роботі. В умовах дистанційного навчання актуальним є використання віртуальних лабораторій PhET Interactive Simulations, LabXchange, ChemCollective.

Крім того, варто звернути увагу на організацію *наукових пікніків* – позакласних заходів у відкритому просторі (шкільне подвір'я, міський парк), під час якого учні показують досліди, міні-проекти, наукові експерименти для широкої аудиторії. Наприклад, у Рівному в кінці травня впродовж останніх років проводять наукові пікніки на території парку культури і відпочинку імені Т. Г. Шевченка. Попередньо готують демонстраційні

зони, розподіляють ролі між учасниками заходу. Обов'язковою умовою є безпечність дослідів, неухильне дотримання правил техніки безпеки.

Наукові пікніки сприяють популяризації хімії і посилюють мотивацію до її вивчення, розвивають комунікативні здібності учнів, уміння публічно презентувати результати своєї діяльності. Під час проведення наукових пікніків цікавими можуть бути презентації «Екологічна хімія» та «Хімія у побуті» тощо.

*Хакатон* (англ. *hackathon*, від *hack* (хакер) та *marathon* – марафон) – це позакласний захід, під час якого команда учнів в обмежений час згуртовано працює над інноваційним розв'язанням певної проблеми. Хімічні хакатони можна проводити для дослідження хімічних аспектів побутових або промислових проблем, для розроблення екологічних проєктів (наприклад, очищення води) та ін.

Хакатони сприяють розвитку наскрізних умінь учнів: креативності, критичного мислення, ініціативності, уміння висловлювати свою думку, працювати в команді, оцінювати ризики і приймати зважені рішення.

Обговорення актуальних питань можна проводити також за технологією «*світове кафе*», яка передбачає поетапну ротацію учасників між столами (дискусійними майданчиками), фіксацію проміжних результатів та узагальнення напрацьованих ідей, що сприяє активізації когнітивної діяльності учнів, розвитку їхнього критичного мислення та комунікативної компетентності.

В останні роки в навчанні хімії все більшої популярності набувають *квести* (англ. *quest* – пошук). Це інтерактивна команда гра, під час якої потрібно виконати низку завдань (теоретичних, експериментальних, логічних, практичних), спрямованих на розв'язання проблемної ситуації.

Хімічні квести можна використовувати і на уроках, і в позаурочний час. Проте більше можливостей для їх якісного проведення все ж таки є в позакласній роботі. Квести можуть проводитися у віртуальному, реальному чи змішаному режимі. Квест обов'язково повинен мати ігровий задум та чіткі правила, який кожен учасник зобов'язаний дотримуватися.

Учасники позакласних хімічних квестів мають вдосталь часу для пошуку завдань в різних локаціях та їх виконання. Квест-технології дають можливість емоційно залучати учнів до розв'язання ситуацій і сприяють кращому розумінню та засвоєнню матеріалу завдяки проблемно-пошуковому характеру діяльності.

Отже, позакласна робота як добровільна форма організації навчання учнів у сучасних умовах зазнала неабияких змін. Насамперед це пов'язано з інтенсивною цифровізацією освітнього процесу в результаті впровадження дистанційного навчання. Крім того, в Новій українській школі передбачено такі види діяльності, які вимагають в здобувачів освіти уміння критично мислити, виявляти творчі здібності, працювати в команді, аналізувати і робити висновки, розв'язувати проблемні ситуації та ін.

Встановлено, що позакласна робота з хімії в сучасних закладах загальної середньої освіти відзначається компетентнісною спрямованістю, орієнтацією на дослідницьку діяльність учнів, появою нових видів (наукові пікніки, хакатони, квести, «світові кафе») та використанням цифрових технологій.

Перспективою подальших досліджень буде експериментальна перевірка ефективності новітніх форм і видів позакласної роботи з хімії.

### Список використаних джерел

1. Бабенко О. М. Особливості впровадження інноваційних педагогічних технологій у процесі навчання хімії. *Актуальні питання природничо-математичної освіти*. 2018. Випуск 2 (12). С. 41-47.
2. Бабенко О. М., Харченко Ю. В. Застосування цифрових технологій на уроках хімії за умов дистанційного навчання. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції*. 26-27 травня 2022 р., м. Тернопіль. С. 209-212.
3. Грицай Н.Б., Ойцюсь Л.В., Попельницька О. В., Мельник К.І. Різноманітність форм і видів позакласної роботи з природничих предметів у закладах загальної середньої освіти. *Природнича освіта та наука*. 2024. № 5. С. 8-12.
4. Шиян Н. І., Криворучко А. В., Стрижак С. В. Підготовка майбутніх учителів хімії до застосування хмарних сервісів у професійній діяльності. *Науковий вісник Ужгородського університету: збірник наукових праць; серія: Педагогіка. Соціальна робота / гол. ред. І. Кузьма*. Ужгород: Говерла, 2021. Вип. 1 (48). С. 450-454.
5. Shukla Yamini. Innovative Teaching Methods in Chemistry Education. *International Journal of Multidisciplinary Research in Arts, Science and Technology (IJMRAST)*. 2024. Volume 2. Issue 2. P. 9-16.

## **РОЛЬ ДОМАШНЬОГО ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ФОРМУВАННІ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ШКОЛЯРІВ**

**Давиденко К. К.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасна трансформація шкільної природничої освіти, зумовлена впровадженням компетентнісної парадигми навчання та ідей Нової української школи, актуалізує пошук ефективних форм організації освітнього процесу, спрямованих на розвиток пізнавальної активності, дослідницького мислення та самостійності учнів. У цьому контексті особливого значення набуває навчальний експеримент як базовий метод пізнання в хімічній освіті, що забезпечує інтеграцію теоретичних знань із практичним досвідом.

Традиційно експериментальна діяльність у шкільному курсі хімії реалізується переважно в умовах кабінету хімії або навчальної лабораторії. Водночас сучасні освітні виклики, обмеженість матеріально-технічних ресурсів закладів освіти, а також потреба у формуванні в учнів дослідницької автономії зумовлюють необхідність розширення освітнього простору за межі шкільної лабораторії. У цьому аспекті домашній хімічний експеримент постає як педагогічно доцільна форма організації навчально-дослідницької діяльності, що поєднує доступність, практико-орієнтованість та інтеграцію навчального змісту з повсякденним життям учня.

Домашній експеримент не лише сприяє глибшому засвоєнню хімічних понять, законів і закономірностей, а й створює умови для формування ключових та предметних компетентностей, розвитку наукового мислення, екологічної свідомості, відповідальності та культури безпечної діяльності. Він трансформує хімію з абстрактної навчальної дисципліни у життєво значущий інструмент пізнання світу, формуючи в учнів цілісну наукову картину дійсності.

У цьому контексті актуалізується необхідність науково-методичного осмислення педагогічного потенціалу домашнього хімічного експерименту, визначення його

дидактичних функцій, методичних підходів до організації та ролі у формуванні дослідницької компетентності учнів у системі сучасної хімічної освіти.

Домашній хімічний експеримент у сучасній системі шкільної освіти розглядається як педагогічно доцільна форма організації навчально-дослідницької діяльності, що розширює освітній простір за межі шкільної лабораторії та сприяє формуванню ключових і предметних компетентностей учнів. У контексті компетентнісної парадигми навчання він набуває особливого значення як засіб інтеграції теоретичних знань із практичним досвідом, розвитку самостійності, дослідницького мислення та пізнавальної активності школярів.

Наукові дослідження українських педагогів свідчать, що домашній хімічний експеримент є ефективним інструментом формування дослідницької компетентності, оскільки залучає учнів до самостійного планування експерименту, спостереження, аналізу результатів та формулювання висновків. Зокрема, Н.В. Грачова та С.Ю. Макєєв підкреслюють, що така форма роботи сприяє розвитку експериментальних умінь, пізнавальної самостійності та відповідальності учнів за власні результати навчання, формуючи основи наукового стилю мислення [2].

О.В. Бардадим у своїх дослідженнях доводить, що домашні експерименти позитивно впливають на розвиток логічного мислення, пізнавального інтересу та здатності учнів до пояснення хімічних явищ на основі спостережуваних процесів. Учні починають сприймати хімію не як абстрактну систему формул і рівнянь, а як інструмент пояснення реальних явищ навколишнього світу [1].

Домашній хімічний експеримент виконує не лише пізнавальну, а й виховну функцію, формуючи в учнів культуру безпечної діяльності, відповідальне ставлення до речовин, екологічну свідомість і науковий світогляд. У цьому контексті він виступає важливим чинником формування екологічної компетентності, оскільки дозволяє усвідомити взаємозв'язок хімічних процесів із життєдіяльністю людини та станом навколишнього середовища.

Педагогічна цінність домашнього експерименту полягає також у його інтегративному потенціалі: він поєднує хімію з фізикою, біологією, екологією, технологіями та побутовою практикою, формуючи цілісну наукову картину світу. Така міждисциплінарна інтеграція сприяє розвитку системного мислення та здатності учнів застосовувати знання в реальних життєвих ситуаціях.

Хімія є фундаментальною наукою, що забезпечує розуміння закономірностей функціонування природних систем і розвитку сучасних технологій. Хімічні знання становлять наукову основу багатьох сфер людської діяльності – промисловості, аграрного виробництва, медицини, екології, фармацевтики та побутової практики. Хімічні процеси пронизують усі рівні життєдіяльності людини, формуючи об'єктивну реальність, у якій людство щоденно спостерігає численні фізико-хімічні явища, часто не усвідомлюючи їх наукової природи.

Традиційно хімічний експеримент асоціюється з оснащеними лабораторіями, спеціалізованим посудом та професійним обладнанням. Водночас сучасні освітні підходи доводять, що наукове пізнання не обмежується інституційним простором лабораторії. Хімічну експериментальну діяльність можливо організувати і в домашньому середовищі, використовуючи доступні побутові матеріали та безпечні речовини, що не потребують складного технічного забезпечення [3;4; 5].

Пропонуємо добірку доступних домашніх хімічних дослідів, які мають пізнавальний, дидактичний та світоглядний потенціал, сприяють формуванню наукового мислення, розвитку дослідницьких умінь та глибшому розумінню хімічних процесів як невід'ємної складової повсякденного життя людини.

Одним із таких дослідів є визначення типу середовища за допомогою індикаторів – речовин, які змінюють колір залежно від рН середовища. Домашні індикатори можна виготовити з червоної цибулі, використовуючи окріп, засіб для прочистки труб («Кріт»), оцет та воду. Червона цибуля містить антоціани – природні барвники, що змінюють колір залежно від середовища. Для проведення досліду скибочки цибулі заливають окропом, а після охолодження отриманий розчин додають у лужне середовище (NaOH, «Кріт») та в кисле (оцет). В результаті в лужному середовищі індикатор набуває світло-зеленого кольору, а в кислому – рожевого.

Ще один цікавий експеримент – «Хамелеон». Для нього використовують брильянтовий зелений, перекис водню, воду та лужне середовище («Кріт»). Брильянтовий зелений – це органічний барвник, який змінює колір залежно від окисного стану. Перекис водню виступає окисником, а луг створює середовище, у якому барвник знебарвлюється. Цей дослід наочно демонструє основи окисно-відновних реакцій [3;4].

У промисловості широко застосовується реакція омилення жирів, яку можна повторити і вдома. Для цього беруть рослину олію та лужний розчин («Кріт»). Внаслідок взаємодії лугу і жиру утворюється мутна емульсія з піною на поверхні – це натрієві солі жирних кислот (мило). Реакція омилення являє собою гідроліз тригліцеридів під дією лугу, у результаті чого утворюються гліцерин і мило. Домашній експеримент наочно демонструє, як хімія використовується у побуті для виробництва миючих засобів та очищення поверхонь [3;4].

Наведені досліди легкі у проведенні, не потребують великої кількості реактивів і значного часу, але дають змогу наочно зрозуміти хімію та застосувати теоретичні знання на практиці. Вони дозволяють досліджувати вплив кислотності середовища на хід реакцій, взаємодію органічних і неорганічних речовин, основи окисно-відновних процесів, властивості кислот і лугів, а також різноманітні хімічні явища.

Домашні хімічні досліди будуть цікавими як для дорослих із попередніми знаннями хімії, так і для дітей, які роблять перші кроки у світі науки. Практика, спостереження та експеримент є невід'ємними складовими навчання хімії, сприяють розвитку дослідницьких компетентностей та формуванню наукового світогляду.

#### **Список використаних джерел**

1. Бардадим, О. В. Домашній хімічний експеримент. // *Педагогічний вісник* 2019. № 1. С. 56-59.
2. Грачова Н. В., Макеев С. Ю. Домашній хімічний експеримент як засіб формування дослідницької компетентності учнів. *Харківський природничий форум : VII Міжнар, конф. молод. учених, Харків, 16–17 трав. 2024 р. : зб. наук. пр. / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди та ін. ; редкол.: Ю. Д. Бойчук, І. А. Іонов, С. О. Микитюк та ін. Харків, 2024. С. 53–55.*
3. Національна освітня платформа "Всеосвіта". URL: <https://vseosvita.ua/> (дата звернення: 07.02.2026).
4. Онлайн школа TeachME. URL: <https://teachme.expert/blog> (дата звернення: 07.02.2026).

## РОЛЬ ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ФОРМУВАННІ НАВИЧОК КРИТИЧНОГО АНАЛІЗУ ШКОЛЯРІВ

Деркач А. В., Криворучко А. В.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Формування критичного мислення є наріжним каменем сучасної освіти, проте ця навичка розвивається не лише через аналіз текстів чи медійного контенту. Хімія, як експериментальна наука, надає унікальну платформу для розвитку специфічного компонента критичного мислення – критичного аналізу емпіричних даних. Здатність не просто спостерігати, а й аналізувати, інтерпретувати та ставити під сумнів результати власних дослідів є ключовою для формування наукового світогляду.

Проблема полягає в тому, що шкільний хімічний експеримент часто зводиться до «кулінарного» підходу: учні діють за чіткою інструкцією («cookbook» style), щоб отримати заздалегідь відомий, «правильний» результат. Такий репродуктивний підхід формує виконавські навички, але не вчить аналізувати. Концепція Нової української школи (НУШ) вимагає розвитку дослідницької компетентності, де учень виступає в ролі активного суб'єкта пізнання [1].

Критичний аналіз проти простого спостереження в експерименті. У традиційному навчанні від учня вимагається насамперед спостереження – фіксація очевидних змін («розчин змінив колір на синій», «виділився газ», «випав осад»). Це пасивний процес реєстрації факту.

Критичний аналіз в експерименті – це активний розумовий процес, що включає:

- *інтерпретацію*: не «що я бачу?», а «що це означає?» (наприклад: «слабкий запах амоніаку свідчить про гідроліз амоній ацетату, оскільки і кислота, і основа є слабкими»);
- *сумнів та верифікацію*: «Чи дійсно це той результат, що мав бути? Чи немає альтернативних пояснень?» (наприклад: «Осад випав, але він бурого, а не білого кольору, як очікувалось. Можливо, реактив був забруднений іонами  $Fe^{3+}$ »);
- *аналіз похибок*: «Чому мій результат (наприклад, маса добутої солі) відрізняється від теоретично розрахованого? Де могли виникнути втрати?»;
- *прогнозування*: «Якщо я змінив цю умову (наприклад, температуру), як це вплинуло на результат і чому?».

Таким чином, критичний аналіз перетворює учня зі спостерігача на дослідника, який веде діалог з експериментом, а не просто фіксує його перебіг.

Трансформація шкільного експерименту: від ілюстрації до дослідження. Для розвитку аналітичних навичок необхідно змістити акцент з ілюстративних експериментів (де мета – підтвердити сказане вчителем) на дослідницькі (inquiry-based) та проблемні експерименти (таблиця 1) [2].

Ілюстративний експеримент дає учню чіткий алгоритм і очікуваний результат. Проблемний експеримент дає учню питання або проблему, а алгоритм її вирішення учень має розробити (повністю або частково) самостійно. Наприклад, замість завдання «Доведіть, що у виданому розчині є хлорид-іони» (де учень просто додає  $AgNO_3$ ),

ставиться проблема: «У вас є три пробірки без підпису з розчинами  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$  та  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Використовуючи лише  $\text{BaCl}_2$  та  $\text{HNO}_3$ , ідентифікуйте кожну речовину».

Таблиця 1.

Порівняння дидактичних підходів до хімічного експерименту.

Параметр	Традиційний (ілюстративний) експеримент	Дослідницький (проблемний) експеримент
Мета	Підтвердити відомий факт або теорію.	Знайти відповідь на питання, вирішити проблему.
Роль учня	Виконавець (діє за інструкцією).	Дослідник (планує, висуває гіпотези, аналізує).
Процедура	Чітко прописана, не варіативна.	Розробляється учнем (частково або повністю).
Результат	Заздалегідь відомий, «правильний».	Невідомий або варіативний; «негативний» результат також є цінним.
Фокус навичок	Акуратність, техніка безпеки, фіксація даних.	Критичний аналіз, планування, інтерпретація, вирішення проблем.

Етапи експерименту як простір для критичного аналізу. Критичний аналіз «вмикається» на кожному з етапів дослідницького експерименту:

1. *Етап планування.* Учень має проаналізувати проблему (Які хімічні властивості дозволять мені вирішити це завдання? Які реактиви потрібні? Що буде контролем у моєму досліді? Які змінні я маю контролювати? Які джерела помилок я можу передбачити?).

2. *Етап проведення та спостереження.* Учень має фіксувати не лише очікувані, але й аномальні результати (Чи відбувається реакція так, як я очікував? Чому вона йде повільніше/швидше? Що означає ця неочікувана зміна кольору? Чи всі спостереження є однаково важливими для висновку?).

3. *Етап інтерпретації даних.* Це кульмінація критичного аналізу. Учень зіставляє отримані дані з висунутою гіпотезою (Чи доводять мої результати гіпотезу? Чи існують альтернативні пояснення моїх спостережень? Наскільки надійними є мої дані? Чи потрібно повторити дослід?).

4. *Етап рефлексії та аналізу похибок.* «Невдалі» експерименти є найціннішими для розвитку КМ [3]. Коли дослід не вдався, учень змушений шукати причину (Що пішло не так? Чи була помилка у плануванні? У виконанні (порушення методики, нечистий посуд)? Чи у вимірюваннях? Що я зроблю інакше наступного разу, щоб уникнути цієї помилки?) [4]

Висновки. Хімічний експеримент перестає бути простою ілюстрацією і стає інструментом розвитку критичного аналізу лише тоді, коли він трансформується з репродуктивного в дослідницький.

Перехід від парадигми «зроби за інструкцією» до парадигми «сплануй і досліди» змушує учнів не просто маніпулювати реактивами, а й активно мислити: висувати гіпотези, аналізувати аномалії, інтерпретувати неоднозначні дані та обґрунтовувати свої висновки.

«Невдалий» дослід у такому підході є ціннішим за «вдалий», оскільки вимагає найглибшого рівня аналізу – пошуку помилок у власних міркуваннях чи діях.

Роль вчителя при цьому також змінюється: він стає не контролером, що оцінює правильність результату, а фасилітатором, який стимулює аналіз через запитання: «Чому ти так думаєш?», «Які твої докази?», «Чи є інше пояснення?». Саме такий підхід дозволяє формувати аналітичні навички, необхідні не лише майбутнім хімікам, але й будь-якій свідомій та мислячій особистості [1, 2].

### Список використаної літератури

1. Коваленко О. І. Дослідницька компетентність учнів НУШ на уроках хімії: від теорії до практики. *Таврійський вісник освіти*. 2022. № 2 (78). С. 45-52.
2. Boppeggedera A. M. R. P. Inquiry-Based Learning in General Chemistry Laboratories: A Practical Guide. *Journal of Chemical Education*. 2021. Vol. 98, No. 3. P. 729-737. DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00913.
3. Smith, J. A., & Kaplan, F. Reframing «Failed» Experiments as Opportunities for Critical Analysis in the High School Lab. *International Journal of Science Education*. 2023. Vol. 45, No. 11. P. 1023-1040.
4. Величко Л. П. Проблемний експеримент як засіб формування навичок критичного аналізу в учнів. *Хімія: теорія та методика навчання*. 2022. Вип. 1 (7). С. 19-27.
5. Reiners, C. S. Thought Experiments in Chemistry Education: Fostering Abstract Reasoning and Critical Evaluation. *Chemistry Education Research and Practice*. 2021. Vol. 22, No. 4. P. 911-923. DOI: 10.1039/d1rp00034a.

## МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ ЗВ'ЯЗКИ «ХІМІЯ – БІОЛОГІЯ – ЕКОЛОГІЯ» ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ НАУКОВОЇ КАРТИНИ СВІТУ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ПРИРОДНИЧИХ НАУК

Дяченко-Богун М. М., Гомля Л. М., Шкура Т. В., Красовський В. В.,  
Рокотянська В. О., Сагайдак В. Р.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Формування цілісної природничо-наукової картини світу є стратегічним завданням сучасної педагогічної освіти. У період активного реформування середньої та вищої школи особливої ваги набуває підготовка вчителя, здатного працювати в умовах міжпредметної інтеграції та формувати в здобувачів освіти системне бачення природних процесів. Освітні трансформації вимагають переосмислення змісту професійної підготовки майбутніх педагогів з урахуванням потреб суспільства знань і принципів сталого розвитку.

Природничо-наукова картина світу (ПНКС) трактується як інтегральна модель реальності, що формується на основі узагальнення фундаментальних законів, теорій і принципів природничих наук [3]. Вона забезпечує світоглядну цілісність знань, сприяє встановленню внутрішніх зв'язків між фізичними, хімічними та біологічними явищами, а також формує науковий стиль мислення. Саме ПНКС визначає логіку інтерпретації природних процесів і виступає методологічною основою професійної діяльності вчителя.

Результати сучасних наукових досліджень підтверджують, що інтеграція природничо-наукових та екологічних знань є необхідною умовою формування наукового світогляду майбутнього педагога [2]. Міждисциплінарний підхід дозволяє забезпечити

цілісність змісту освіти, уникнути фрагментарності знань і створити підґрунтя для глибшого осмислення закономірностей розвитку природи. У цьому контексті підготовка вчителя має орієнтуватися не лише на засвоєння окремих дисциплін, а й на формування здатності інтегрувати знання в єдину концептуальну систему.

Екологія виступає провідною інтегративною галуззю, оскільки поєднує хімічні, біологічні, географічні та соціальні аспекти взаємодії людини й довкілля. Екологізація змісту навчальних дисциплін сприяє переходу до ноосферної моделі освіти, орієнтованої на сталий розвиток, відповідальне природокористування та формування екологічної культури особистості [5]. Такий підхід забезпечує не лише засвоєння системи знань, а й становлення ціннісних орієнтацій майбутнього вчителя, його готовність до реалізації принципів гармонійної взаємодії суспільства і природи у професійній діяльності.

Хімічний компонент інтеграції відіграє ключову роль у розкритті матеріальної основи природних процесів та явищ. Опанування знань про будову речовини, типи хімічного зв'язку, енергетичні зміни та закономірності перебігу хімічних реакцій формує у студентів здатність пояснювати складні біохімічні й екологічні процеси крізь призму причинно-наслідкових зв'язків. Такий підхід сприяє усвідомленню єдності живої й неживої природи та забезпечує наукову обґрунтованість екологічних висновків.

Особливе значення має вивчення біогеохімічних циклів, механізмів міграції хімічних елементів у біосфері, процесів антропогенного забруднення та впливу токсичних речовин на живі організми. Аналіз зазначених аспектів поглиблює розуміння глобальних екологічних проблем, формує екологічну компетентність майбутніх педагогів і стимулює розвиток критичного мислення щодо оцінювання ризиків техногенного впливу [6].

Водночас концепція «зеленої хімії» підсилює прикладну спрямованість професійної підготовки, акцентуючи увагу на принципах мінімізації відходів, раціонального використання ресурсів та створення безпечних для довкілля технологій. Орієнтація на ці принципи забезпечує формування відповідального ставлення до природокористування та готовності майбутнього вчителя впроваджувати екологічно доцільні рішення в освітній і просвітницькій діяльності.

Біологічний складник інтеграції забезпечує осмислення закономірностей функціонування живих систем на всіх рівнях їх організації — від клітинного до біосферного. Засвоєння положень учення про біосферу, колообіг речовин і потоки енергії, еволюційні механізми та адаптаційні стратегії організмів формує у студентів цілісне бачення розвитку та саморегуляції живої природи. Такий підхід дозволяє простежити взаємозалежність біотичних і абіотичних чинників, а також зрозуміти динамічний характер природних систем.

Поєднання біологічних знань із хімічними та екологічними створює методологічне підґрунтя для усвідомлення єдності природних процесів і взаємозв'язку між компонентами довкілля. Завдяки інтегративному підходу майбутній учитель набуває здатності аналізувати наслідки антропогенного впливу на біорізноманіття, оцінювати стійкість екосистем і формувати екологічно відповідальну позицію в професійній діяльності [2; 3].

Методологічною основою трансдисциплінарної інтеграції є загальні закони природи — збереження матерії та енергії, розвитку, еволюції й самоорганізації систем. Інтеграція цих універсальних закономірностей у зміст різних навчальних дисциплін забезпечує формування узагальнених світоглядних понять, що виконують інтегративну функцію та поєднують окремі фрагменти знань у цілісну систему. Саме через опору на

фундаментальні принципи природознавства досягається концептуальна єдність освітнього процесу та послідовність у формуванні наукового мислення.

Застосування причинно-системного та синергетичного підходів розширює методологічні можливості підготовки майбутніх учителів. Такі підходи сприяють усвідомленню взаємозумовленості природних явищ, розумінню механізмів самоорганізації складних систем та розвитку вмінь здійснювати міжпредметне перенесення знань. У результаті формується здатність до цілісного аналізу природних процесів і встановлення багаторівневих зв'язків між ними [5].

Практична реалізація інтегративного підходу у професійній підготовці майбутніх педагогів передбачає впровадження спеціальних курсів і модулів, спрямованих на формування природничо-наукової картини світу. Важливу роль відіграють кейс-метод, проблемне навчання, STEAM-технології, використання цифрових лабораторій та організація дослідницької діяльності студентів. Емпіричні дослідження підтверджують, що зазначені форми організації освітнього процесу підвищують рівень сформованості професійних компетентностей, розвивають критичне та системне мислення, а також забезпечують готовність майбутніх учителів до реалізації міждисциплінарних зв'язків у шкільній практиці [1; 6].

Отже, міждисциплінарні зв'язки «хімія – біологія – екологія» становлять концептуальне підґрунтя формування природничо-наукової картини світу майбутнього вчителя. Їх узгоджене поєднання в освітньому процесі забезпечує не фрагментарне засвоєння знань, а створення цілісної системи уявлень про закономірності функціонування природи. Такий інтегративний підхід сприяє глибшому розумінню взаємозалежності природних процесів і ролі людини в біосфері. Інтегративна підготовка майбутніх педагогів зумовлює становлення ноосферного типу мислення, орієнтованого на гармонізацію відносин між суспільством і довкіллям. Вона забезпечує розвиток екологічної відповідальності, формування ціннісних орієнтацій щодо сталого розвитку та готовність до розв'язання складних професійних завдань в умовах сучасних техногенних викликів.

#### **Список використаних джерел**

1. Бахмат Н. В., Романяк М. М. Сучасні тенденції викладання природничих дисциплін у закладах фахової передвищої та вищої освіти. Академічні візії. 2024. Вип. 30. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/268>.
2. Білецька Г. А., Назарко І. С. Інтеграція природничо-наукових та екологічних знань у процесі формування природничо-наукової картини світу в майбутніх вчителів природничих навчальних предметів. Інноваційна педагогіка. 2022. Вип. 49. Т. 1. С. 73–77.
3. Мартинюк М. Т., Підгорний О. В. Підготовка майбутніх учителів природничих спеціальностей до формування в учнів уявлень про сучасну наукову картину світу: теорія і методика : монографія. Бровари : АНФ ГРУП, 2024. 248 с.
4. Пайкуш М. А., Дольнікова Л. В., Гаврилюк М. В. Теоретичні засади інтегративного підходу до викладання природничих та спеціальних дисциплін у підготовці майбутніх лікарів. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. 2021. № 76. Т. 2. С. 163–168.
5. Поляков В. А., Колесник М. О., Жиденко А. О., Жара Г. І., Лісогор Т. М. Концепція універсальної освіти України: базові положення та методологічні орієнтири (проект). ВООісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки. 2018. Вип. 152. Т. 2. С. 203–214.

6. Сасевич О. В., Стець Н. В., Коптева С. Д., Борщевич Л. В. Формування наукової картини світу в процесі вивчення дисципліни «Викладання інтегрованого курсу хімії та екологічна безпека» у майбутніх вчителів хімії. Інноваційна педагогіка. 2023. Вип. 63. Т. 2. С. 26–29.

## **ВІД ТРАДИЦІЙНОГО УРОКУ ДО ДОСЛІДНИЦЬКОГО ПРОСТОРУ: ТРАНСФОРМАЦІЯ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ ХІМІЇ В 7-9 КЛАСАХ**

**Івашенко Н. В.**

Миколаївський заклад загальної середньої освіти I-III ступенів №3 Миколаївської міської ради Краматорського району Донецької області

Нова українська школа (НУШ) – це реформа в системі освіти України, спрямована на створення сучасного освітнього середовища, де акцент робиться на розвитку компетентностей учнів, їхній активній участі в освітньому процесі та формуванні навичок для життя в динамічному світі. Основні принципи (педагогіка партнерства, особистісно орієнтоване навчання, інтеграція знань) й засади НУШ закріплено в Законі України «Про освіту» від 05.09.2017 № 2145-VIII, який визначає освіту державним пріоритетом і регулює права та обов'язки учасників освітнього процесу [1]. Крім того, Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року, окреслює стратегічні напрями реформи, в тому числі й перехід до компетентнісного підходу та впровадження Державного стандарту базової середньої освіти (постанова КМУ від 30.09.2020 № 898) [2,3]. В цих документах зазначена необхідність оновлення методичних підходів до викладання природничих дисциплін, а також формування ключових компетентностей (наукове мислення, критичне оцінювання, екологічна свідомість тощо) з акцентом на практичну спрямованість.

Викладання хімії в базовій середній школі (7-9 класи) в контексті НУШ переходить від традиційного уроку, орієнтованого на пасивне засвоєння знань, до створення дослідницького простору, де учні активно експериментують, моделюють і застосовують знання в реальних ситуаціях. Цей факт набуває особливої актуальності для 7-8 класів, де хімія вводиться як окремий предмет або інтегрується в курс «Природничі науки». Також варто зазначити, що в 9 класі, де готується основа для профільної освіти, проведення навчальних досліджень формує у учнів компетентності, необхідні для вибору майбутньої освітньої траєкторії.

В статті розглядаються шляхи трансформації методичних прийомів, адаптованих до вимог реформи НУШ, основна мета яких – підвищення результативності навчання з акцентом на експериментальну діяльність, враховуючи використання цифрових платформ та віртуальних симуляцій.

У 7-8 класах НУШ викладання хімії ґрунтується на змісті модельних навчальних програм «Хімія. 7-9 класи» (автори Лашевська Г.А. або Григорович О.В.), які передбачають 2 години на тиждень, акцентують увагу на дослідницькій діяльності, моделюванні та проєктній роботі. Основні принципи, що забезпечують цілісний розвиток учнів, – це застосування компетентнісного, діяльнісного та інтегративного підходів у навчанні [4,5]. Інтеграція реальних і віртуальних експериментів, використання різноманітних цифрових платформ дозволяють реалізувати перехід від традиційного до дослідницького уроку та зробити навчання ефективним та мотивуючим.

Для формування дослідницьких навичок організовується проведення лабораторних і практичних робіт. Так, у 7 класі під час вивчення теми «Речовини та їх властивості» здобувачі освіти можуть проводити реальний експеримент з розділення сумішей: відстоювання солі від піску, фільтрування або випарювання. Учитель організовує групову роботу, де одна група досліджує розділення заліза від сірки за допомогою магніту, а інша – випарювання води з розчину солі. Така діяльність розвиває навички спостереження, аналізу та формулювання висновків і одночасно інтегрує знання з фізики про властивості магнітного поля. Для віртуальної альтернативи можна використовувати платформу PhET Interactive Simulations, де учні симулюють розділення сумішей у віртуальній лабораторії, спостерігаючи за процесами в реальному часі без ризику для здоров'я.

Ще один прийом, який сприяє засвоєнню знань в реальному контексті, – проектна діяльність. У 8 класі, вивчаючи тему «Хімічні реакції», учні можуть реалізувати проєкт «Екологічні наслідки горіння палива». Групи збирають дані про склад атмосфери, проводять реальний експеримент з горінням свічки (вимірювання маси до і після, демонструючи закон збереження маси), а для віртуальної частини – використовують ChemCollective Virtual Lab, де моделюють реакції горіння вуглеводнів і аналізують викиди  $\text{CO}_2$ . Проєкт завершується презентацією на платформі Mozaik Education, де учні дискутують екологічні аспекти, розвиваючи комунікативні компетентності. Це відповідає принципам НУШ, які наголошують на вмінні самостійного пошуку інформації та організації групової роботи.

Все більшої актуальності сьогодні набуває STEM-підхід (Science, Technology, Engineering, Mathematics), який інтегрує хімію з математикою, фізикою, технологіями тощо. Так, у 7 класі тема «Атоми та молекули» вивчається через створення 3D-моделей молекул простих і складних речовин за допомогою програмного забезпечення ChemDraw. Восьмикласники виконують груповий або індивідуальний проєкт з конструювання простого фільтра для очищення води, в якому тестують кислотність середовища за допомогою індикаторів. Якщо немає можливості провести це дослідження на практиці, то можна здійснити віртуальний експеримент на платформі Labster. Тренуючись розраховувати концентрації розчинів, учні поєднують вивчення хімії з розв'язанням математичних задач. Цифрові платформи, такі як Всеукраїнська школа онлайн та E-Chemistry.co.ua, надають готові модулі для подібних занять, роблячи навчання динамічним і доступним у будь-якому форматі.

З впровадженням реформи старшої школи виокремилися основні перспективи розвитку методичних підходів викладання хімії у 9 класі, які спрямовані на поглиблення знань і підготовку до вибору майбутнього профілю. Особливий акцент робиться на модернізацію шкільних лабораторій та розвиток STEM-освіти, що створює можливості для впровадження сучасних цифрових інструментів і рішень, особливо в умовах дистанційного та змішаного навчання. Завдяки таким змінам викладання хімії в 9 класі ще активніше перетворюється з традиційного уроку в справжній дослідницький простір, де учні мають змогу проводити більше практичних і модельованих експериментів, працювати з віртуальними лабораторіями та глибше занурюватися в наукове дослідження.

Одними з перспективних прийомів є проблемне навчання та «перевернутий клас». Так, вивчаючи розділ «Органічна хімія», учні вдома переглядають відео з заданої теми, а на уроці розв'язують проблеми хімічного та екологічного змісту (синтез полімерних сполук, захист довкілля від викидів органічного походження тощо). Реальний експеримент

з полімеризацією (створення слизу з клею та борної кислоти) доповнюється віртуальним на Virtual Lab (ChemCollective), де здобувачі освіти моделюють реакції розчинів.

Прогресивним напрямком в розвитку компетентностей здобувачів освіти є розширення дослідницької діяльності з елементами реального наукового дослідження. Учні можуть проводити проєкти з аналізу якості води в місцевій водоймі, використовуючи портативні набори для тестування рН і нітратів (реальний експеримент), а для віртуальної частини – платформу Wordwall для інтерактивних вправ або Labster для симуляцій.

Також планується посилення інтеграції з предметом «Захист України», де програма з хімії містить теми про хімічний захист (реакції нейтралізації) з віртуальними моделями на Mozaik Education.

Отже, реформа Нової української школи перетворює урок хімії з пасивного засвоєння фактів на активний дослідницький процес. Діяльнісний підхід дозволяє учням 7–8 класів через реальні та віртуальні експерименти розвивати наукове мислення та вміння аналізувати явища. Проєктна діяльність, підтримана платформами на кшталт Mozaik Education, пов'язує хімічні знання з повсякденним життям і екологічними проблемами, значно підвищуючи мотивацію школярів. Інтеграція STEM-інструментів (ChemCollective, Labster) та перспективне використання цифрових платформ у 9 класі готує учнів до самостійного наукового пошуку й викликів сучасного світу. У підсумку, методичні зміни НУШ формують покоління творчих особистостей, здатних не лише розуміти хімію, а й застосовувати хімічні знання на практиці в справжньому дослідницькому просторі.

#### Список використаних джерел

1. Закон України «Про освіту» від 05.09.2017 № 2145-VIII (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 грудня 2016 р. № 988-р «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80>
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898 «Про затвердження Державного стандарту базової середньої освіти». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF>
4. Лашевська Г. А. Модельна навчальна програма «Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (затверджена наказом МОН України від 16.08.2023 № 1001). URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Pryrodnycha.osvitnya.haluz.2023/Khimiya.7-9.klas.Lashevskaya.18.08.2023.pdf>
5. Григорович О. В. Модельна навчальна програма «Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (затверджена наказом МОН України від 27.12.2023 № 1575). URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Pryrodnycha.osvitnya.haluz.2023/Khimiya.7-9.klas.Hryhorovych.29.12.2023.pdf>

# **ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

**Ковальчук І. С.**

Житомирський базовий фармацевтичний фаховий коледж Житомирської обласної ради  
Житомирський кооперативний фаховий коледж бізнесу і права

Академічна доброчесність, її поширення, популяризація та підтримка є актуальною темою і проблемою для всього світу. Окреслене питання сьогодні має дуже велике значення і в освітньому процесі. Кожен, хто має відношення до освітнього закладу, повинен пам'ятати про моральні норми та доброчесність.

Академічна доброчесність – це сукупність етичних цінностей, принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та наукових досягнень [2, 3].

В основі академічної доброчесності лежить чесність, порядність у виконанні своїх обов'язків, довіра, справедливість, повага та відповідальність. Тому виховання цих якостей у студентської молоді є першочерговим завданням як кураторів академічних груп, так і викладачів коледжу.

Формування норм академічної доброчесності у здобувачів освіти в процесі вивчення хімічних дисциплін здійснюється при проведенні навчальних занять (лекційних, лабораторних, практичних), здійсненні позааудиторної роботи (тижні науки хімія, олімпіади, вечори, профорієнтація та ін.), організації наукової роботи здобувачів та діяльності студентського наукового товариства (участь у міжнародних та всеукраїнських студентських науково-практичних конференціях, написання статей, тез доповіді).

Дотриманню вимог академічної доброчесності здобувачами освіти на лабораторних заняттях з хімічних дисциплін сприяє укомплектування кожного робочого місця усім необхідним обладнанням, допоміжним приладдям, набором реактивів. У всіх здобувачів в наявності лабораторний журнал, інструктивні матеріали, де зазначено методики проведення хімічних досліджень на вивчення хімічних властивостей речовин, реакцій ідентифікації певних йонів та сполук.

Використання професійно-орієнтованих завдань, лабораторних досліджень, розв'язування кейсів, усні презентації, проекти, різноманітні методи оцінювання зменшують ризик списування та сприяють самостійному виконанню навчальних завдань, завдань поточного, підсумкового контролю результатів навчання. Важливим є визначити чіткі правила щодо списування, фабрикації даних тощо.

Організація пошукової, науково-дослідної роботи відбувається з дотриманням норм законодавства про авторське право і суміжні права. У здобувачів освіти формуються навички коректного цитування, використання антиплагіатських систем та цифрових інструментів для перевірки робіт. У разі використання чужих ідей, розробок здійснюється посилання на джерела інформації. Підтримка академічної доброчесності підвищує якість освіти та наукових досліджень, формує культуру відповідальності та чесності, готує здобувачів до майбутньої професійної діяльності [1].

Викладачі хімічних дисциплін мають на власному прикладі прищеплювати здобувачам розуміння важливості дотримання правил академічної доброчесності, здійснювати контроль за дотриманням норм доброчесності на заняттях, демонструвати

добросесність у своїй діяльності [1, 4]. Це досягається шляхом розробки авторських програм, текстів лекцій, лабораторних журналів, інструктивних карток, завдань, кейсів, навчально-методичних посібників, навчально-методичних рекомендацій самостійної роботи, що унеможлиблює виникнення плагіату.

Таким чином, у процесі навчання хімії, зокрема обговоренні проблемних питань, результатів досліджень, розв'язуванні розрахункових, ситуаційних задач, проведенні різноманітних позанавчальних заходів: олімпіад, участі у студентських конференціях у здобувачів освіти формується:

- потреба поважати честь і гідність інших осіб;
- відповідальне ставлення до своїх обов'язків, що включає вчасне та добросовісне виконання навчальних завдань, вміння ефективно розподіляти час на пошук і вивчення інформаційних та навчальних матеріалів;
- здатність займатись самостійною роботою, опрацьовуючи навчальні посібники, методичні рекомендації, додаткові літературні джерела;
- спроможність використовувати в науковій та дослідницькій роботі лише достовірні джерела інформації та завжди посилатися на них,
- звичка надавати для оцінювання лише самостійно виконані роботи, адекватно оцінювати власну поведінку на занятті, у колективі та закладі освіти;
- відповідальність за кожне судження, здійснені вчинки, результат діяльності;
- негативне ставлення до проявів академічної недобросесності (списування, використання заборонених джерел інформації, відсутність на заняттях без поважної причини, запізнення тощо).

Отже, добросесність є запорукою досягнення мети освітнього процесу. А формування академічної добросесності та закріплення її норм у поведінці молоді людини в коледжі закладає базу соціально відповідальної поведінки здобувачів освіти і після закінчення закладу фахової передвищої освіти.

#### Список використаних джерел

1. Академічна добросесність в епоху штучного інтелекту : матер. Всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації, м. Львів, 27 січня – 9 березня 2025 року. Львів – Торунь : Liha Pres, 2025. 208 с.
2. Про академічну добросесність: Закон України від 18 грудня 2025 року № 4742-IX [online]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4742-20#Text> (дата звернення 15.02.2026).
3. Про освіту: Закон України від 5 вересня 2017 року № 2145-VIII (редакція від 01.01.2026, підстава – 4695-IX). [online]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення 10.02.2026).
4. Shynkaruk, O. (2025). Fostering a culture of academic integrity among higher education students. *Humanities Studios: Pedagogy, Psychology, Philosophy*, 13(3), 9-22. doi: 10.31548/hspedagog/3.2025.9.

# ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНА ХІМІЯ ЯК ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Колінько М. А.

Полтавський національний педагогічний університет В. Г. Короленка

У нинішніх умовах людству є характерне загострення екологічних проблем, зумовлених інтенсивним промисловим виробництвом, надмірним використанням природних ресурсів, накопиченням небезпечних відходів та забрудненням водоймів, ґрунтів і повітря. У таких умовах особливої актуальності набуває концепція сталого розвитку, яка прагне рівномірно поєднувати економічний розвиток, добробут людства та збереження екології. Важливу роль у реалізації цього відіграє екологічно орієнтована хімія, її метою є зменшення негативного впливу хімічної діяльності на довкілля і здоров'я людини.

Екологічно орієнтована хімія (“зелена” хімія) є сучасним науково-практичним напрямом, основною метою якого є розробка хімічних процесів і продуктів, що зменшують або повністю прибирають використання токсичних речовин і утворення небезпечних відходів. Вона спирається на принципи раціонального використання сировини, раціональне використання енергії, зниження рівня забруднення та заміни шкідливих реагентів на екологічно безпечні альтернативи.

Одним із ключових принципів екологічно орієнтованої хімії є попередження забруднення навколишнього середовища ще на етапі проектування хімічних процесів. На відміну від традиційних підходів, що зосереджуються переважно на очищенні вже утворених відходів, “зелена” хімія орієнтується на запобігання їх виникненню шляхом удосконалення хімічних реакцій, підвищення їх ефективності та зменшення кількості побічних продуктів. Підходи екологічно орієнтованої хімії спрямовані на перехід від переробки забруднень до застосування альтернативних хімічних виробничих процесів. Доцільним є вдосконалення не лише технологій, а й зменшення кількості виробничих стадій, що призводить до зменшення енергетичних витрат і, відповідно, підвищує ефективність виробництва з економічної та екологічної позицій. “Зелена” хімія ґрунтується на відмові від шкідливих речовин і на розробленні процесів одержання необхідних сполук, безпечних на всіх етапах виробництва [3]. Такий підхід дозволяє одночасно зменшити екологічне навантаження, підвищити безпеку виробництва та забезпечити його відповідність принципам сталого розвитку.

Також важливе значення екологічно орієнтована хімія має для підприємств різних типів. Забруднення повітря, води та ґрунтів продуктами виробництва може негативно впливати на здоров'я людини. Зокрема серед таких підприємств можна виділити фармакологічні підприємства, оскільки виробництво лікарських засобів часто пов'язане з використанням токсичних реагентів і утворенням значної кількості шкідливих викидів. Тому ключовими напрямками, які розглядає екологічно орієнтована хімія у фармакології, є використання екологічно безпечних розчинників і каталізаторів у хімічному синтезі, застосування енергоефективних і низьковуглецевих виробничих процесів, використання біотехнологічних підходів до створення активних фармацевтичних інгредієнтів, удосконалення пакувальних матеріалів з урахуванням можливості вторинного використання, а також створення систем екологічно безпечної переробки фармацевтичних відходів і організація належного збору прострочених лікарських засобів у закладах охорони здоров'я та аптеках [2].

Система освіти відіграє особливу роль у поширенні концепцій “зеленої” хімії, оскільки саме освітній процес розвиває екологічну свідомість та відповідальну поведінку щодо природи, а також розуміння необхідності сталого розвитку. В рамках програми «Нова українська школа» дітей слід навчати екологічній компетентності, щоб забезпечити розуміння того, як хімія в різних аспектах життя впливає на різні фактори життя на навколишнє середовище.

Особливу роль у поширенні ідей екологічно орієнтованої хімії відіграє система освіти, адже саме через освітній процес формується екологічна свідомість та відповідальне ставлення до природи. Під час впровадження програми Нової української школи було виділено екологічну компетентність, як обов'язковий елемент, який мають засвоїти учні. Саме ця компетентність дозволяє зрозуміти дітям як хімія впливає на довкілля та яку роль у зменшенні цього впливу відіграє екологічно орієнтована хімія. Тож основну роль в утворенні екологічної компетентності належить школі, адже саме в цьому віці у дітей закладаються основи екологічної культури, екологічного мислення та цілісного світогляду [1]. Вивчення основ “зеленої” хімії у школах сприяє розумінню зв'язку між хімічними процесами, станом довкілля та здоров'ям людини, а також підготовці майбутніх фахівців, здатних приймати екологічно орієнтовані рішення й застосовувати безпечні технології відповідно до сучасних вимог суспільства та ринку праці.

Отже, екологічно орієнтована хімія є одним з основних напрямків реалізації концепції сталого розвитку, що поєднує науковий прогрес із турботою про довкілля та здоров'я людини. Її впровадження у промисловість і, зокрема, в освітній процес створює умови для формування екологічно відповідального суспільства, здатного забезпечити сталий розвиток і збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

#### **Список використаних джерел**

1. Величко, Р. М. До питання про екологічну грамотність та екологічну компетентність учнів Нової української школи. *Серія «Полтавська макаренкіана» Випуск 4*, 108.
2. Заградська, О. Л.; Борисюк, І. Ю.; Смирнова, Г. В. Розвиток екологічно безпечних технологій у фармацевтичному виробництві (ЗЕЛЕНА ФАРМАЦІЯ). In: *The 2<sup>nd</sup> International scientific and practical conference “Innovations of modern science and education” (October 29-31, 2025) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2025. 734 p. 2025. p. 273.*
3. Стеценко, Наталія Олександрівна; Бублієнко, Наталія Олександрівна. *Тенденції зеленої хімії у контексті концепції сталого розвитку*. 2023. PhD Thesis.

## **ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ НА УРОКАХ ХІМІЇ В ОСНОВНІЙ ШКОЛІ**

**Кравченко Л. В.**

Гадяцький ліцей № 3 імені Івана Виговського Гадяцької міської ради

На сьогодні особливого значення набуває екологія як наукова основа раціонального природокористування, охорона живих організмів. Саме тому, важливим аспектом на уроках хімії у 7-9 класах є формування специфічних навичок поведінки з речовинами, вмінь грамотно застосовувати знання з хімії на практиці, вміти передбачати найближчі та

віддалені наслідки своїх дій у довкіллі [1]. Розуміння хімічної картини світу, вміння оцінювати роль хімії у виробництві та житті людини – це надзвичайно важливі аспекти на сьогоднішньому етапі життя.

Варто зазначити, що формування компетентностей з хімії в умовах НУШ передбачає насамперед перехід від засвоєння теоретичних знань до практичного застосування їх, навичок екологічної грамотності та дослідницьких вмінь [3]. На мій погляд, досить ефективно це вдається досягти через упровадження проектної діяльності, експериментальної діяльності, розв'язування життєвих ситуативних задач, використання цифрових технологій та STEM-підходу під час вивчення навчального матеріалу. Все це забезпечує підвищення мотивації до навчання та сприяє розумінню ролі хімії в житті. До основних складових формування компетентностей слід віднести природничу компетентність (сприяти розвитку допитливості здобувачів освіти, навичок здійснювати спостереження, формулювати гіпотези, проводити експеримент), екологічної грамотності (усвідомлення причинно-наслідкових зв'язків у природі, безпечного поводження із засобами побутової хімії, навичок підтримки сталого розвитку), дослідницька компетентність (основана на використанні методів наукового пізнання, упровадження і проведення міні-практикумів, експериментаріумів, лабораторного дослідження). Переконана, що формування компетентностей у здобувачів освіти в сучасних умовах має бути спрямованим на підготовку їх до свідомого життя, де знання з хімії слугуватимуть інструментом для розв'язання реальних проблем.

Саме тому з курсу хімії 7-9 класів НУШ надзвичайно важливо грамотно застосовувати знання з хімії у спілкуванні із природою, показати гуманістичну спрямованість хімії, її роль у розв'язанні глобальних екологічних проблем людства (включаючи захист довкілля від забруднення промисловими та побутовими відходами) [4].

До основних компонентів екологічної культури особистості належать екологічні знання, екологічно виправдана поведінка, почуття любові до природи рідного краю.

Надзвичайно важливим є те, що сучасна екологічна освіта має спиратися на знання здобувачів освіти з хімії. Адже саме на уроках хімії вони вчать розуміти роль хімічних факторів, які впливають на природу та здоров'я людини, обґрунтовувати і відстоювати свою позицію, що зумовлюють формування екологічно грамотної поведінки особистості [3]. Окрім того, уроки хімії у 7-9 класах сприяють формуванню життєвої та соціальної компетентностей здобувачів освіти, включаючи екологічну грамотність та навички безпечного поводження з речовинами у побуті та на виробництві. Переконана, що екологічно грамотна особистість повинна мати екологічний тип мислення (а саме: вміти встановлювати причинно-наслідкові зв'язки сучасних екологічних проблем, вміти прогнозувати екологічні наслідки антропогенної діяльності) [2, 5].

Переконана, що упровадження екологічної освіти на уроках хімії в основній школі сприяє вихованню свідомих, відповідальних громадян, які чітко усвідомлюють свою роль у збереженні довкілля, готові застосовувати знання з хімії для покращення стану довкілля рідного краю [4].

Адже саме хімія відіграє важливу роль у формуванні екологічної грамотності здобувачів освіти. Саме на уроках хімії у 7-9 класах здобувачі освіти навчаються розуміти складні екологічні процеси, вплив речовин на довкілля та опановують принципи сталого розвитку [1].

На уроках уроках хімії у 7-9 класах школярі здобувають знання про безпечне поводження з хімікатами, а це в свою чергу допомагає їм усвідомити наслідки забруднення довкілля. Все це сприяє формуванню у здобувачів освіти відповідального ставлення до природи рідного краю.

Вважаю, що екологічне виховання підростаючого покоління буде більш ефективним, якщо на уроках хімії у 7-9 класах застосовувати тестові завдання, задачі, навчальні кейси екологічного змісту на різних етапах вивчення теми. Досить ефективним у формуванні екологічної грамотності здобувачів освіти на уроках хімії у 7-9 класах є використання активних та інтерактивних форм і методів навчання. Слід відзначити, що наскрізна лінія «Екологічна безпека і сталий розвиток» сприяє підсиленню формуванню у здобувачів освіти соціальної активності, відповідальної та екологічно свідомої поведінки [4].

На мій погляд, розв'язування творчих завдань, що включають елементи пошукової, дослідницької діяльності, STEM- підходів, екологічного моделювання та прогнозування, вирішення ситуативних завдань сприяють формуванню у здобувачів освіти навичок емоційно-ціннісного ставлення до природи.

Дбаючи про формування екологічної грамотності на уроках хімії у 7-9 класах НУШ варто звертати увагу на такі аспекти, як екологічний моніторинг, сталий розвиток, «зелена хімія», вивчення джерел забруднення довкілля. У ході вивчення впливу промисловості та побутових відходів, а саме: кислот, лугів, важких металів на живі організми можна формувати екологічне мислення у підростаючого покоління [3].

Варто відзначити і той факт, що у ході опанування принципів зниження небезпеки хімічних продуктів та процесів виникнення можливості приймати екологічно обґрунтовані рішення. Надзвичайно важливо залучати здобувачів освіти 7-9 класів до дослідницької діяльності, вивчення стану природного середовища, аналізу якості води, ґрунту, повітря [2].

Переконана, що формування навичок раціонального використання природних ресурсів, усвідомлення екологічних ризиків є важливим аспектом формування екологічної грамотності підростаючого покоління.

Надзвичайно важливо під час уроків хімії та в позакласній діяльності проводити практичні заняття щодо аналізу токсичності речовин, навчити визначати, порівнювати та аналізувати рівень рН-середовища речовин (а саме: ґрунту, води). Не менш вагомим значення має і проєктна діяльність на уроках хімії у 7-9 класах. Адже в ході такої роботи можна провести дослідження впливу засобів побутової хімії на екосистему, розробити план заходів щодо переробки (утилізації) сміття. Для розуміння цілісної картини екологічної проблеми свого регіону важливо інтегрувати хімії, біологію та екологію.

Як показали результати, формування екологічної грамотності здобувачів освіти перетворює хімію з науки про «небезпечно» на інструмент для захисту довкілля. Досить ефективним є упровадження на уроках хімії у 7-9 класах інтелектуального кафе, дискусій, ділових ігор, навчальних проєктів на екологічні теми.

Слід відзначити, що використання компетентісно-орієнтованих завдань екологічного змісту на уроках хімії сприяє розвитку не лише предметних компетентностей здобувачів освіти, але й екологічної грамотності.

Вважаю, що діяльнісний підхід на уроках хімії у 7-9 класах сприяє формуванню вмінь та навичок володіння хімічною мовою, пояснень природних явищ з погляду хімії, бережливого ставлення до природи рідного краю [2].

З метою формування у здобувачів освіти відповідального ставлення, свідомого розуміння проблеми доцільно на уроках хімії у 7-9 класах упроваджувати навчальні проекти на екологічну тематику, а саме: дослідження якості води, аналіз складу повітря, оцінка вмісту шкідливих речовин у побутових засобах.

Варто відзначити той факт, що важливу роль у формуванні екологічної грамотності здобувачів освіти відіграють і практико-орієнтовані проекти з хімії. Робота над проектами сприяє розвитку вміння шукати рішення для мінімізації використання пластику, виробництва біопластику, навичок командної роботи, розвитку аналітичних здібностей, критичного мислення, вміння шукати рішення для розв'язання екологічних викликів сьогодення.

Слід відзначити і той факт, що використання засобів ІКТ у ході вивчення хімії у 7-9 класах є важливим аспектом з метою формування у підростаючого покоління природничо-наукової компетентності [4].

На уроках хімії намагаюся упроваджувати завдання, що спрямовані на формування навичок самостійної роботи здобувачів освіти з інформацією, засвоєння норм етичного та естетичного ставлення до природи, до людини та її здоров'я.

З метою формування екологічної грамотності у підростаючого покоління важливо забезпечити реалізацію таких трьох аспектів як позитивна мотивація (пов'язати теми із щоденним життям), діяльнісний підхід (залучення здобувачів освіти до активного виконання практичних завдань), безпека (дотримання правил при роботі з хімічними речовинами).

#### **Список використаних джерел**

1. Величко О.М. Методи і прийоми для реалізації компетентнісного підходу на уроках хімії/ О.М. Величко// Тенденції і проблеми розвитку сучасної хімічної освіти: збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції. Івано-Франківськ, 2019, С.118-122.
2. Вороненко Т.І. Наскрізнi змістові лінії в курсі хімії основної школи «Екологічна безпека і сталий розвиток»/ Т.І. Вороненко// Біологія і хімія в рідній школі.2018. №4. С.12-14.
3. Дідусь Г.В., Лукашова Н.І. Особливості екологічної складової у змісті шкільної хімічної освіти/ Г.В. Дідусь, Н.І. Лукашова// Збірник статей «Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії» (м. Ніжин, 12 квітня 2018). Ніжин: Вид-во НДУ ім. М.В. Гоголя, 2018. С.54-56.
4. Макєєв С.Ю., Свєчнікова О.М. Розробка й упровадження ІКТ до уроків хімії у навчальний процес/С.Ю. Макєєв, О.М. Свєчнікова// Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку: зб. матеріалів II Міжнар. наук.-практ. конф. Вінниця: ВДПУ імені Михайла Коцюбинського, 2020. С.54-56.
5. Формування екологічної компетентності школяра в умовах Нової української школи: метод. збірник для організації роботи з питань екологічної освіти та виховання в закладах освіти/ уклад. Т.В. Круть: за ред. О.В. Гусак. Запоріжжя: ТОВ «МПС», 2019. С.47-49.
6. Щербина А.П., Щербина В.М. Екологічне виховання учнів на уроках хімії та в позакласній роботі/ А.П. Щербина, В.М. Щербина// Наукові записки Ніжинського державного університету ім. М.В. Гоголя. Сер.: Психолого-педагогічні науки, 2012. №1. С.118-122.

## **ЗМІШАНЕ НАВЧАННЯ ЯК СУЧАСНА ФОРМА ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ХІМІЇ У ЗЗСО**

**Криворучко А. В., Шиян Н. І., Стрижак С. В., Куленко О. А.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасні трансформації освітнього простору, зумовлені цифровізацією, змінами в запитах суспільства та потребами здобувачів освіти, актуалізують пошук інноваційних форм організації навчального процесу. Особливої значущості це набуває у викладанні хімії, що поєднує теоретичну підготовку з експериментальною та дослідницькою діяльністю. В умовах зростання ролі цифрових технологій змішане навчання постає як ефективний інструмент інтеграції традиційних і електронних освітніх ресурсів, забезпечення гнучкості та індивідуалізації навчання.

Аналіз літератури засвідчує стійкий інтерес науковців до проблематики змішаного навчання. У працях вітчизняних дослідників Ю. Триуса [1], Н. Морзе [2], В. Кухаренка [3], С. Литвинової [4], змішане навчання розглядається не як механічне поєднання онлайн- та офлайн-форм, а як цілісна педагогічна система, що передбачає трансформацію цілей, змісту, методів і засобів навчання. Дослідники наголошують на зміні ролі вчителя, який стає фасилітатором і тьютором освітнього процесу, та активізації позиції учня як суб'єкта власної навчальної діяльності.

Метою статті є теоретичне обґрунтування реалізації змішаного навчання як інноваційної форми організації освітнього процесу та визначення дидактичних можливостей його моделей у навчанні хімії.

Змішане навчання поєднує переваги традиційного аудиторного навчання з можливостями онлайн-середовища, забезпечуючи гнучкість освітнього процесу, інтерактивність взаємодії та персоналізацію навчання. Воно створює умови для варіативності освітніх траєкторій, дає змогу здобувачам освіти навчатися у власному темпі, сприяє розвитку навичок самостійної пізнавальної діяльності, критичного мислення та рефлексії.

Важливим дидактичним потенціалом змішаного навчання є можливість реалізації компетентнісного підходу. Активне використання цифрових платформ, інтерактивних навчальних ресурсів, віртуальних лабораторій і симуляторів значно розширює можливості вивчення хімії, зокрема у формуванні дослідницьких умінь, критичного та наукового мислення учнів.

Реалізація змішаного навчання у викладанні хімії сприяє:

- глибшому осмисленню теоретичних понять (будова атома, хімічний зв'язок, хімічна кінетика, термохімія) через використання візуалізацій, анімацій і цифрових моделей;
- підвищенню якості експериментальної підготовки завдяки поєднанню реального й віртуального експерименту;
- формуванню навичок безпечної роботи з хімічними речовинами шляхом попереднього онлайн-опрацювання алгоритмів і техніки безпеки;
- розвитку дослідницької та проєктної компетентностей через виконання навчальних і міні-дослідницьких проєктів.

Реалізація змішаного навчання включає чотири основні моделі: ротаційну модель, гнучку модель, модель самостійного змішування, віртуально-збагачену модель [1-3]. Кожна з них має власні дидактичні переваги та може бути адаптована до навчання хімії залежно від цілей та змісту навчання.

Найбільш ефективною для хімічної освіти є ротаційна модель, зокрема її підмоделі «перевернуте навчання» та «зміна станцій». Вони забезпечують оптимальний баланс між аудиторною та онлайн-роботою, поєднання теоретичного матеріалу з практичною діяльністю, використання традиційних і цифрових засобів навчання.

Підмодель «перевернуте навчання» дозволяє винести опрацювання теоретичного матеріалу (відеолекції, інтерактивні презентації, симуляції хімічних процесів) в онлайн-середовище, а аудиторний час використати для розв'язування задач, аналізу експериментальних даних, виконання досліджень, лабораторних і практичних робіт. Такий підхід сприяє переходу від репродуктивного засвоєння знань до діяльнісного та дослідницького навчання.

Підмодель «зміна станцій» є ефективною під час вивчення тем, що потребують різнорівневої підготовки та диференціації навчання. Учні по черзі працюють на різних станціях:

- експериментальній (виконання лабораторного дослідження);
- цифровій (робота з віртуальною лабораторією або симулятором);
- аналітичній (розв'язування задач, аналіз рівнянь реакцій);
- рефлексійній (самооцінювання та обговорення результатів).

Змішане навчання у викладанні хімії створює умови для індивідуалізації освітнього процесу, урахування рівня підготовки учнів, їхніх пізнавальних інтересів і темпу навчання. Воно також сприяє формуванню ключових компетентностей, зокрема інформаційно-цифрової, уміння навчатися впродовж життя, критичного мислення та екологічної грамотності, що відповідає сучасним вимогам до природничої освіти.

Змішане навчання доцільно розглядати як сучасну форму організації освітнього процесу, що забезпечує ефективну інтеграцію аудиторного та онлайн-компонентів навчання. Воно сприяє підвищенню мотивації та залученості здобувачів освіти, розширює можливості індивідуалізації й диференціації навчання, формує підґрунтя для розвитку ключових і предметних компетентностей. Використання ротаційної моделі змішаного навчання у викладанні хімії, створює умови для цілісного поєднання теорії та практики й відповідає сучасним вимогам до якості природничої освіти.

### **Список використаних джерел**

1. Триус Ю. В., Герасименко І. В. Комбіноване навчання як інноваційна освітня технологія у вищій школі. Теорія та методика електронного навчання: збірник наукових праць. Випуск III. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НметАУ. – 2012. С. 299-308.
2. Морзе Н. В. Дистанційна технологія як основа сучасних інформаційних технологій у навчанні. Нові технології навчання: збірник наукових праць. – Вінниця: Академія педагогічних наук України; Вінницький соціально-економічний інститут університету «Україна». 2011. Вип. 30. С. 32-42.
3. Теорія та практика змішаного навчання : монографія / В.М. Кухаренко, С.М. Березенська, К.Л. Бугайчук, Н.Ю. Олійник, Т.О. Олійник, О.В. Рибалко, Н.Г. Сиротенко, А.Л. Столяревська; за ред. В.М. Кухаренка - Харків: «Міськдрук», НТУ «ХП», 2016. - 284 с.
4. Литвинова С.Г. Проектування хмароорієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 354 с.

# ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОЇ ХІМІЇ ЯК СТРАТЕГІЧНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Куленко О. А., Стрижак С. В., Криворучко А. В.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Екологічні проблеми – це ситуації, коли діяльність людини вступає в конфлікт із можливостями природи самовідновлюватися. Ми споживаємо ресурси швидше, ніж планета їх виробляє, і створюємо відходи швидше, ніж вона може їх переробити. ми вже порушили більшість із них: зміна клімату, втрата цілісності біосфери та забруднення новими хімічними речовинами. Значна кількість екологічних проблем мають «накопичувальний ефект». Те, що ми викидаємо в атмосферу чи воду сьогодні, може проявитися через роки. Це створює ілюзію безпеки: здається, що все гаразд, хоча механізм екологічної кризи вже запущено. Протягом декількох останніх десятиліть біосфера нашої планети отримала значну кількість екологічних проблем:

- атмосфера: забруднення, фотохімічний смог, кислотні дощі, деградація озонового шару, глобальна зміна клімату;
- гідросфера: забруднення, нестача прісної води;
- ґрунт: забруднення, зниження родючості;
- енергетика: енергетична криза, викопне паливо, джерела енергії, які не можна відновити;
- природні ресурси: виснаження, переробка вторинних матеріалів;
- народонаселення: контроль чисельності, проблема голоду, здоров'я і медична хімія.

Неможливість їхнього швидкого розв'язання призвела до виникнення поняття «зелена хімія», яке являє собою свого роду філософію [2]. Зелена хімія (Green Chemistry) – науковий напрямок, до якого можна віднести будь-яке удосконалення хімічних процесів, яке має позитивний вплив на навколишнє середовище. Являє собою синтез хімії (органічної, неорганічної, аналітичної, фізичної, біохімії), біотехнології та технології. Найбільше концентрується на вирішенні промислових задач, а тому має відношення до вибору хімічних процесів, що будуть використовуватися у хімічній технології [3, 6].

Це принципово новий інноваційний підхід до скорочення чи повної відмови від використання небезпечних та токсичних хімічних речовин. Це вдумливий відбір вихідних матеріалів і схем процесів, який взагалі виключає використання шкідливих речовин. Також цей напрямок полягає у використанні чистих, ресурсо- та енергозберігаючих промислових процесів, що менше забруднюють навколишнє середовище. При цьому підході виробники беруть на себе відповідальність за вироблену продукцію.

Таким чином, зелена хімія – це свого роду мистецтво, що дозволяє не просто отримати потрібну речовину, але отримати її таким шляхом, який, в ідеалі, не шкодить навколишньому середовищу на всіх стадіях свого виробництва [1, 6]. У 1998 році Пол Анастас і Дж. С. Уорнер у своїй книзі «Зелена хімія: теорія і практика» сформулювали дванадцять принципів «зеленої хімії», якими слід керуватися дослідникам, що працюють у цій галузі:

1. Краще запобігти втратам, ніж переробляти і очищувати відходи.
2. Методи синтезу треба обирати таким чином, щоб всі матеріали, використані в процесі, були максимально переведені в кінцевий продукт.
3. Методи синтезу по можливості слід обирати так, щоб вихідні і синтезовані

речовини були якомога менш шкідливими для людини і навколишнього середовища.

4. Створюючи нові хімічні продукти, потрібно зберегти ефективність роботи, досягнувши раніше, при цьому токсичність повинна зменшуватися.
5. Допоміжні речовини під час виробництва, такі, як розчинники, краще не використовувати зовсім, а якщо це неможливо, їхнє використання повинно бути нешкідливим.
6. Обов'язково слід враховувати енергетичні витрати та їхній вплив на навколишнє середовище і вартість продукту. Синтез по можливості треба проводити за температури, близької до температури навколишнього середовища, і за атмосферного тиску.
7. Вихідні і необхідні матеріали повинні бути поновлюваними у всіх випадках, коли це технічно і економічно вигідно.
8. Де можливо, треба уникати отримання проміжних продуктів.
9. Завжди слід віддавати перевагу каталітичним процесам (по можливості найбільш селективним).
10. Хімічний продукт повинен бути таким, щоб після його використання він не залишався в навколишньому середовищі, а розкладався на безпечні продукти.
11. Потрібно розвивати аналітичні методики, щоб можна було стежити в реальному часі за утворенням небезпечних продуктів.
12. Речовини і форми речовин, що використовуються у хімічних процесах, потрібно обирати таким чином, щоб ризик хімічної небезпеки, включаючи витік, вибух і пожежу, були мінімальними [3, 6].

Послідовне використання принципів зеленої хімії призводить до зниження витрат на виробництво, хоча б тому, що не потрібно вводити стадії знищення та переробки шкідливих побічних продуктів, використаних розчинників та інших відходів, – оскільки їх просто не утворюється. Скорочення числа стадій веде до економії енергії, і це теж позитивно позначається на екологічній і економічній оцінці виробництва [1]. Шляхи, якими вже зараз рухається зелена хімія, можна згрупувати в три великі напрямки:

- 1) нові шляхи синтезу (реакції з застосуванням каталізатора, який знижує енергетичний бар'єр реакції, тому ступінь використання реагентів збільшується), використання локальних джерел енергії для активації молекул (фотохімія, мікрохвильове випромінювання), що дозволяє знизити витрати енергії;
- 2) відновні вихідні речовини (використання біомаси (відходів сільського господарства, побутового сміття), а не нафти в якості сировини);
- 3) заміна традиційних органічних розчинників (найчастіше на надкритичні рідини (флюїди), які виконують функції розчинників та безпечні для навколишнього середовища: CO<sub>2</sub>, вода, амоніак тощо), реакції окиснення в надкритичній воді та водній емульсії, реакції без розчинників, використання йонних рідин;
- 4) біотехнологія (синтез промислово важливих сполук за допомогою біологічних агентів – мікроорганізмів, рослин, грибів, тварин) [2].

На сьогодні існують кількісні характеристики, впроваджені Роджером Шелдоном, які використовують для оцінювання хімічних виробництв з точки зору Зеленої хімії. Це E-фактор та атомарна ефективність. E-фактор – відношення всіх побічних продуктів (відходів виробництва) до маси кінцевого продукту. Чим більше E-фактор, тим менш «зеленим» є процес.

Атомарна ефективність – відношення молярної маси кінцевого продукту до суми молярних мас усіх інших продуктів у стехіометричному рівнянні хімічної реакції. Чим

ближче атомарна ефективність до 100%, тим більш «зеленою» є дана реакція [2].

Впровадження принципів зеленої хімії – досить складний процес. Але деякі рухи у цьому напрямку вже є. Сьогодні в світі існують підприємства, які: отримують паливний спирт із цукрової тростини, кукурудзи, буряків, патоки; виробляють «біодизель», целюлозний етанол, біопаливо; отримують молочну кислоту з глюкози, отриманої з м'яси і відходів целюлози, а потім – біорозкладаний полімер – полілактид. Французька косметична фірма «L'Oréal» виробляє проксилан (речовину, що сприяє відновленню шкіри) із деревини бука. Компанія «Nike» під час виробництва кросівок «Nike-Air» відмовилась від використання гексафториду сірки. Бразильська компанія «Braskem» продемонструвала, що можна виготовляти поліетилен із цукрової тростини, причому ця технологія є цілком конкурентоспроможною [3, 6].

За своєю природою і суттю зелена хімія є більш вигідною, ніж традиційна. Тому компанія, яка буде розвивати нові процеси і продукти, що мають мінімальний вплив на природу, буде лідером на ринку. Підхід до організації виробництва в рамках Зеленої хімії з урахуванням енергетичної та атомарної ефективності, ліквідація втрат дає максимально вигідні не тільки екологічні, а й економічні процеси. На сьогодні найбільш перспективними напрямками «зеленої хімії» є:

- синтез біопалива із рослинної сировини;
- синтез біорозкладних полімерів;
- застосування мікрородостей для зниження викидів CO<sub>2</sub>;
- ферментація промислових газів з метою отримання напівпродуктів синтезу етанолу, ацетону, бутанолу тощо;
- застосування в якості сировини для синтезів вуглекислого газу, джерелом енергії є водень;
- фітовидобуток – виділення металів із нерентабельних рудних тіл та інших джерел шляхом їх концентрування в тканинах рослин-гіперакумулятивів;
- фітореMediaція – технологія очищення забруднених природних і техногенних середовищ з використанням рослин [3, 6].

У цій галузі існують й інші міжнародні нагороди. Наприклад, уже понад чверть століття в США вручають президентську премію за екологічні інновації, що підкреслює стабільність цієї ініціативи незалежно від політичного курсу країни. Паралельно з цим зростає науковий престиж цього напрямку, про що свідчить поява авторитетних журналів із високим імпаکت-фактором, таких як «Green Chemistry», «ChemSusChem» та «Green Chemistry Letters & Reviews» [4].

На завершення слід підкреслити, що концепція «зеленої хімії» стала глобальним пріоритетом. У США та країнах Європи основи екологічного мислення закладаються ще зі шкільної лави. Протягом останнього десятиліття спостерігається інтенсифікація наукового обміну через регулярні симпозиуми та запровадження спеціалізованих нагород. Особливої уваги заслуговує спільна ініціатива ЮНЕСКО та IUPAC – програма «Зелена хімія для життя». Вона відкриває можливості для молодих дослідників, серед яких і українські науковці. Зокрема, у 2014 році киянка Катерина Губіна здобула грант цієї програми за розробку інноваційних полісахаридних мембран для паливних елементів [6].

#### Список використаних джерел

1. Джурка Г.Ф. Хімічна екологія: навч. посібник. Полтав. нац. пед. ун-т імені В.Г. Короленка, кафедра хімії та методики викладання хімії. Полтава : Шевченко

Р.В., 2015. 250 с.

2. Лукашенко Т., Малишев В. Екологічні проблеми сталого розвитку та збереження навколишнього середовища в контексті навчання студентів. *Освіта регіону. Політологія, психологія, комунікації*, 2010. № 4. С. 295 – 296.

3. Зелена хімія для чистих хімічних технологій: курс лекцій : навч. посібник для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Хімічні технології та інженерія». КПІ ім. Ігоря Сікорського / уклад. О.Е. Чигиринець, Г.В. Сокольський, В.І. Воробйова, Т.С. Жук, О.С. Бережницька. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 306 с.

4. Іванов В.Г. Екологічна хімія : конспект лекцій. Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. 108 с.

5. Клименко М.О. Моніторинг довкілля: практикум : навч. посібник для підготовки бакалаврів напряму "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування". К. : Кондор, 2010. 286 с.

6. Полонська В.В. Роль «зеленої хімії» у сучасному світі. *IX Менделєєвські читання* : збірник наукових праць регіонал. науково-практ. конф., (Полтава, 24 лютого 2016 р.) / М-во освіти і науки України, Полтав. нац. пед. ун-т ім. В.Г. Короленка [та ін.]. Полтава : ПП Шевченко Р.В. 2016. С. 49 – 51.

## **ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ХІМІЇ**

**Мордовець І. В.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасні глобальні екологічні виклики, зумовлені інтенсивним антропогенним впливом на довкілля, актуалізують необхідність переосмислення ролі освіти у формуванні відповідального ставлення людини до природного середовища. В умовах реалізації концепції Нової української школи особливого значення набуває формування ключових компетентностей, орієнтованих не лише на засвоєння знань, а й на розвиток здатності особистості діяти свідомо, відповідально та екологічно доцільно в реальних життєвих ситуаціях.

У цьому контексті екологічна компетентність розглядається як інтегративне особистісне утворення, що поєднує систему наукових знань про довкілля, ціннісні орієнтації, уміння оцінювати екологічні ризики та готовність до прийняття обґрунтованих рішень у сфері природокористування. Вона виконує роль наскрізної міждисциплінарної складової, яка має формуватися в процесі вивчення різних освітніх галузей, насамперед природничих дисциплін.

Особливе місце у формуванні екологічної компетентності в системі ключових компетентностей Нової української школи належить шкільному курсу хімії. Саме хімічні знання забезпечують наукове розуміння природи антропогенного впливу на довкілля, механізмів забруднення навколишнього середовища, трансформації речовин у природних і техногенних системах та шляхів мінімізації негативних наслідків людської діяльності. Хімія як навчальний предмет створює унікальні можливості для поєднання теоретичних положень із практично значущими екологічними проблемами [1-4].

Водночас аналіз стану шкільної практики засвідчує, що екологічний потенціал хімії не завжди реалізується системно й цілеспрямовано. Формування екологічної компетентності часто має фрагментарний характер і зводиться до окремих тематичних

прикладів без належного методичного узгодження з цілями компетентнісної освіти. Це зумовлює потребу в науковому обґрунтуванні можливостей шкільного курсу хімії щодо формування екологічної компетентності учнів у контексті ключових компетентностей НУШ.

Зокрема, під час вивчення теми «Швидкість хімічних реакцій» учні аналізують вплив температури, концентрації реагентів і каталізаторів не лише з позицій хімічної кінетики, а й у контексті екологічної безпеки промислових процесів, зокрема утворення токсичних побічних продуктів у хімічних виробництвах. Розгляд каталізаторів дає змогу акцентувати увагу на принципах «зеленої хімії», спрямованих на зниження енерговитрат і зменшення негативного впливу на довкілля.

Вивчення теми «Основні класи неорганічних сполук» забезпечує формування в учнів уявлень про кислотні дощі, хімічну природу забруднення атмосферного повітря оксидами Сульфуру та Нітрогену, їх вплив на ґрунти, водойми та живі організми. Аналіз реальних екологічних ситуацій, зокрема закислення ґрунтів або корозії будівельних матеріалів, сприяє розвитку вмінь встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та приймати обґрунтовані екологічні рішення.

Потужний потенціал для формування екологічної компетентності мають лабораторні та практичні роботи з хімії. Наприклад, під час виконання лабораторної роботи з визначення рН води з різних джерел (питна вода, дощова вода, вода з відкритих водойм) учні не лише опановують методи хімічного аналізу, а й здійснюють оцінювання екологічного стану довкілля та формують навички екологічного моніторингу. Такі завдання сприяють усвідомленню значущості хімічних знань для розв'язання реальних екологічних проблем.

У процесі вивчення органічної хімії особливого значення набуває аналіз проблем, пов'язаних із використанням полімерів, синтетичних мийних засобів, пестицидів і фармацевтичних препаратів. Обговорення впливу мікропластику на екосистеми, біодеградації полімерних матеріалів та альтернативних екологічно безпечних матеріалів сприяє формуванню в учнів екологічно відповідального споживчого мислення та здатності оцінювати довготривалі наслідки хімічних технологій.

Таким чином, шкільний курс хімії забезпечує системне формування екологічної компетентності як наскрізної ключової компетентності НУШ через інтеграцію хімічних знань, ціннісних орієнтацій і практичної діяльності. Використання проблемно-пошукових, дослідницьких і практико-орієнтованих завдань дозволяє трансформувати хімічні знання в інструмент екологічно відповідальної поведінки, що відповідає сучасним суспільним викликам і принципам сталого розвитку.

#### **Список використаних джерел**

1. Вернадський В. І. Наукова думка як планетне явище. Київ : Наук. думка, 1991. 270 с.
2. Концепція екологічної освіти України. Інформаційний збірник Міністерства освіти і науки України. 2002. № 7. С. 3–23.
3. Лисенко Н. В. Теорія і практика екологічної освіти: педагог дошкільник: навчально-методичний посібник для ВНЗ. Київ: Слово, 2009. 400 с.
4. Пруцакова О. Л. До проблеми формування екологічної компетентності школярів. Вісник Черкаського університету. Серія: Педагогічні науки. 2009. Вип. 162. С. 132–138.

# ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ ХІМІЇ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

Москаленко О. В., Циганков С. А., Суховєєв В. В.

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

Доцільність використання історичного матеріалу у змісті навчання хімії доведено не лише видатними педагогами, а й підтверджено практикою. Тому принцип історизму закладений як у підручники, так і у посібники з методики навчання хімії та у посібники з хімічних дисциплін для вищої школи, програми навчальних дисциплін тощо (Величко Л.П., 2022; Величко Л., 2023; Н. Лукашова, 2021).

В умовах повномасштабної війни, яку здійснює сусідня держава проти українського народу, сприймається інакше інформація історичного характеру, що приводить до переосмислення зв'язку навчання з сучасним життям (Л. Величко, 2023).

Тому можна стверджувати, що повномасштабна війна в Україні спричинила глибокі трансформації в системі освіти, а саме:

- відбулось руйнування освітньої інфраструктури та вимушене переміщення здобувачів освіти і викладачів;
- здійснено перехід до змішаних і дистанційних форм навчання;
- виникла необхідність швидкої адаптації освітніх програм до нових соціально-економічних реалій, тощо.

За цих умов особливого значення набуває хіміко-технологічно орієнтоване навчання, спрямоване на формування прикладних компетентностей, технологічного мислення та готовності до участі у відбудові промислового потенціалу держави.

Повоєнне відновлення України потребуватиме висококваліфікованих фахівців у галузях хімічної технології, фармацевтики, матеріалознавства, екологічної безпеки та енергетики. Тому інтеграція хімічних знань із технологічними аспектами виробництва, принципами сталого розвитку, ресурсозбереження та екологічного контролю має стати пріоритетом сучасної хімічної освіти. Хіміко-технологічна спрямованість навчання дозволяє поєднати фундаментальні теоретичні знання з практикоорієнтованими завданнями, що моделюють реальні виробничі процеси та інженерні рішення, відновлення країни, сприяючи формуванню кадрового потенціалу для інноваційного розвитку України.

В умовах воєнного стану та періодичних обмежень енергетичного забезпечення, доступу до лабораторної інфраструктури особливої актуальності набуває створення гнучкої, безпечної та технологічно адаптивної моделі хіміко-технологічної освіти. Це передбачає трансформацію традиційного лабораторного практикуму в інноваційний змішаний формат, що забезпечує безперервність навчання під час повітряних тривог або дистанційного режиму роботи закладів освіти.

Передбачається системне використання сучасного програмного забезпечення (PhET Interactive Simulations, ChemCollective, CloudLabs тощо) для моделювання хіміко-технологічних процесів. Це дозволить:

- безпечно відпрацьовувати експериментальні навички без ризику для учасників освітнього процесу;
- моделювати промислові технологічні схеми, які неможливо реалізувати в умовах навчальної лабораторії;
- формувати навички прийняття технологічних рішень у кризових умовах;
- забезпечити безперервність практичної підготовки незалежно від безпекової ситуації.

Практикоорієнтоване навчання сприяє розвитку так званого «ефекту дієздатності» (self-efficacy) – переконання студента у власній здатності впливати на складні обставини через професійні знання та навички. Це досить актуально в умовах війни, коли молодь потребує не лише академічної підготовки, а й психологічної підтримки через залучення до суспільно значущої діяльності.

Майбутній педагог має виступати не лише носієм інформації, а модератором навчального процесу, який формує в учнів здатність аналізувати технологічні проблеми, оцінювати ризики, пропонувати раціональні рішення та працювати в команді.

Інженерно-педагогічна модель підготовки включає:

- розвиток проектно-конструкторських навичок;
- використання кейс-методів і моделювання реальних виробничих ситуацій;
- формування навичок критичного мислення та прийняття рішень в умовах невизначеності;
- виховання відповідальності за екологічні та соціальні наслідки технологічних рішень.

У цьому контексті модернізація підготовки вчителя хімії стає стратегічним завданням освітньої політики в умовах воєнного часу та післявоєнної трансформації країни.

Відбудова інфраструктури вимагає розуміння, не лише властивостей сучасних матеріалів – полімерів, композитів, цементних систем, теплоізоляційних та антикорозійних покриттів, а й вивчення технологій їх виробництва. У підготовці вчителя це передбачає ознайомлення з основами технологій синтезу та переробки матеріалів, їх фізико-хімічними характеристиками та експлуатаційними властивостями.

Таким чином, майбутній учитель стає провідником між фундаментальною хімією та практичними завданнями відбудови.

Висновки:

1. Стратегічна роль вчителя: підготовка сучасного педагога зміщується від «теоретика» до вчителя-технолога та інженера-ментора, який здатен навчити учнів вирішувати реальні проблеми (очищення води, створення ліків, відновлення інфраструктури).
2. Адаптивність до реалій: в умовах війни навчання стає максимально мобільним та безпечним завдяки поєднанню віртуальних лабораторій із практиками «виживання» (польовий хімічний аналіз, використання подручних реактивів тощо).
3. Прагматизм та мотивація: технологічний підхід знімає «тривогу безпорадності» у студентів та учнів, надаючи їм конкретні навички, що мають практичну цінність для громади та армії вже сьогодні.
4. Економіко-екологічний вектор: лабораторні роботи з розрахунком виходу продукту та собівартості готують майбутніх фахівців до роботи в умовах обмежених ресурсів, що є критичним для післявоєнної економіки.

#### Список використаних джерел

1. Величко, Л. П. Органічні речовини. 11 клас: навчальний посібник. Київ : Педагогічна думка. 2022. 123 с. URL: <https://undip.org.ua/library/orhanichni-rechovyny-11-klas/> (дата звернення: 17.02.2026).
2. Величко Людмила. Історія і сучасність у змісті навчання хімії в контексті воєнного стану. *Український педагогічний журнал*, № 2. 2023. С. 73–83. URL: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/662> (дата звернення: 17.02.2026).

3. Діагностика та компенсація освітніх втрат у загальній середній освіті України: методичні рекомендації / кол. автор.; за загальною редакцією О. М. Топузова; укл. М. В. Головка. – [Електронне видання]. Київ : Педагогічна думка, 2023. 187 с. URL: <https://undip.org.ua/library/diahnostyka-ta-kompensatsiia-osvitnikh-vtrat-u-zahalnyi-seredniy-osviti-ukrainy-metodychni-rekomendatsii/> (дата звернення: 17.02.2026).
4. Крамаренко І.С. Ефективне навчання на уроках хімії за допомогою проектної діяльності. *European congress of scientific achievements.Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing, s. Barcelona, Spain* / І.С. Крамаренко. 2024. С. 255–259. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/739835/> (дата звернення: 17.02.2026).
5. Лукашова Н. Використання історичних знань у формуванні професійно-методичної компетентності майбутнього вчителя хімії. *Біологія і хімія в рідній школі*, 2, 2021. С. 32–37.
6. Ризики воєнного часу: вплив на науку, технології, інновації та перспективи сталого розвитку в Україні: монографія / Т.В. Писаренко, Т.К. Кваша, Л.А. Мусіна та ін. Київ : УкрІНТЕІ, 2024. 174 с.
7. Юсіна, Г. Л. Особливості дистанційного навчання хімії у технічному виші. *Педагогічна Академія: наукові записки*, (13). 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14598515>.

## **ПОЄДНАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ ХІМІЇ ЯК УМОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ**

**Олексенко Я. В.**

Комунальний заклад «Полтавська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів  
№ 11 Полтавської міської ради Полтавської області»

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активним упровадженням цифрових технологій та оновленням змісту навчання відповідно до концепції Нової української школи. Перед учителем хімії постає завдання не лише передати систему знань, а й розвивати пізнавальну активність учнів, сформувати у них уміння застосовувати знання, уміння й навички у посякденному житті, розвивати критичне та логічне мислення, вміння аналізувати, узагальнювати отриману інформацію, формулювати висновки, розвивати дослідницькі навички та інформаційну грамотність. У цьому контексті особливої актуальності набуває поєднання саме традиційних і інноваційних технологій навчання, що дозволяє забезпечити якісний освітній процес та підвищити навчальну мотивацію учнів. Важливо пропонувати учням завдання, які відповідають їх індивідуальним здібностям, спонукають їх до активної співпраці, сприяють формуванню основних груп ключових компетентностей та дають можливість дитині розкрити, під час навчання, свій потенціал.

Традиційні методи навчання хімії передбачають використання пояснювально-ілюстративного методу, фронтального опитування, роботи з підручником, виконання лабораторних і практичних робіт, навчальних досліджень. Вони забезпечують системність знань, формують базові поняття та логіку наукового мислення. Водночас інноваційні технології (STEM-елементи, гейміфікація, цифрові освітні платформи, інтерактивні

вправи) сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів, формуванню інформаційно-цифрової компетентності та підвищенню рівня зацікавленості предметом.

Інтерактивні методи навчання є ефективним засобом активізації пізнавальної діяльності. Вони дозволяють вирішити комплекс проблем, які досить часто постають перед педагогом: усі учні класу включаються в роботу; опрацьовується, узагальнюється й повторюється великий обсяг навчального матеріалу, кожен має можливість висловитись. [3].

Важливо підкреслити, що інноваційні технології не замінюють традиційні, а доповнюють їх, створюючи цілісну систему навчання.

Сучасний процес освіти потребує вчителів здатних використовувати можливості сучасних інформаційних технологій для пробудження інтересу учнів, активності в навчанні, а також знати зміст, форми, методи навчання, певну культуру передання та засвоєння знань в інформаційному суспільстві.

Сучасний вчитель повинен поєднувати традиційні методи викладання з інноваційними (в тому числі мультимедійними). Інтернет вже давно став для нас з учнями не лише місцем для розваг та спілкування, а й джерелом корисної інформації та інструментом для її опрацювання [1].

У своїй педагогічній діяльності поєдную класичні методи навчання з сучасними цифровими інструментами як в умовах очного, так і дистанційного навчання.

На етапі мотивації навчальної діяльності пропоную учням поміркувати над запропонованою мною проблемною ситуацією. Учні розмірковують та висловлюють свої припущення щодо поставленого запитання. Намагаюсь у бесіду залучити максимальну кількість учнів. Учні спираючись на знання з попередніх класів або інших предметів природничого циклу пропонують свої відповіді. На даному етапі уроку використовую такі інтерактивні методи:

«Мікрофон», «Мозковий штурм», «Метод-прес», «Незакінчене речення», «Коло ідей», «Асоціативний куш».

Під час вивчення нового матеріалу поєдную пояснювально-ілюстративний метод із мультимедійною презентацією, відеофрагментами дослідів, візуалізацією молекулярних моделей. Такий підхід сприяє кращому розумінню абстрактних понять

Під час дистанційного навчання у ході пояснення нового матеріалу демонструю мультимедійні презентації, відео досліди, віртуальні симуляції експериментів на платформі Phet. PhET — це набір інтерактивних комп'ютерних симуляцій на основі досліджень для викладання та вивчення фізики, хімії, математики та інших наук. Симуляції PhET можна запускати онлайн або безкоштовно завантажити з веб-сайту PhET . Симуляції — це анімовані, інтерактивні та ігрові середовища, де учні навчаються шляхом дослідження. Вони підкреслюють зв'язки між явищами реального життя та наукою. [2]

Під час онлайн уроків для пояснення нового матеріалу, використовую інтерактивну дошку Canva, де є можливість прикріпити різні навчальні матеріали (малюнки, схеми, відео). Крім того, для організації зворотного зв'язку з учнями на уроці, залучаю їх для спільної роботи на дошці. Учні, приєднавшись до дошки, виконують різні завдання в реальному часі. Крім того, дану дошку використовую на етапі рефлексії, де учні пишуть свої враження, обирають смайлик або іншу картинку, що відображає їх настрій після уроку.

Для кращого запам'ятовування матеріалу наочно демонструю моделі та колекції. У зошитах з метою структурування навчального матеріалу та кращого запам'ятовування

складаємо опорні схеми, порівняльні таблиці, ментальні карти, використовуючи онлайн платформи та дошки.

З метою закріплення матеріалу після традиційного письмового виконання вправ та задач у зошиті, використовуючи цифрові ресурси, виконуємо інтерактивні тести, вправи на таких платформах як: LearningApps, Wordwall, Kahoot, Quizizz.

На етапі рефлексії пропоную учням продовжити речення «Сьогодні я зрозумів(ла)...», «Найцікавішим на уроці було...», «Найскладнішим для мене залишилось...», «Ці знання можна застосувати в житті так...», обрати смайлик настрою (на онлайн уроці), обрати пробірку «Все зрозуміло», «Треба поміркувати», «Все складно», вправа «Світлофор» та інші. На початку уроку пропоную розглянути картинку, наприклад, зимового лісу, та прошу дітей озвучити емоції, які вона викликає. Або, використовуючи платформу Mentimeter, створюємо хмари слів. Також пропоную рефлексію на платформі Wordwall, де крутимо колесо і діти продовжують запропоновані речення.

Хімія наука експериментальна, тому застосовую дослідницький метод, який сприяє підвищенню інтересу учнів до вивчення хімії. Учні працюють у парах або групах, виконують лабораторні досліди, практичні роботи, навчальні дослідження. Кожна група отримує завдання. Для його виконання учні використовують вивчений матеріал з даної теми, шукають інформацію у підручнику та виконують досліди. Потім занотовують спостереження, аналізують результати та формулюють висновки.

З метою перевірки та контролю рівня знань учнів використовую цифрові платформи: тести Всеосвіта, Classtime, Just Class, Google Forms ;

інтерактивні аркуші Wizer My, Liveworksheets.

Гра це метод, що активізує пізнавальну діяльність учнів, тому на уроках онлайн/офлайн застосовую такі ігрові вправи для закріплення матеріалу: «Хрестик-нулики», «Третій зайвий», «Так-ні» (хімічний диктант), «Виправ помилку», «Спіймай хімічний елемент», «Ти мені- я тобі запитання», роздруковані хімічні ігри «Прості речовини» та «Правила поведінки, посуд, обладнання» для 7 класу. Також пропоную учням інтерактивні вправи на платформі IZZI (електронний додаток до підручника Хімія 7, 8 клас автор О. Григорович та О. Недоруб).

Для творчої організації роботи учнів на уроках хімії використовую метод проєктів, що розвиває пізнавальну активність здобувачів освіти, формує вміння творчо мислити, сприяє здобуттю більш глибоких знань. Учні готують проєкти групові або індивідуальні у вигляді мультимедійної презентації, плакату чи інфографіки, які розміщують на інтерактивній дошці Padlet чи Canva з подальшим захистом під час онлайн/офлайн уроку.

Отже, поєднання традиційних і інноваційних технологій дозволяє підвищити рівень навчальної мотивації, активізувати пізнавальну діяльність учнів, сформувані дослідницькі та інформаційно-цифрові компетентності, забезпечити диференційований підхід до навчання, покращити якість засвоєння навчального матеріалу. Учні стають більш активними учасниками освітнього процесу, демонструють зацікавленість у виконанні практичних завдань і проєктів.

Гармонійне поєднання традиційних і інноваційних технологій забезпечує цілісність освітнього процесу, сприяє формуванню ключових і предметних компетентностей та підвищує якість освіти.

### **Список використаних джерел**

1. Бондаренко Наталія Альбертівна .Використання сучасних освітніх технологій змішаного навчання на уроках хімії. [Електронний ресурс]- Режим доступу: <https://vseosvita.ua/library/vykorystannia-suchasnykh-osvitnikh-tekhnologii-zmishanoho-navchannia-na-urokakh-khimii-1076698.html>
2. [Електронний ресурс]- Режим доступу: <https://vchymo.com/app/application/PhET>
3. Хімія: інтерактивне навчання: 7-11 класи/Упорядн.Галина Мальченко, Ірина Філоненко.-К.:Редакції газет природничо-математичного циклу, 2012.-120 с.- (Бібліотека «Шкільного світу») с .5.

## **ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ЧЕРЕЗ НАВЧАЛЬНУ ДИСЦИПЛІНУ «АГРОХІМІЯ» У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ АГРАРНОГО СЕКТОРУ**

**Орихівська О. М., Стеценко А. Р.**

ВСП «Аграрно-економічний фаховий коледж ПДАУ»

Аграрна галузь є фундаментом економічної стабільності та соціального поступу України. У часи стрімкої цифровізації та впровадження новітніх технологій у сільськогосподарське виробництво, перед сучасними агрономами постають виклики, що вимагають високого рівня адаптивності. Саме тому розвиток інноваційної компетентності під час навчання є визначальним фактором для успішного професійного старту та подальшого кар'єрного зростання фахівців [4, с. 5]. Сьогодні агропромисловий комплекс гостро потребує спеціалістів, здатних оперувати комплексом актуальних знань і володіти новітніми практичними навичками. Проблема якісної підготовки фахівців хімічного та агрономічного профілів полягає у необхідності формування їхньої готовності до самостійного прийняття рішень та вибору найбільш ефективних засобів роботи. У цьому контексті вивчення агрохімії має колосальний потенціал, оскільки ця дисципліна закладає підґрунтя для професійної впевненості та результативності майбутньої діяльності здобувачів освіти [2, с. 687].

Агрохімія як наукова дисципліна зосереджена на дослідженні складних біохімічних і хімічних взаємодій у системі «грунт–рослина–добрива». Головна мета агрохімії полягає в оптимізації живлення культур для підвищення їхньої продуктивності при одночасному раціональному використанні ресурсів [3]. Глибоке розуміння процесів кругообігу речовин та впливу добрив на ґрунтову мікробіоту дозволяє фахівцям не лише збільшувати врожайність, а й мінімізувати екологічні ризики для довкілля [2, с. 687–689].

Професійна підготовка майбутніх фахівців через призму агрохімії охоплює широкий спектр дослідницьких напрямів: від детального аналізу хімічного складу ґрунтів і фізіології живлення рослин до впровадження біологічних методів контролю шкідників як альтернативи пестицидам. Особлива увага приділяється екологічній оцінці агрохімічних заходів, що є критично важливим для забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку галузі [2, с. 688–689].

Для ефективного засвоєння дисципліни та формування інноваційного мислення доцільно застосовувати такі стратегії навчання, як проєктна діяльність, використання цифрових симуляцій виробничих процесів, активна науково-дослідна робота та міжнародна співпраця. Такий компетентнісний підхід стимулює творчу активність студентів і готує їх до роботи в умовах сучасної інноваційної інфраструктури [4, с. 8].

Важливість агрохімічних знань підтверджується тим, що саме добрива забезпечують близько 41% успіху у формуванні врожаю, випереджаючи такі чинники, як зрощення чи насінневий матеріал [5]. Майбутній агроном має чітко усвідомлювати, що вирощування культур – це багатогранний процес, який починається з грамотного вибору сорту та підготовки ґрунту і завершується аналізом результатів для вдосконалення технологій у майбутньому [1, с. 22–23].

Завдяки унікальним природним ресурсам Україна має всі шанси на світове лідерство в аграрному секторі, що робить професію агронома однією з найбільш затребуваних та перспективних на ринку праці. Проте стати справжнім експертом неможливо без ґрунтового володіння знаннями про живлення рослин і властивості ґрунтів, які складають основу агрохімії [5].

Навчальна дисципліна «Агрохімія» виступає ключовим інструментом формування професійних компетентностей майбутніх фахівців аграрного сектору. Вона забезпечує не лише теоретичну базу щодо хімічних процесів у агроєкосистемах, а й розвиває практичну здатність до впровадження інновацій. Поєднання сучасних методик викладання (проектне навчання, цифровізація) з фокусом на раціональне використання ресурсів та екологічну безпеку дозволяє готувати конкурентоспроможних фахівців, здатних забезпечити сталий розвиток і високу продуктивність вітчизняного сільського господарства.

#### Список використаних джерел

1. Авдєєв С. В., Авдєєва О. Ю., Анічкіна О. В., Басюк В. О. Особливості вивчення агрохімії як галузі сільськогосподарської науки. *Scientific Problems and Options for Their Solution* : IX International scientific and practical conference, Bucharest, February 7–9, 2024. Bucharest, Romania, International Scientific Unity. 2024. P. 21–24.
2. Авдєєв С. В., Авдєєва О. Ю., Анічкіна О. В., Євдоченко О. С., Писаренко С. В. Актуальні питання професійної підготовки майбутніх фахівців засобами вивчення освітньої компоненти «Агрохімія». 2024. *Актуальні питання у сучасній науці*. 2024. №6 (24). С. 684–697. DOI : [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2024-6\(24\)-684-697](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2024-6(24)-684-697).
3. Агрохімія. *Аграрна Платформа*. URL : <https://aoplatforma.com/reference/agrodictionary/page/agroximiya?srsltid=AfmBOoonvysWRwMEJGTkVWjJNr2kRoFoszXQyf4YBqiUvjz6nhPsqqt> (дата звернення: 08.02.2025).
4. Александров О. О. Стратегія розвитку інноваційної компетентності у майбутніх фахівців із агрономії. *Науковий часопис УДУ імені Михайла Драгоманова*. 2025. Вип. 106. С. 5–10. DOI : <https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2025.106.01>.
5. Чому потрібно знати «Агрохімію»? *Кафедра агрохімії і ґрунтознавства*. URL : <https://agrochem.udau.edu.ua/ua/novini/chomu-potribno-znatiagrohimiyu.html> (дата звернення: 08.02.2025).

# ДОТРИМАННЯ ПРИНЦИПІВ РЕФЛЕКСИВНОЇ ПЕДАГОГІКИ ЯК ЧИННИК ПОДОЛАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ВТРАТ

(на прикладі роботи вчителів хімії)

**Пивовар Н. М.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасна система освіти функціонує в умовах тривалої кризової нестабільності, зумовленої наслідками пандемії COVID-19 та воєнними подіями в Україні. Ці чинники суттєво вплинули на організацію освітнього процесу, доступ до якісної освіти та психоемоційний стан учасників освітнього процесу. Одним із найбільш відчутних наслідків кризових явищ стали навчальні втрати, що проявляються у зниженні рівня засвоєння навчального матеріалу, фрагментарності знань, втраті навчальної мотивації та зростанні невпевненості учнів у власних освітніх можливостях.

Особливо гостро проблема навчальних втрат постає у процесі вивчення природничих дисциплін, зокрема хімії, яка вимагає системності знань, сформованості практичних умінь, логічного мислення та здатності застосовувати теоретичні положення для розв'язання навчальних і життєвих завдань. У таких умовах актуалізується пошук ефективних педагогічних підходів, здатних не лише компенсувати прогалини в знаннях, а й забезпечити психологічну підтримку учнів та відновлення їхньої навчальної активності.

Одним із дієвих інструментів подолання навчальних втрат у сучасному освітньому процесі є рефлексивна педагогіка, що орієнтована на розвиток усвідомленого навчання, здатності до самоаналізу, самооцінювання та саморегуляції освітньої діяльності.

Рефлексивна педагогіка ґрунтується на ідеї активної участі учня в освітньому процесі як суб'єкта навчальної діяльності. У межах цього підходу рефлексія розглядається як системний педагогічний механізм, що забезпечує усвідомлення учнями власного освітнього досвіду, результатів діяльності, труднощів і досягнень.

У навчанні хімії рефлексія набуває особливого значення, оскільки сприяє глибшому розумінню хімічних явищ і процесів, встановленню причинно-наслідкових зв'язків, осмисленню результатів експериментальної діяльності. Застосування рефлексивних практик дозволяє учням не лише відтворювати навчальний матеріал, а й аналізувати способи його засвоєння, оцінювати ефективність власних навчальних стратегій і коригувати подальшу освітню діяльність.

Для вчителя хімії рефлексивна педагогіка виступає інструментом організації компетентісно орієнтованого освітнього середовища, у якому поєднуються пізнавальна активність, практична спрямованість навчання та психологічна безпека.

Навчальні втрати з хімії проявляються у недостатньому розумінні базових понять, труднощах під час розв'язування задач, невпевненості у виконанні лабораторних і практичних робіт, зниженні інтересу до предмета. Дистанційне та змішане навчання, обмежені можливості для проведення експериментів, психоемоційна напруга значною мірою посилюють ці проблеми.

Застосування принципів рефлексивної педагогіки створює умови для подолання зазначених труднощів шляхом:

- формування в учнів усвідомленого ставлення до власних навчальних результатів;
- розвитку навичок самооцінювання та відповідальності за процес навчання;
- зниження страху помилки та підвищення впевненості у власних можливостях;
- підтримки внутрішньої мотивації до вивчення хімії.

Рефлексія дозволяє виявити індивідуальні освітні потреби учнів і сприяє побудові персоналізованих освітніх траєкторій, що є особливо важливим у процесі надолуження навчальних втрат.

Ефективне впровадження рефлексивної педагогіки в освітній процес з хімії передбачає дотримання низки ключових принципів.

По-перше, принцип усвідомленості навчання, який полягає у залученні учнів до аналізу власної діяльності, розуміння цілей уроку та очікуваних результатів.

По-друге, принцип суб'єкт-суб'єктної взаємодії, що передбачає партнерські відносини між учителем і учнями, відкритий діалог, спільне обговорення результатів і труднощів навчання.

По-третє, принцип психологічної безпеки, який забезпечує доброзичливу атмосферу на уроці, підтримку ініціативності учнів і прийняття помилки як природної складової навчального процесу.

По-четверте, принцип формувального оцінювання, що спрямований на постійний зворотний зв'язок, корекцію навчальних дій і розвиток навичок самооцінювання.

У практичній діяльності вчителів хімії ефективними є різноманітні рефлексивні прийоми, інтегровані на різних етапах уроку. Зокрема, доцільним є використання вправ «Лінія розуміння», «Мікропідсумок», «Наступний крок», «Запитання до себе», які сприяють усвідомленню рівня засвоєння матеріалу та плануванню подальшої навчальної діяльності.

Під час лабораторних і практичних робіт рефлексія результатів експерименту дозволяє учням аналізувати власні дії, робити висновки, порівнювати очікувані та отримані результати, що значно підвищує навчальну ефективність і сприяє формуванню дослідницьких умінь.

Таким чином, дотримання принципів рефлексивної педагогіки в роботі вчителів хімії є одним із ключових чинників подолання навчальних втрат у сучасному освітньому процесі. Системне впровадження рефлексивних практик сприяє підвищенню якості навчання, розвитку навчальної автономії учнів, формуванню внутрішньої мотивації та психологічної стійкості. Рефлексивна педагогіка створює умови для ефективного надолуження навчальних втрат і забезпечує сталий розвиток освітнього процесу в умовах сучасних викликів.

### **Список використаних джерел**

1. Формувальне оцінювання в Новій українській школі : методичні рекомендації / за ред. О. Пометун. Київ : Педагогічна думка, 2021.
2. OECD. Education Responses to COVID-19: Embracing Digital Learning and Online Collaboration. Paris : OECD Publishing, 2020.
3. Надихаємо та аналізуємо: мотивація та рефлексія на уроках хімії та біології в концепції Нової української школи <https://ranok-portal.com.ua/publikatsii/metodychni-statti/nadyhayemo-ta-analizuyemo-motyvacziya-ta-refleksiya-na-urokah-himiyi-ta-biologiyi-v-konczepczyyi-novoyi-ukrayinskoyi-shkoly/>.

# **ОСВІТНІЙ ПОТЕНЦІАЛ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕРМОДИНАМІЧНІ ТА КІНЕТИЧНІ МОДЕЛІ ВИЛУЧЕННЯ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН З ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ» У СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ АСПІРАНТІВ-ХІМІКІВ**

**Перлова О. В.**

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Сучасна хімія неможлива без використання методів математичного моделювання, які дозволяють кількісно описувати складні фізико-хімічні процеси, прогнозувати їх перебіг та інтерпретувати експериментальні дані. Володіння навичками математичного моделювання є необхідною складовою підготовки аспіранта-хіміка, оскільки забезпечує свідомий вибір моделей, оцінку їх адекватності та меж застосування.

Вибіркова дисципліна «Термодинамічні та кінетичні моделі вилучення токсичних речовин з водних середовищ» викладається здобувачам 1 року навчання третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, які навчаються на факультеті хімії та фармації Одеського національного університету імені І. І. Мечникова за спеціальністю ЕЗ Хімія, в обсязі 3 кредитів ЄКТС. Здобувачам пропонується прослухати 16 годин лекцій, опанувати практичні навички на практичних заняттях (14 годин), розширити та удосконалити набуті знання, підготуватися до поточного контролю протягом 60 годин самостійної роботи.

Зазначена дисципліна, відповідно до її робочої програми, спрямована на формування у здобувачів здатності свідомо застосовувати фізико-хімічні моделі для аналізу, оптимізації та вибору методів очищення води від екотоксикантів.

Враховуючи те, що сучасні вимоги до підготовки фахівців у галузі хімії потребують удосконалення підходів до викладання спеціальних дисциплін, у курсі «Термодинамічні та кінетичні моделі вилучення токсичних речовин з водних середовищ» з метою формування професійних компетентностей здобувачів освіти поєднується фундаментальна теоретична підготовка з практико-орієнтованими методами навчання (розв'язання розрахункових завдань, виконання пошукових завдань, аналіз реальних науково-прикладних ситуацій), широко використовуються міждисциплінарні зв'язки. Такий підхід забезпечує розвиток системного та критичного мислення, набуття навичок термодинамічного та кінетичного моделювання та підготовку здобувачів до самостійної науково-дослідної діяльності.

Особливість викладання зазначеної дисципліни полягає в тому, що лекційний матеріал значною мірою базується на роботах співробітників кафедри фізичної та колоїдної хімії ОНУ імені І.І. Мечникова [1], присвячених створенню теоретичних основ таких методів вилучення токсичних речовин з водних розчинів, як йонна флоатація та рідинна екстракція. Крім того, розроблено плани практичних занять, методичне забезпечення [2, 3] для яких, зокрема, розрахункові багатоваріантні завдання, ґрунтуються на результатах власних досліджень автора та її колег по кафедрі, спрямованих на використання сучасних термодинамічних та кінетичних моделей для опису процесів сорбційного, флоатаційного та екстракційного вилучення екотоксикантів (йони важких металів, в тому числі, урану, торію, рідкісноземельних елементів; поверхнево-активні речовини; синтетичні барвники; біологічно жорсткі синтетичні органічні речовини у розчиненому та емульгованому стані, зокрема, екстрагенти, наприклад, ТБФ, малорозчинні у воді естери, спирти тощо) з водних середовищ.

Отже, формування у здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти навичок математичного моделювання є необхідною умовою сучасної хімічної освіти та підготовки конкурентоспроможних фахівців.

#### **Список використаних джерел**

1. Скрильов Л.Д., Сазонова В.Ф. Колоїдно-хімічні основи захисту навколишнього середовища від йонів важких металів. Йонна флоатація : навч. посібник. Київ : УМК ВО, 1992. 215 с.
2. Перлова О.В. Термодинамічні моделі вилучення токсичних речовин з водних розчинів: Методичні вказівки для студентів III (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 102 Хімія. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2021. 28 с.
3. Термодинамічні моделі йонної флоатації [Електронний ресурс] : електрон. метод. рек. до практ. занять та самот. роботи з вибірк. дисципліни «Термодинамічні та кінетичні моделі вилучення токсичних речовин з водних середовищ» для здобувачів третього (освіт.-наук.) рівня вищ. освіти спец. ЕЗ Хімія. Уклад. О. В. Перлова. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. 33 с.

## **ВОДЕНЬ: ШАНС НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ СУЧАСНОЇ ХІМІЇ**

**Погрібняк А. Е., Бондаренко С. В.**

Великорублівського ОЗЗСО I-III ступенів Великорублівської сільської ради

Сьогоднішній світ перебуває на зламі епох, де традиційна енергетика та важка промисловість стрімко трансформуються під тиском екологічних реалій. Ми стаємо свідками того, як хімічна наука здійснює фундаментальний перехід від теоретичного опису світу до ролі головного архітектора безпечного майбутнього. Для нового покоління дослідників, хімія перестає бути статичним набором формул у підручниках, а перетворюється на живу, динамічну мову, якою людство намагається порозумітися з природою після десятиліть виснажливого антропогенного тиску. У центрі цього глобального інтелектуального пошуку стоїть водень — елемент, який є значно більшим, ніж просто альтернативним паливом.

Водень виступає відправною точкою, з якої починається повна декарбонізація світової економіки. Його фізико-хімічні властивості вражають своєю парадоксальністю. Будучи найлегшим газом у Всесвіті, він майже не затримується у нижніх шарах атмосфери, прямуючи вгору, де формує екзосферу нашої планети. Ця леткість і надзвичайна дифузійна здатність створюють певні технічні виклики, проте саме вони є ключем до розуміння його потенціалу. Коли ми розглядаємо екзотермічне окиснення водню, ми маємо на увазі процес, єдиним продуктом якого є чиста вода. Це створює ідеальну замкнену петлю: вилучення енергії з води та повернення її в природу без жодних токсичних залишків.

Проте шлях до повноцінної водневої економіки пролягає через вирішення складних наукових дилем, які сьогодні активно опрацьовуються в провідних наукових центрах, зокрема і в Україні на базі Полтавського національного педагогічного університету імені Володимира Галактионовича Короленка. Ключове завдання 2025–2026 років полягає у зниженні енергії активації реакції розкладу води, щоб зробити процес не лише

екологічним, а й економічно вигідним. Традиційний електроліз вимагає використання рідкісних і надзвичайно дорогих металів, таких як платина чи іридій. Якщо продовжувати покладатися виключно на ці ресурси, водень залишиться привілеєм вузьких високотехнологічних галузей. Саме тому сучасний науковий пошук зосереджений на сполуках перехідних елементів — заліза, нікелю та кобальту. Використання цих доступних металів у ролі каталізаторів стане тим «демократизатором» енергетики, який дозволить кожній громаді мати власну автономну систему генерації палива.

Окремим викликом є взаємодія водню з матеріалами. Явище «водневої крихкості», коли найменша молекула у світі проникає в структуру металу і руйнує його зсередини, змушує переглянути саму концепцію зберігання речовин. Традиційні сталеві балони під високим тиском поступово відходять у минуле як енергозатратні та потенційно небезпечні рішення. Натомість майбутнє належить нанотехнологіям, а саме металоорганічним каркасним структурам. Ці матеріали діють як інтелектуальні наноскопічні губки, де кожен атом розташований таким чином, щоб максимально ефективно фіксувати молекули водню всередині своєї кристалічної ґратки. Це дозволяє зберігати газ у твердому стані за значно нижчого тиску, що докорінно змінює правила гри у питанні безпечного транспортування.

Методологія сучасної науки, що базується на принципах «Зеленої хімії», змінює і саму освітню парадигму. Співпраця наставника та дослідника сьогодні виглядає як рівноправне партнерство в цифровому середовищі. Комп'ютерне моделювання дозволяє «бачити» властивості ще не створених сполук, що мінімізує кількість реальних хімічних відходів. Взаємодія глибокої академічної бази, представлені такими науковцями як Надія Шиян та Марина Клепець, із цифровою інтуїцією молоді створює унікальний продукт, здатний конкурувати на світовому рівні. Ми переходимо від простого вивчення готових фактів до прогнозування властивостей матерії.

Розглядаючи стратегічне положення України, стає очевидним, що наша держава має унікальний шанс стати «водневим серцем» Європи. Україна володіє однією з найрозгалуженіших газотранспортних систем у світі, яка після цілеспрямованої модернізації може трансформуватися у головну артерію для постачання «зеленого» водню до країн Європейського Союзу. Це не просто питання експорту ресурсу, а глибока інтеграція в європейську енергетичну мережу як рівноправного та незамінного партнера. Україна має потенціал для створення потужних вітрових та сонячних парків, чия надлишкова енергія використовуватиметься для промислового електролізу. Це дозволить нам не лише забезпечити власну енергетичну незалежність, а й стати гарантом енергетичної безпеки всього континенту. У найближчій перспективі така трансформація призведе до появи нових високотехнологічних кластерів у промислових регіонах, де водень стане основою для виробництва «зеленої» сталі та добрив, забезпечуючи конкурентоспроможність української економіки в умовах нових кліматичних податків Європи.

Безумовно, на цьому шляху залишається місце для наукового скепсису щодо коефіцієнта корисної дії або ризиків зберігання. Проте аналіз історичного прогресу — від парових двигунів до сучасних літій-іонних батарей — доводить, що кожна проривна технологія проходить через етап недовіри. Безпека водню сьогодні — це питання стандартів проектування та використання новітніх матеріалів. Економічна ж доцільність завжди йде слідом за масштабуванням технології. Як свого часу сонячна енергетика пройшла шлях від дорогої екзотики до масового вжитку, так і водень неминуче стане частиною повсякденного ландшафту.

Підсумовуючи, водень постає своєрідним дзеркалом нашого інтелектуального розвитку. Він вимагає від дослідників граничної точності, знань у галузі нанохімії та відмови від застарілих шаблонів споживання. Це шанс на гармонійне співіснування цивілізації та біосфери. Об'єднання фундаментальної української хімічної школи з енергією молодих фахівців створює той самий інтелектуальний катализатор, який здатен прискорити перехід до світу чистої та доступної енергії. Майбутнє буквально розчинене у воді, і хімія — це єдиний інструмент, здатний перетворити її на ресурс для сталого розвитку.

### Список використаних джерел

1. Воднева енергетика: від теорії до практики : монографія / за ред. М. О. Кизима. Харків : ІНЖЕК, 2021. 256 с.
2. Голуб О. А. Перспективи розвитку водневої економіки в Україні: стратегічний аспект. Економіка та держава. 2022. № 4. С. 12–17. Зелена хімія — фундамент сталого розвитку цивілізації : навч. посіб. / В. В. Скрипник та ін. Київ : Академперіодика, 2019. 180 с.
3. Клепець М. М., Шиян Н. І. Інноваційні підходи до вивчення процесів електролізу в курсі хімії вищої школи. Витоки педагогічної майстерності. 2023. Вип. 31. С. 84–91.
4. Металоорганічні каркасні структури як новітні адсорбенти для зберігання газів. Український хімічний журнал. 2024. Т. 90, № 2. С. 45–58.
5. Нанотехнології в енергетиці : підручник / О. С. Корнієнко. Дніпро : Журфонд, 2020. 312 с.
6. Шиян Н. І. Формування наукового світогляду майбутніх фахівців у процесі хімічної освіти. Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2021. 215 с.
7. Юрченко О. В. Подолання «водневої крихкості» конструкційних матеріалів: сучасний стан та перспективи. Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2025. № 1. С. 33–40.

## ВИКЛАДАЧ 2.0 У ХІМІЧНІЙ ОСВІТІ: ВІД ІНФОРМАЦІЙНОГО ДЖЕРЕЛА ДО ДИЗАЙНЕРА НАВЧАННЯ

Солдаткіна Л. М.

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Сучасний етап розвитку вищої освіти України характеризується глибокими трансформаційними процесами, які зумовлені інтеграцією у Європейський освітній простір, цифровізацією, впровадженням компетентнісного підходу, а також стресовими викликами, пов'язаними з воєнним станом в країні. За цих умов докорінно змінюється не лише організація освітнього процесу, а й професійна роль викладача закладу вищої освіти.

Особливо актуальним є переосмислення ролі викладача у хімічній освіті, що традиційно ґрунтується на фундаментальних знаннях, складному експериментальному інструментарії та логічному мисленні. Сучасний викладач перестає бути для здобувачів вищої освіти виключно транслятором нової інформації, адже в наш час доступ до знань став миттєвим завдяки цифровим ресурсам [1]. Натомість зростає значення викладача як «дизайнера навчання» – стратегічного організатора пізнавальної траєкторії, наставника та модератора освітнього середовища.

Мета цієї роботи: проаналізувати трансформацію функціональних ролей викладачів-хіміків у закладі вищої освіти крізь призму концепції «Викладач 2.0».

В умовах ХХІ століття традиційна концепція "Викладач 1.0" вичерпала свій ресурс. У цій моделі головною формою навчання є лекція, а практичні та лабораторні заняття – це лише засоби відтворення й закріплення навчального матеріалу. Попри ґрунтовність, така модель обмежує активність і самостійність молодих дослідників, перетворюючи їх на об'єкти педагогічного впливу.

Хімія, як прикладна наука, вимагає навичок, які виходять за рамки знань з підручників [2]. Все більшої актуальності набуває концепція «Викладач 2.0», у межах якої педагог постає дизайнером навчання й архітектором освітнього досвіду. Для сучасних викладачів хімічних дисциплін важливо майстерно поєднувати класичну теоретичну базу з молекулярним моделюванням, віртуальними навчальними середовищами та аналізом надвеликих обсягів даних. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє перенести рутинні обчислення в цифрову площину, фокусуючи увагу здобувачів на інтерпретації результатів та встановленні причинно-наслідкових зв'язків.

У сучасній хімічній освіті пріоритетним є перехід від репродуктивного навчання до формування професійних компетентностей, зокрема критичного мислення, здатності до аналізу та наукового пошуку. У діяльності викладачів хімічних дисциплін модель «Викладач 2.0» реалізується через відмову від простого декларування властивостей речовин на користь створення проблемних ситуацій, у яких здобувачі вищої освіти самостійно відкривають ці властивості за допомогою інтерактивних симуляцій та цифрових баз даних [3]. Такий підхід стимулює розвиток дослідницької інтуїції, яка є важливою для майбутнього науковця чи інженера-технолога в галузі хімії. Водночас цифрові інструменти не замінюють реальний хімічний експеримент, а стають етапом, що підвищує безпеку та ефективність роботи в сучасній хімічній лабораторії.

Місія викладача як дизайнера навчання полягає у створенні адаптивного освітнього середовища, що підтримує індивідуальні траєкторії розвитку. Це вимагає від учасників освітнього процесу високого рівня емоційного інтелекту та готовності до партнерської взаємодії. Саме такий формат сприяє інтеграції теоретичного базису з практичними запитамі сучасної хімічної галузі.

До ключових викликів упровадження концепції «Викладач 2.0» в практику українських закладів вищої освіти належать потреба в безперервному професійному розвитку викладачів, обмеженість матеріально-технічного й цифрового забезпечення університетів, а також значне навчальне й організаційне навантаження викладачів, що змушує можливості для творчого проектування навчальних курсів. Окремої уваги потребує дефіцит методичної підтримки та сталих механізмів обміну педагогічним досвідом, зокрема між колегами-хіміками.

Водночас ці виклики стимулюють розвиток академічних спільнот, розширення доступу до відкритих освітніх ресурсів та активізацію методичних семінарів, вебінарів, тренінгів, наукових і науково-практичних конференцій. Для викладачів хімічних дисциплін це відкриває реальні можливості професійного зростання, осмислення власної педагогічної ролі та формування сучасних навчальних середовищ, орієнтованих на дослідницьку діяльність і розвиток компетентностей здобувачів вищої освіти.

Отже, концепція «Викладач 2.0» у хімічній освіті – це об'єктивна еволюція, що дозволяє зберегти академічні традиції, надавши їм інноваційної форми. Перехід від ролі джерела інформації до ролі дизайнера навчання забезпечує якісну підготовку фахівців, здатних до безперервного саморозвитку. Викладач 2.0 постає ключовою фігурою у формуванні покоління фахівців, готових до модернізації хімічного сектору в умовах

сталого розвитку. Реалізація цієї стратегії вимагає не лише опанування нових технологій, а й докорінної зміни ментальних моделей педагогічної взаємодії в університетському просторі. Ефективність такої трансформації безпосередньо залежатиме від здатності викладача інтегрувати етичні цінності науки з гнучкими методами цифрової педагогіки. Лише через такий синтез можливе формування цілісної особистості хіміка-професіонала, адаптованого до вимог сучасного ринку праці.

#### Список використаних джерел

1. Інтеграція освіти та науки в Україні на базі моделі університету майбутнього : кол. моногр. / за заг. ред. В. Є. Хаустової. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 424 с.
2. Aliyu H. Transforming chemistry education by engaging students actively and experientially to foster deeper understanding and lasting scientific curiosity. *RIJE*. 2025. Vol.4, no 3. P.127-154.
3. Williams D.P., Woodward J.R., Symons S.L., Davies D.L. A tiny adventure: the introduction of problem-based learning in an undergraduate chemistry course. *Chem. Educ. Res. Pract.* 2010. Vol. 11. P. 33–42.

## ПОЕТАПНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ

Стрижак Д. О.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасні трансформаційні процеси у сфері освіти зумовлюють підвищені вимоги до професійної підготовки майбутніх учителів хімії, що визначається необхідністю реалізації ідей Нової української школи, компетентнісного підходу та професійного стандарту вчителя. У цих умовах особливої актуальності набуває практико-орієнтований підхід, спрямований на подолання розриву між підготовкою майбутніх учителів хімії та реальними вимогами їхньої майбутньої професійної діяльності у закладах загальної середньої освіти.

Аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних досліджень засвідчує, що ефективність професійної підготовки вчителя значною мірою залежить від системного залучення студентів до виконання навчально-професійних і практико-орієнтованих завдань, моделювання педагогічних ситуацій, організації квазіпрофесійної діяльності та педагогічної практики [1-3; 5; 6; 7; 9].

Водночас наукові публікації вказують на потребу не лише у розширенні практичної складової підготовки, а й у її чіткій структуризації відповідно до етапів професійного становлення майбутнього вчителя, що забезпечує поступове ускладнення видів діяльності та зростання рівня професійної самостійності студентів [4-6; 8; 10].

На основі аналізу наукових джерел практико-орієнтований підхід у професійній підготовці майбутніх учителів хімії визначаємо як системну умову формування їхньої професійної готовності, що реалізується через поетапне залучення студентів до навчально-професійної та квазіпрофесійної діяльності, максимально наближеної за змістом, структурою й логікою до реальних умов педагогічної діяльності вчителя хімії.

Особливу роль у цьому контексті відіграє поетапна реалізація практико-орієнтованого підходу, яка дає змогу узгодити цілі, зміст, форми і методи навчання з логікою формування професійної готовності майбутніх учителів хімії, забезпечити

наступність між теоретичною, навчально-практичною та професійно спрямованою підготовкою, а також створити умови для інтеграції освітнього процесу закладу вищої освіти з реальним освітнім середовищем школи.

У межах дослідження була розроблена технологія реалізації практико-орієнтованого підходу в професійній підготовці майбутнього вчителя хімії, що ґрунтується на поетапній організації освітнього процесу та передбачає послідовне ускладнення видів навчально-професійної діяльності відповідно до логіки формування професійної готовності. Запропонована технологія охоплює адаптаційно-орієнтаційний, квазіпрофесійний і професійний етапи, кожен з яких має визначене цільове призначення, змістове наповнення, форми й методи реалізації, а також забезпечує поступовий перехід від ознайомлення з професійною діяльністю вчителя хімії до її самостійного здійснення в реальних умовах закладу загальної середньої освіти.

Адаптаційно-орієнтаційний етап технології реалізації практико-орієнтованого підходу (1 курс) спрямований на первинне включення здобувачів вищої освіти у професійний контекст діяльності вчителя хімії та формування початкової професійної мотивації. Його основним завданням є формування в майбутніх учителів цілісного уявлення про зміст і специфіку педагогічної діяльності, соціальну значущість професії вчителя хімії, а також усвідомлення сучасних вимог Нової української школи. Реалізація практико-орієнтованого підходу на цьому етапі забезпечується через ознайомлення студентів із реальними умовами професійної діяльності шляхом виконання завдань професійного спрямування, практико-орієнтованих завдань самостійної роботи на базі ЗЗСО.

Зміст підготовки охоплює ознайомлення з професійними функціями, ролями та відповідальністю вчителя хімії; формування початкових уявлень про структуру уроку хімії, шкільний хімічний експеримент і особливості навчально-пізнавальної діяльності учнів; засвоєння елементарних норм педагогічної етики, академічної доброчесності та вимог безпеки під час роботи з хімічними речовинами й обладнанням. Практико-орієнтований характер етапу посилюється цілеспрямованим методичним наповненням змісту, форм і методів навчання хімічних дисциплін, а також виконанням практико-орієнтованих завдань на базі ЗЗСО, що передбачають аналіз демонстраційних дослідів, фрагментів уроків, навчально-методичних матеріалів і педагогічних рішень, систематичне спостереження за уроками хімії та діяльністю вчителя-ментора. Такі завдання мають підготовчий характер і спрямовані на формування вмінь педагогічного спостереження, первинного аналізу освітніх ситуацій та усвідомленого осмислення професійних дій учителя.

Квазіпрофесійний етап (2–3 курси) є ключовим для переходу від пропедевтичного ознайомлення з професією до активного моделювання педагогічної діяльності в умовах, наближених до реальної шкільної практики. На цьому етапі здійснюється цілеспрямоване формування професійних умінь і навичок через включення студентів у квазіпрофесійну діяльність, що відтворює основні функції вчителя хімії. Залучення здобувачів освіти до такої діяльності забезпечує інтеграцію предметних, методичних і психолого-педагогічних знань у контексті реальних педагогічних завдань, формує готовність до виконання професійних функцій ще до початку виробничої педагогічної практики та сприяє розвитку рефлексійного ставлення до власних педагогічних дій.

На квазіпрофесійному етапі практико-орієнтовані завдання самостійної роботи на базі ЗЗСО набувають нового функціонального наповнення, що проявляється у переході від

спостережно-аналітичної діяльності до моделювання й часткової реалізації професійних дій учителя хімії в умовах, максимально наближених до реальної педагогічної практики.

Професійний етап (4 курс) є завершальним у технології реалізації практико-орієнтованого підходу та спрямований на досягнення цілісної професійної готовності майбутнього вчителя хімії до самостійної педагогічної діяльності в умовах закладу загальної середньої освіти. На цьому етапі відбувається перехід від квазіпрофесійної діяльності до повноцінного виконання трудових функцій учителя з поступовим зростанням рівня самостійності, відповідальності та професійної автономії.

Доцільним на професійному етапі є запровадження дуального навчання або окремих елементів дуальної освіти, що передбачають поєднання навчання в закладі вищої освіти з професійною діяльністю в школі. У вітчизняних умовах така модель часто реалізується через індивідуальні графіки навчання для студентів, які працюють у школах у зв'язку з кадровими потребами, що розширює можливості набуття професійного досвіду, але потребує чіткого методичного супроводу та координації між закладом вищої освіти і ЗЗСО.

Зміст професійного етапу передбачає самостійне проектування, організацію та проведення уроків хімії різних типів, реалізацію повного циклу педагогічної діяльності – від планування освітнього процесу до формуального й підсумкового оцінювання навчальних досягнень учнів. Майбутні вчителі добирають і адаптують хімічні досліди до вікових особливостей учнів і матеріально-технічних умов школи, використовують демонстраційні, лабораторні, домашні та віртуальні експерименти, забезпечуючи дотримання вимог безпеки.

Провідною формою реалізації практико-орієнтованого підходу на цьому етапі є виробнича педагогічна практика, у межах якої здобувачі освіти виконують трудові функції вчителя хімії відповідно до професійного стандарту. Важливим складником етапу є також виконання курсових робіт і проведення педагогічних досліджень, що сприяє розвитку дослідницької культури, здатності до науково обґрунтованого аналізу та вдосконалення власної педагогічної практики.

Професійний етап реалізується у партнерській взаємодії студента з учителем-ментором і викладачем-супервізором, які забезпечують консультативний та експертний супровід, узгодження теоретичної і практичної підготовки та надання зворотного зв'язку. Завершальним компонентом етапу є рефлексія професійного досвіду, що здійснюється через самоаналіз проведених уроків, ведення рефлексійного щоденника, оформлення портфоліо професійного зростання та участь у підсумкових заходах, що забезпечує усвідомлення досягнутого рівня професійної готовності й визначення перспектив подальшого професійного розвитку.

Таким чином, поетапна реалізація практико-орієнтованого підходу у професійній підготовці майбутніх учителів хімії забезпечує логічний перехід від пропедевтичного ознайомлення з професією та формування початкової мотивації до цілеспрямованого опанування квазіпрофесійної діяльності й подальшого виконання повного спектра трудових функцій учителя в реальних умовах закладу загальної середньої освіти. Запропонована поетапність дає змогу узгодити цілі, зміст, форми й методи підготовки з логікою професійного становлення майбутнього вчителя хімії, забезпечує поступове ускладнення навчально-професійних завдань і зростання рівня професійної самостійності здобувачів освіти. Реалізація практико-орієнтованого підходу на основі інтеграції аудиторної, самостійної, квазіпрофесійної та практичної діяльності, а також партнерської

взаємодії закладу вищої освіти із закладами загальної середньої освіти створює умови для формування цілісної професійної готовності майбутніх учителів хімії, здатних до ефективної педагогічної діяльності, рефлексії та подальшого професійного розвитку в умовах сучасної школи.

### Список використаних джерел

1. Авдєєва О. Ю. Підготовка майбутнього вчителя хімії до формування гностичних умінь в учнів у позакласній діяльності : дис. ... доктора філософії. Житомир : Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2021. 359 с.
2. Анічкіна О. В., Романишина Л. М., Авдєєва О. Ю., Камінський О. М., Чайка М. В. Практична підготовка майбутніх хіміків як ефективний засіб формування професійної компетентності. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. 2022. № 84. С. 146–151.
3. Романюк Р. К., Блажко О. А., Бірюкова Н. В. Модель професійної підготовки вчителя природничої освітньої галузі до роботи в системі профільної середньої освіти. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. 2025. № 104. С. 100–105. DOI: 10.31392/UDU-nc.series5.2025.104.20
4. Староста В. І. Педагогічна практика майбутніх учителів хімії: організація та навчально-методичне забезпечення. Підготовка майбутнього вчителя хімії до впровадження Державного стандарту базової та повної загальної середньої освіти : зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. С. 52–53.
5. Шиян Н. І., Криворучко А. В. Формування готовності майбутнього вчителя хімії до оцінювання навчальних досягнень учнів у процесі практичної підготовки. Збірник наукових праць II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Хімія, екологія та освіта». Полтава, 2016. С. 139–145.
6. Ярошенко О. Г. Формування професійної компетентності майбутніх фахівців в умовах дуальної форми здобуття вищої освіти : наукова доповідь на методологічному семінарі НАПН України «Тенденції та особливості взаємодії вищої освіти та ринку праці в умовах війни та повоєнного відновлення України», 20 листопада 2025 р. Вісник Національної академії педагогічних наук України. 2025. Т. 7, № 2. С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2025.7231>
7. Can-Kucuk D., Gencer S., Akkus H. Development of pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge through mentoring. Chemistry Education Research and Practice. 2022. Vol. 23, No. 3. P. 599–615. DOI: <https://doi.org/10.1039/D2RP00033D>
8. Cohen J., Yonas A. M., Wilson K. E. Approximating teaching: A systematic review of the research. Review of Educational Research. 2025. Vol. XX, No. X. P. 1–44. DOI: <https://doi.org/10.3102/00346543251368383>
9. Defner S., Hermanns J. Inquiry-based learning in a newly designed laboratory course for preservice chemistry teachers by using a construction kit for planning experiments. Journal of Chemical Education. 2025. Vol. 102. P. 3207–3217. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00207>
10. Zummo L., Marler K., Mercer J., Walker C. Preparing preservice chemistry teachers to teach for climate empowerment through macro-rehearsals. Journal of Chemical Education. 2024. Vol. 101. P. 4196–4202. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00459>

# РОЛЬ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ВИВЧЕННІ ХІМІЇ

Сухачова М. О., Шевченко С. В.

Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради

У сучасному освітньому просторі особливої значущості набуває проблема формування в учнів науково обґрунтованого та цілісного світогляду. У практиці навчання нерідко спостерігається ізольоване сприйняття окремих навчальних дисциплін, що ускладнює усвідомлення взаємозв'язків між процесами й явищами навколишньої дійсності. У зв'язку з цим міжпредметні зв'язки розглядаються як важливий дидактичний інструмент, що забезпечує інтеграцію знань і сприяє підвищенню результативності освітнього процесу. Хімія як базова природнича наука має тісні взаємозв'язки з фізикою, біологією, географією, математикою, екологією та медициною, що створює сприятливі умови для реалізації міжпредметної інтеграції.

*Актуальність* обраної теми зумовлена потребою подолання фрагментарності знань учнів, активізації їх пізнавального інтересу та формування здатності застосовувати теоретичні знання в практичній діяльності. Використання міжпредметних зв'язків забезпечує більш глибоке й усвідомлене засвоєння навчального матеріалу, сприяє розвитку логічного мислення та формуванню навичок аналізу явищ з позицій різних наук.

*Метою дослідження* є вивчення ролі міжпредметних зв'язків у процесі навчання хімії та визначення їх впливу на рівень знань і навчальну мотивацію учнів. Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань: проаналізувати наукові та методичні джерела з проблеми міжпредметних зв'язків; окреслити основні напрями інтеграції хімії з іншими навчальними дисциплінами; визначити значення міжпредметної інтеграції для розвитку пізнавальної активності учнів; розглянути приклади реалізації міжпредметних зв'язків на уроках хімії; обґрунтувати практичну доцільність інтеграції знань в освітньому процесі.

*Об'єктом дослідження* є процес навчання хімії у закладах загальної середньої освіти, а *предметом* — міжпредметні зв'язки як засіб підвищення ефективності навчання хімії.

Тісний взаємозв'язок хімії з біологією зумовлений тим, що всі життєві процеси в організмах мають хімічну природу. Такі явища, як дихання, фотосинтез, травлення, обмін речовин, синтез білків і нуклеїнових кислот, пояснюються на основі хімічних реакцій. Вивчення клітинного складу, ферментів, гормонів та біологічно активних сполук є неможливим без розуміння їх хімічної будови та властивостей [3].

Взаємодія хімії з фізикою простежується під час вивчення атомної будови, електронних орбіталей, енергетичних рівнів, а також законів збереження маси й енергії. Фізичні закономірності дають змогу пояснити природу хімічного зв'язку, теплові ефекти реакцій, електрохімічні процеси та властивості речовин у різних агрегатних станах.

Математика виступає необхідною основою для здійснення хімічних розрахунків. За її допомогою визначають масові частки елементів у сполуках, концентрації розчинів, кількість речовини, об'єм газів і стехіометричні співвідношення реагентів у хімічних рівняннях. Отже, без належного рівня математичної підготовки неможливе повноцінне засвоєння кількісних аспектів хімії [1].

Географія та екологія сприяють розширенню уявлень учнів про поширення хімічних елементів у природі, колообіг речовин у біосфері та вплив діяльності людини на навколишнє середовище. Інтеграція знань із цих дисциплін формує екологічну свідомість

школярів, відповідальне ставлення до природних ресурсів і безпечного використання хімічних речовин.

Отже, міжпредметні зв'язки забезпечують формування системного мислення учнів, сприяють узгодженню знань з різних галузей науки та роблять *навчальний процес більш логічним і змістовним*.

#### *Практична частина*

У процесі опрацювання окремих тем курсу хімії було проаналізовано можливості реалізації міжпредметних зв'язків [2]. Зокрема, у темі «Будова атома» простежується інтеграція з фізикою через використання понять електрона, енергії та електричного заряду; під час вивчення органічних сполук встановлюється зв'язок з біологією при розгляді білків, жирів і вуглеводів як основних компонентів живих організмів; у темі «Розчини» широко застосовуються математичні розрахунки для визначення концентрації та масової частки речовин; у темі «Хімія та довкілля» реалізується інтеграція з географією та екологією шляхом аналізу проблем забруднення навколишнього середовища.

За результатами дослідження встановлено, що використання міжпредметних зв'язків сприяє більш ефективному засвоєнню навчального матеріалу, підвищує інтерес учнів до вивчення хімії, розвиває логічне та критичне мислення, а також полегшує застосування здобутих знань у практичній діяльності.

#### *Висновки*

Проведене дослідження підтверджує, що міжпредметні зв'язки є важливим складником навчання хімії. Їх використання забезпечує формування цілісної системи знань, активізує пізнавальну діяльність учнів і сприяє усвідомленню практичної значущості хімії в повсякденному житті. Інтеграція хімії з іншими навчальними дисциплінами підвищує ефективність освітнього процесу та наближає його до актуальних потреб сучасного суспільства.

#### **Список використаних джерел**

1. Астахов О. І. Методика і техніка хімічного експерименту. – К.: Школа, 2002. – 223 с.
2. Головка М. В. Цифрові технології як інструмент підвищення якості природничої освіти. – Запоріжжя: ЗНУ, 2023.
3. Кочубей О. В. Методика викладання хімії в закладах загальної середньої освіти. – К.: Освіта, 2021.

## **ІНТЕГРАЦІЯ ХІМІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗНАНЬ ЯК ЧИННИК ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ У ГАЛУЗІ «ТЕХНОЛОГІЇ»**

**Титаренко О. О.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Під впливом викликів Четвертої промислової революції та вимог Нової української школи, в умовах діджиталізації виробництва, активного впровадження адитивних технологій та композитних матеріалів, традиційна модель підготовки вчителя як «майстра-виконавця» ремісничого спрямування вичерпує свій потенціал. Сучасна освітня парадигма вимагає формування педагога, здатного не лише демонструвати прийоми обробки матеріалів, а й розкривати учням глибинну фізико-хімічну природу технологічних

процесів. Міждисциплінарна інтеграція хімічних знань із технологічною підготовкою стає фундаментом для усвідомленого вибору методів обробки та прогнозування властивостей майбутніх виробів. Це детермінує необхідність наукового пошуку нових методичних підходів до підготовки вчителів, які зможуть забезпечити високу якість STEAM-освіти в сучасних закладах загальної середньої освіти.

Проблема міждисциплінарної інтеграції в системі вищої педагогічної освіти та методичні засади забезпечення якості підготовки вчителів технологій на основі інтегрованого навчання ґрунтовно досліджено Д. Кільдеровим. Питання професійно-педагогічної підготовки майбутніх фахівців цієї галузі та розвитку їхньої професійної компетентності висвітлено у працях М. Олексюк. Особливу цінність для нашого дослідження мають розробки О. Ніколаєвої, яка обґрунтовує когнітивно-діяльнісний підхід у викладанні хімії та методи інтеграції цифрових технологій у навчання природничих дисциплін. У свою чергу, І. Голяд та М. Тропіна розглядають системну трансформацію технологічної освіти як стратегічний чинник розвитку людського капіталу в умовах цифрової економіки, акцентуючи увагу на потенціалі STEAM-підходу.

Теоретичний базис дослідження спирається на розуміння інтеграції як складного синтетичного процесу, що забезпечує цілісність підготовки фахівця. У системі вищої педагогічної освіти інтеграція реалізується на трьох ієрархічних рівнях: внутрішньопредметному (систематизація знань у межах хімічних дисциплін), міждисциплінарному (встановлення зв'язків між хімією, фізикою та матеріалознавством) та трансдисциплінарному (використання хімічного апарату для розв'язання наскрізних професійних завдань у галузі технологій). Методологічно така інтеграція виступає антиподом фрагментарному навчанню, дозволяючи студенту формувати не розрізнені знання, а системну «технологічну картину світу», де кожен матеріал чи процес розглядається як результат дії фундаментальних законів природи.

Концептуальним «ядром» міждисциплінарної взаємодії виступає хімічне матеріалознавство. Саме тут реалізується фундаментальний науковий ланцюжок: «Хімічна структура сполуки → Фізико-хімічні властивості матеріалу → Технологічні методи обробки → Експлуатаційні характеристики виробу». Для майбутнього вчителя технологій розуміння процесів полімеризації, кристалізації, адгезії та корозії не є суто теоретичним завданням, а стає інструментом для обґрунтованого вибору технологічного режиму. Таким чином, хімічне матеріалознавство трансформується з академічної дисципліни на методологічну базу інженерно-проектної діяльності здобувача вищої освіти.

Практична імплементація міждисциплінарної інтеграції у процес підготовки майбутніх учителів технологій вимагає комплексного перегляду як змістового наповнення хімічних дисциплін, так і методичного інструментарію їх викладання.

Традиційні курси загальної, неорганічної та органічної хімії для педагогічних спеціальностей часто мають абстрактний характер. Для підвищення якості підготовки вчителів технологій ми пропонуємо трансформацію змісту через введення професійно орієнтованих модулів, що фокусуються на прикладному матеріалознавстві.

Ключовим акцентом має стати вивчення високомолекулярних сполук та композиційних матеріалів, оскільки вони складають основу сучасного промислового виробництва та адитивних технологій. Здобувачі мають не лише вивчати класифікацію полімерів, а й розуміти хімізм процесів їхньої деструкції при термічній обробці, вплив стабілізаторів та пластифікаторів на експлуатаційні властивості. Окремі блоки повинні

бути присвячені адгезивам, лакофарбовим матеріалам та антикорозійним покриттям, що дозволить майбутньому вчителю обґрунтовано обирати засоби захисту та з'єднання конструкційних матеріалів у шкільних проєктах.

Ефективність засвоєння інтегрованих знань забезпечується переходом від репродуктивних до конструктивно-діяльнісних методів навчання.

1. Проєктна діяльність з хіміко-технологічним домінантом: навчальні проєкти мають будуватися навколо вирішення конкретної технічної задачі [2].

2. Лабораторний практикум прикладного характеру: замість стандартних пробіркових реакцій пропонується проведення досліджень, що імітують виробничі процеси.

3. Цифровізація та візуалізація (STEAM-підхід): використання цифрових мікроскопів, комп'ютерне моделювання та віртуальні симуляції хімічних реакцій [3].

Зміна ролі викладача у цьому процесі є критичною. Він має виступати не лише як носій знань, а як фасилітатор, який допомагає студенту виявити причинно-наслідкові зв'язки між хімічною будовою речовини та її технологічним застосуванням. Це вимагає від викладача ЗВО володіння не лише хімічною, а й технологічною термінологією, що є основою для створення спільного «термінологічного поля» з викладачами спеціальних дисциплін.

Таким чином, методична система, побудована на конвергенції хімічної теорії та технологічної практики, створює умови для формування фахівця, здатного до реалізації складних міждисциплінарних STEAM-проєктів у майбутній професійній діяльності [1].

Впровадження міждисциплінарної інтеграції хімічних та технологічних знань у процес підготовки майбутніх учителів технологій дозволяє досягти якісно нових освітніх результатів:

– розвиток професійно-технологічного мислення: перехід від фрагментарного до інтегрованого навчання сприяє трансформації мислення студента з репродуктивного на аналітико-проєктне. Глибоке розуміння хімізму процесів дозволяє здобувачу прогнозувати поведінку матеріалів. Це критично важливо для запобігання технологічним помилкам та підвищення культури безпеки праці, оскільки знання про властивості речовин стають частиною професійного досвіду, а не лише академічною довідкою;

– формування цілісної науково-технологічної картини світу: здобувачі починають усвідомлювати єдність законів природи та техніки. Хімія у цьому контексті виступає як пояснювальна база для технологічних явищ. Сприйняття технології як «прикладної науки» нівелює розрив між природничо-науковою та технічною підготовкою, що є необхідною умовою для успішної реалізації STEAM-проєктів у майбутній педагогічній діяльності;

– інтенсифікація пізнавальної мотивації: практико-орієнтована подача навчального матеріалу радикально змінює ставлення здобувачів до предмета [4]. Хімія перестає сприйматися як складна абстрактна дисципліна, стаючи інструментом професійної самореалізації. Розуміння того, як знання про будову речовини допомагають створити якісний інноваційний виріб, виступає потужним стимулом до глибинного вивчення природничих наук.

Вищесказане дозволяє окреслити низку побажань та перспективних напрямів для подальшого вдосконалення методики підготовки вчителя технологій на засадах міждисциплінарної інтеграції.

По-перше, вбачається доцільним спрямування зусиль на створення інноваційного навчально-методичного контенту, зокрема інтегрованих посібників серії «Хімія для технологій». Бажано, щоб такий контент поєднував фундаментальну хімічну теорію з яскравими кейсами сучасного виробництва, адитивних технологій та прикладами успішних шкільних STEAM-проектів. Це дозволить зробити навчання ще більш наочним та прикладним.

По-друге, перспективним вектором є поглиблення міждисциплінарної співпраці викладацького складу. Пропонується створення спільних творчих груп, до яких би входили хіміки, технологи та методисти. Така взаємодія сприятиме обміну досвідом, дозволить викладачам хімії глибше інтегрувати технологічний контекст у свої курси, а викладачам технологій — актуалізувати наукову базу своїх дисциплін. Бажаним є впровадження практики крос-дисциплінарних семінарів та спільних воркшопів.

По-третє, велике значення має подальша візуалізація та цифровізація освітнього простору. Висловлюється побажання щодо розширення використання віртуальних симуляцій мікроструктурних процесів та цифрових лабораторій. Створення на базі ЗВО відкритих STEAM-хабів, де студенти різних факультетів могли б спільно працювати над наукоємними проектами, стане вагомим внеском у формування професійної еліти нового покоління.

Загалом, подальший розвиток запропонованих підходів вбачається у створенні цілісної екосистеми, де хімічна наука та технологічна практика існують у нерозривній єдності, готуючи вчителя-інноватора до викликів майбутнього.

#### Список використаних джерел

1. Голяд І. С., Тропіна М. А. Системна трансформація технологічної освіти як стратегічний чинник розвитку людського капіталу. *Український педагогічний журнал*. 2025. Т. 2. С. 44-54. URL : <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-2-44-54>
2. Кільдеров Д. Е. Теоретичні і методичні засади забезпечення якості підготовки майбутніх учителів технологій на основі інтегрованого навчання: дис. ... док. пед. наук : спец. : 13.00.04 – Теорія і методика професійної освіти. Вінниця, 2018. 577 с.
3. Ніколаєва О. Інтеграція цифрових технологій у навчання природничих дисциплін: когнітивно-діяльнісний підхід у викладанні хімії. *Наша школа: науково-практичні студії*. 2025. №. 3 (11). С. 26-31. URL : <http://nashasholadoi.oano.od.ua/article/view/344190/331841>
4. Плачинда Т. Стимулювання здобувачів освіти до активної навчальної діяльності. Теорія і практика професійного становлення фахівця в інноваційному освітньому середовищі: монографія [Електронне видання] / кол. авт; за заг. ред. проф. Н.П. Волкової, О.О. Лаврентьевої. Дніпро: Університет імені Альфреда Нобеля. 2023. С. 226-247. URL : <https://ir.duan.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cfb742d8-05bc-4502-86ad-46bb93ea223a/content>

## УРОКИ ХІМІЇ – СТВОРЮЄМО РАЗОМ!

Троян О. О.

Ліцей «Перспектива» Світловодської міської ради Кіровоградська область

Сьогодні урок хімії — простір, створений для пізнання, досліджень і розвитку допитливості. Хімія — це наука, що вивчає будову речовин, їхні властивості та те, як вони

взаємодіють між собою. Саме тут здобувачі освіти матимуть змогу не просто читати про це в підручнику, а спостерігати за процесами наживо, щоб уроки цієї важливої науки стали ще цікавішими, `доступнішими та продуктивнішими для всіх. Хімія займає особливе місце серед природничих наук. Вона допомагає зрозуміти, з чого складається навколишній світ, як поведуться речовини та які процеси відбуваються в природі й у повсякденному житті. Саме тому, щоб кожен здобувач освіти міг не просто слухати теорію, а й бачити її застосування на практиці. Проводити уроки хімії у комфортних умовах, спостерігати за різними явищами та вивчати властивості речовин на практиці.

На уроках можна проводити експерименти, робити спостереження та обговорювати результати разом із вчителем і однокласниками. Уроки допомагають розвивати уважність, логічне мислення та навички роботи з науковою інформацією.

Де здобувачі освіти зможуть відкривати нові знання, досліджувати навколишній світ і застосовувати теоретичні знання на практиці. щоб уроки хімії були цікавими, корисними та надихали на нові відкриття.

Методи викладання хімії фокусуються на інтерактивності, візуалізації та цифровізації, що значно підвищує зацікавленість учнів. Ключовими є використання віртуальних та наочних лабораторій, змішаного навчання, цікавих родинок у викладанні. Всі ці методи дозволяють проводити експерименти, демонструвати молекулярні структури та розвивати критичне мислення.

Починаємо вивчати хімію в 7 класі. Деякі діти у передчутті дива – вони очікують видовищних експериментів на кожному уроці. Інша частина здобувачів освіти взагалі упевнені, що хімія – це складно, нудно і майже непотрібно. Кольорові та захоплюючі досліди справді не є складовим компонентом кожного уроку. Вчитися систематично та наполегливо насправді важко.

Як навчити здобувачів освіти хімії цікаво, невимушено, без напруження, скутості чи примусу, інтегрувати в уроки безпечні досліди, які допоможуть повернути азарт, завзятість та мотивацію до навчання?!

З метою зацікавлення дивовижною наукою хімією перед початком її вивчення або на першому уроці в 7 класі проводжу батл «Чи можна прибрати хімію з повсякденного життя?!», допомагають здобувачі освіти 11 класу, які в образах казкових героїв доводять гіпотезу, що без хімії нереально прожити. Наприклад,

-Доброго дня, діти, вас вітає Козак Флогістон, і моя команда!

Чи знаєте ви таку науку як хімія?

Це дуже цікава і захоплююча наука!

Ось наприклад: хто з вас полюбляє шашлики?

А чи бачили ви як їх готують, чи можливо самі готували їх?

Як ви вважаєте навіщо дмухають, або махають на жар в кострі?

Правильно щоб він краще горів і шашлик краще просмажився!

Ось вам і хімія кисень Є головним моментом у вогні!

Давайте я покажу вам дослід!



Чи любляете ви їсти бутерброди?  
 Наприклад хліб і колбаса  
 Чи знали ви що вони мають у своєму складі крохмаль?  
 Давайте проведемо дослід на виявлення крохмалю!  
 Але ви не хвилюйтеся, це не означає що це не можна їсти, а навіть навпаки!  
 Крохмаль -джерело енергії в організмі людини крохмаль розщеплюється до  
 глюкози, яка є основним паливом для клітин!  
 Ось наскільки цікава ця дивовижна наука-Хімія  
 А зараз мої друзі теж познайомлять вас з нею!



- А мене звати Реактивчик і я вам продемонструю наступний експеримент!  
 А ви знали, що у кожного вдома живуть справжні чарівники? Їх звати сода і оцет!  
 Вони не схожі на фокусників, але можуть робити справжні дива — і на кухні, і під час  
 дослідів. Чи любите ви різну випічку?  
 Коли мама чи бабуся пече млинці, кекси, пиріжки або печиво, вона додає трохи  
 соди.  
 Сода вмє робити тісто пухким, легким, як хмаринка. Але щоб сода "прокинулася"  
 і почала діяти, їй потрібен помічник — оцет. Вони разом допомагають тісту підніматися,  
 роблячи його смачним.

А ще з ними можна провести веселий хімічний експеримент, який точно сподобається кожному!

Одночасно ми проведемо ще один чарівний трюк, надуємо повітряну кулю без насосу.

Дослід: Виверження вулкану



Це відбувається тому, що сода і оцет дуже люблять "гратися разом" — коли вони зустрічаються, починається справжнє пінне свято! А повітряна куля надувається завдяки вуглекислому газу, який виділяється під час цього "свята".

А хтось з вас знає, що таке вуглекислий газ?

Вуглекислий газ – це повітря, яке люди та тварини видихають. Рослини його люблять, бо використовують для росту, щоб потім перетворити на кисень, яким ми дихаємо. Вчити хімію – це цікаво!

- Привіт! Я — доктор Неболить! Сьогодні ми поговоримо про найпопулярнішу травму серед школярів — побиті коліна.

От біжиш собі на перерві — бах і вже штанина порвана, а коліно поюките. Знайомо, правда? Зеленка — це добре, вона допомагає ранці не запалитися. Але потім вона тримається, і ніяк не змивається.

Щоб вивести зеленку, я використовую перекис водню — він лоскоче, як бульбашки в лимонаді. А ще — нашатирний спирт. Не переживайте, запах трохи сильний, але я візьму зовсім трохи. Ось тепер нічого не пече, нічого не болить. Зеленка зникає, а колінко знову стає нормального кольору, не зелене, як у прибульця.



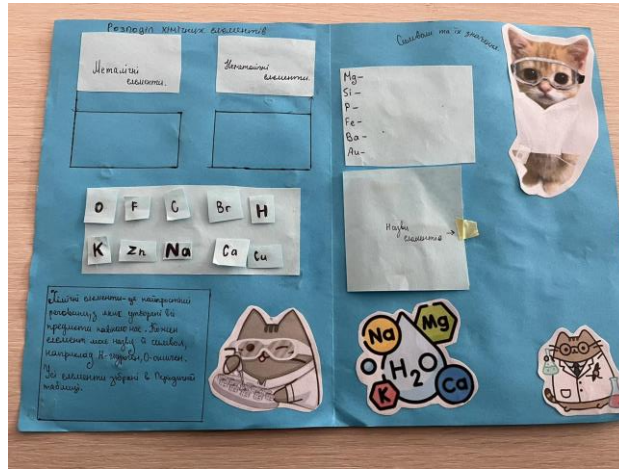
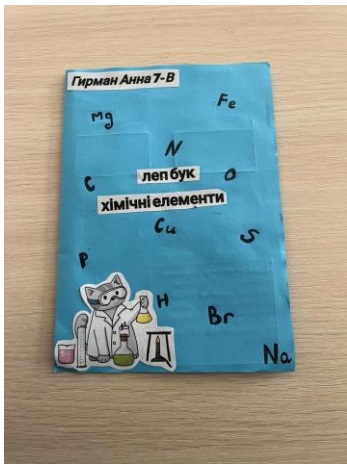
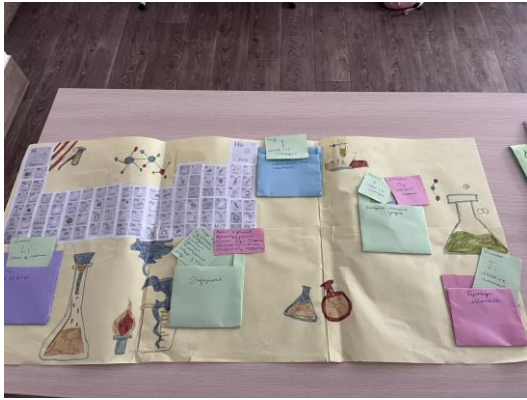
Тож, якщо раптом ви знову захочеться «обійматися» з асфальтом — ви знаєте, що робити.

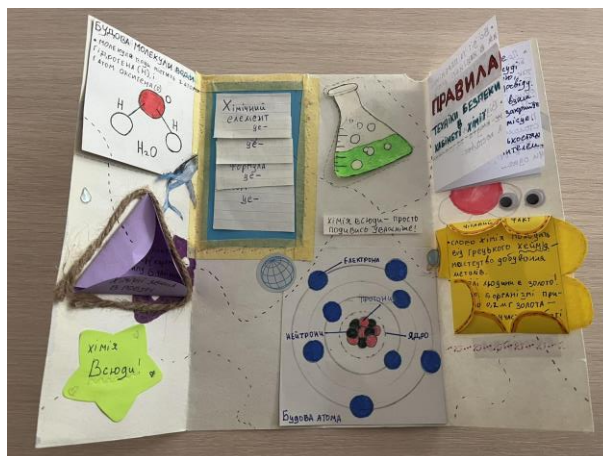
Привіт, сьогодні я, Вітамінка, розкажу вам про антоціани. Це такі кольорові чарівники. Вони живуть у овочах, ягодах і квітах, фруктах і каркаде. Це те що фарбує вишні у червоний, виноград у фіолетове, а капусту у синьо-фіолетовий колір. Вони допомагають нашому організму бути здоровими, захищають очі, шкіру і навіть роблять нас сильнішими. Сьогодні я покажу вам одну їхню особливість. Антоціани вміють змінювати колір коли зустрічаються з іншими речовинами. Можуть набувати жовтий, зелений, темно-синій, рожевий або яскраво червоний колір в залежності від середовища в яке потрапили



Висновок такого уроку – без хімії неможливо, вона нас оточує всюди!

Як спростити складне? Ми знаємо, що найважливіше в хімії – періодична система хімічних елементів. Заучувати назви хімічних елементів – малоцікаво, тому пропоную здобувачам освіти попрацювати з інтерактивною періодичною системою та створити інтерактивний лепбук





Як краще запам'ятати матеріал уроку? Краще запам'ятовується, той, що забарвлений емоційними фарбами. Які трапляються емоції на уроці хімії? Це захоплюючі історії! Наприклад, як Дмитру Менделєєву наснилася періодична таблиця, сам Дмитро Менделєєв спростував міф про те, що періодична система наснилася йому миттєво. Вчений підкреслював: «Я над нею, може бути, двадцять років думав, а ви думаєте: сидів і раптом...» - виникає проблемне питання - чому такі сни нам сняться? Чи вуглець — другий за поширеністю елемент в організмі людини після кисню, його кількості достатньо, щоб виготовити близько 10000 олівців – проблемне питання: як пов'язані графіт та карбон? Або люди почали використовувати хімічні процеси ще за 4000 років до н. е. – проблемне питання: які з цих процесів можна використовувати й сьогодні?

Доречно грати, адже гра - активна форма пізнання навколишньої дійсності. Різноманітність її форм вводить здобувачів освіти в коло реальних хімічних явищ, пізнання якості і властивості класів сполук, їх призначення, способи добування та використання, засвоює зв'язки і відносини між явищами, сполуками, відкривають свої можливості і здібності. *Гра дає змогу глибоко дослідити тему, допоможе залучити всіх здобувачів освіти до спільної роботи та створить позитивне відношення до навчання.* Застосовую такі ігри: 1. «Хімічне лото» (тема «Класи неорганічних сполук»),

2. кубики Блюма (з теми «Валентність»),

3. Вгадай термін - обираємо людину, яка буде “пояснювати” хімічний термін / речовину / процес, використовуючи жести й міміку, танці, стрибки й кривляння; приймаючи будь-які позиції; показуючи слово цілком або частинами; даючи однозначні відповіді “так” і “ні” на запитання, під час демонстрації заборонено писати й малювати; вимовляти склади й букви (навіть без звуку); показувати літери. Можна запропонувати пояснити терміни – бензен, каталізатор, розчин – ви побачити який шквал позитивних емоцій буде у дітей та термін запам'ятають неодмінно!

Хімічний батл між 7 класами «Валентність».



Досліди – невід’ємна складова хімії. Пропоную провести експеримент в домашніх умовах – він має бути безпечний для виконання в домашніх умовах та із застосуванням відповідних речовин, що використовуються в побуті.



Дітям подобається спостерігати, порівнювати, досліджувати!  
 Досліджувати навколишнє середовище, запитувати, отримувати відповіді, бути «чомучками» - є потребами дитини. Запитання – це зацікавленість, бажання дізнатися





Які навички при цьому розвиваються:

- Спостереження та уважність;
- Соціально-емоційна ерудиція (обізнаність);
- Креативне мислення;
- Логічне мислення;
- Цифрова грамотність;
- Громадянська відповідальність;

Висновок: уроки хімії – цікаві та необхідні!

#### Список використаних джерел

1. Наталія Зима «До навчання з «Новою українською школою» / заг. ред. Є.В. Афоніна, О.О. Заріцький, Н. «Путівник психологів в Новій українській школі», 250 с.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ПОЗАКЛАСНОЇ РОБОТИ З ХІМІЇ

**Тягнирядно-Недурб С. О.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

У контексті модернізації системи загальної середньої освіти особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності навчання природничих дисциплін, зокрема хімії. Одним із дієвих засобів реалізації компетентнісного підходу є організація позакласної роботи, яка забезпечує розширення змісту навчального матеріалу, формування дослідницьких умінь та розвиток пізнавальної активності учнів.

Позакласна робота з хімії створює умови для інтеграції теоретичних знань із практичною діяльністю, сприяє формуванню експериментальної культури та екологічного мислення. Особливої цінності набувають заняття, що ґрунтуються на проведенні дослідницьких експериментів, пов'язаних із реальними технологічними процесами.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування організації позакласної роботи з хімії та розроблення методичних підходів до проведення гурткового заняття з теми електрохімічного травлення латуні та осадження міді з розчинів на основі натрій хлориду. Теоретико-педагогічні засади організації позакласної роботи з хімії

Позакласна робота з хімії є складовою системи навчально-виховного процесу, що здійснюється поза межами обов'язкових уроків і має добровільний характер. Її метою є поглиблення знань, розвиток творчих здібностей учнів, формування стійкого інтересу до предмета та професійна орієнтація.

Основними принципами організації позакласної роботи є: науковість, доступність і відповідність віковим особливостям, зв'язок теорії з практикою, добровільність участі, системність і послідовність, безпечність експериментальної діяльності.

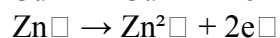
Ефективними формами позакласної роботи є хімічні гуртки, факультативні заняття, предметні олімпіади, дослідницькі проекти, наукові конференції, тематичні вечори та майстер-класи. Найбільш результативною формою вважається гурткова діяльність, яка дозволяє організувати систематичну експериментальну роботу.

Особливу роль у позакласній роботі відіграє дослідницький метод навчання, що передбачає постановку проблеми, формулювання гіпотези, проведення експерименту, аналіз результатів та формулювання висновків. Такий підхід сприяє формуванню ключових компетентностей: природничо-наукової, технологічної, екологічної та комунікативної.

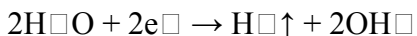
Методичні аспекти проведення гурткового заняття з теми електрохімічного травлення латуні

Однією з актуальних тем для позакласної роботи є вивчення електрохімічних процесів, зокрема електрохімічного травлення металів. Запропонована тема дозволяє інтегрувати знання з неорганічної та фізичної хімії, електрохімії та матеріалознавства.

Латунь як сплав міді (60–70 %) та цинку (30–40 %) є зручним об'єктом дослідження. У процесі електрохімічного травлення під дією електричного струму відбувається анодне розчинення металів із утворенням іонів  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Zn}^{2+}$ :



Катодний процес у водному розчині натрій хлориду супроводжується відновленням води:



За певних умов можливе також виділення хлору на аноді:



У результаті травлення утворюється розчин, що містить іони  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  і  $\text{Cl}^{-}$ . Це створює можливість подальшого виділення міді електрохімічним або хімічним способом.

Організація експериментальної діяльності учнів

Проведення гурткового заняття передбачає дотримання таких етапів:

Теоретичне обґрунтування електрохімічних процесів.

Інструктаж з техніки безпеки.

Підготовка обладнання (джерело струму 2–4 В, електроди, електроліт NaCl).

Проведення електролізу та спостереження за процесом травлення.

Аналіз отриманих результатів.

Особлива увага приділяється формуванню навичок безпечної роботи з електричними приладами та реактивами. Учні повинні усвідомлювати можливість виділення газоподібних продуктів (водню, хлору) та необхідність проведення експерименту в добре вентильованому приміщенні.

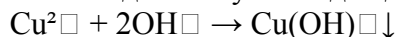
Методи виділення міді як елемент екологічного виховання

Важливим аспектом заняття є демонстрація можливості повторного використання відпрацьованих розчинів. Виділення міді може здійснюватися електрохімічним способом:



Селективність процесу зумовлена різницею стандартних електродних потенціалів міді (+0,34 В) та цинку (-0,76 В), що дозволяє осаджувати переважно мідь.

Альтернативним методом є хімічне осадження у вигляді гідроксиду:



Подальше нагрівання забезпечує утворення  $\text{CuO}$ , який може бути відновлений до металеві міді.

Залучення учнів до аналізу екологічних аспектів процесу сприяє формуванню відповідального ставлення до навколишнього середовища та розуміння принципів ресурсозбереження.

Педагогічна ефективність запропонованої методики

Використання електрохімічного експерименту в позакласній роботі забезпечує: поглиблення знань з електрохімії, розвиток практичних умінь, формування дослідницької компетентності, підвищення мотивації до вивчення хімії, професійну орієнтацію учнів у сфері хімічних технологій.

Практична спрямованість теми дозволяє продемонструвати зв'язок шкільного курсу хімії з сучасними виробничими процесами.

Організація позакласної роботи з хімії на основі дослідницької діяльності є ефективним засобом формування природничо-наукової компетентності учнів. Розроблене гурткове заняття з теми електрохімічного травлення латуні дозволяє поєднати теоретичні знання з практичним експериментом та сприяє розвитку експериментальних навичок.

Запропонований підхід забезпечує інтеграцію навчальної, виховної та екологічної складових, формує відповідальне ставлення до використання хімічних речовин і демонструє можливості раціонального використання металів.

Таким чином, впровадження експериментально орієнтованих форм позакласної роботи є перспективним напрямом удосконалення методики навчання хімії в закладах загальної середньої освіти.

### Список використаних джерел

1. Бард А. Дж., Фолкнер Л. Р. Електрохімічні методи: основи та застосування. Київ: Наукова думка, 2019. 856 с.
2. Гончаренко С. У. Педагогіка: навчальний посібник. – Київ: Либідь, 2011. 376 с.
3. Жук Ю. О. Методика навчання хімії в загальноосвітніх навчальних закладах. Київ: Освіта, 2010. – 320 с.
4. Новіков В. М., Рубан А. В. Основи електрохімії. – Київ: Видавничий дім «Академперіодика», 2018. 38 с.
5. Пометун О. І., Пироженко Л. В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання. Київ: А.С.К., 2004. 192 с.

6. Теоретична електрохімія: навчальний посібник. Київ: Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2020. 40 с.
7. Hamann C. H., Hamnett A., Vielstich W. *Electrochemistry*. – 2nd ed. – Weinheim: Wiley-VCH, 2007. 550 p.
8. Zoski C. G. (Ed.) *Handbook of Electrochemistry*. Amsterdam: Elsevier, 2007.

## ГЕЙМІФІКАЦІЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ХІМІЇ

Череп В. В.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасна освіта переживає період активних змін. Те, що ще кілька років тому працювало безвідмовно, сьогодні вже не завжди відповідає потребам і психологічним особливостям нового покоління здобувачів освіти. Особливо це відчутно у викладанні природничих дисциплін, зокрема хімії. Для багатьох учнів вона залишається «складною» наукою, перевантаженою формулами, абстрактними поняттями та великою кількістю теорії. Як наслідок — зниження інтересу й мотивації до навчання [2].

Ситуація ускладнилася в умовах дистанційного та змішаного навчання, коли можливості проведення повноцінних лабораторних дослідів стали обмеженими. Саме тому актуальним є пошук підходів, які допоможуть зробити навчання більш залученим, зрозумілим і практикоорієнтованим. Одним із таких підходів є гейміфікація — використання ігрових механік у неігровому освітньому середовищі.

Аналіз науково-методичних джерел свідчить, що гейміфікація — це не просто розвага чи «оживлення» заняття. Це системний дидактичний інструмент, який здатен підсилити навчальну мотивацію та активізувати пізнавальну діяльність. Як зазначає О. Анічкіна, ігрові елементи допомагають трансформувати зовнішню мотивацію (орієнтацію на оцінку) у внутрішню — інтерес до самого процесу пізнання [1].

У практиці викладання хімії можна виділити кілька ефективних напрямів реалізації гейміфікації.

### 1. Цифрові ігрові платформи.

Одним із найпоширеніших інструментів є використання сервісів для інтерактивного опитування та тестування, таких як Kahoot!, Quizlet, LearningApps. Їх застосування, зокрема під час вивчення медичної біохімії, демонструє позитивний вплив на активність студентів [3].

Елемент змагання, миттєвий зворотний зв'язок, візуальна динаміка — усе це перетворює звичайне тестування на своєрідний виклик. Учні сприймають перевірку знань не як стресову ситуацію, а як можливість проявити себе. Це знижує напругу та сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

### 2. Віртуальні лабораторії та симуляції.

Для хімії надзвичайно важливою є наочність і можливість експерименту. Коли реальні лабораторні умови обмежені, ефективною альтернативою стають віртуальні середовища, зокрема PhET Interactive Simulations.

Дослідження І. Сальник та співавторів підтверджують, що інтерактивні симуляції дозволяють учням безпечно змінювати параметри реакцій, моделювати будову атомів, спостерігати процеси на мікрорівні [4]. Така «гра з явищами» формує глибше розуміння причинно-наслідкових зв'язків і сприяє усвідомленому засвоєнню знань.

Також платформою для гейміфікації може виступати Minecraft Education Edition, що передбачає вивчення різних наук, в тому числі і хімії, і для цього існують різні предмети і інструменти, передбачені платформою, що є сполуками, продуктами використання сполук, та приладами, що використовуються для синтезу сполук, створення існуючих ізотопів існуючих атомів на основі моделі атому Бора, та предмети, що передбачають проведення і організації навчання та створення асистента вчителя, що може виконувати функції передбачені платформою.

### 3. Edutainment та творчі проекти.

Гейміфікація не обмежується цифровими технологіями. Підхід edutainment (навчання через розвагу) передбачає поєднання освітнього змісту з творчою діяльністю. Одним із прикладів є створення лепбуків — тематичних інтерактивних папок.

Такий формат дозволяє структурувати інформацію, візуалізувати складні теми (будову речовин, типи реакцій, класи сполук) та водночас розвивати креативність. За результатами досліджень Ю. Шафорост та колег, edutainment сприяє розвитку м'яких навичок (soft skills) і підвищує зацікавленість у навчанні [5].

Позитивний вплив гейміфікації підтверджується й зарубіжними дослідженнями. Так, Г. Чанс і М. Кастро встановили пряму залежність між використанням ігрових механік (бали, рівні, бейджі) та зростанням рівня залученості студентів до вивчення хімії [6].

Отже, впровадження елементів гейміфікації та підходу edutainment у процес вивчення хімії є не просто даниною моді, а дієвим дидактичним інструментом. Використання цифрових платформ, віртуальних симуляцій та творчих проектів дозволяє перетворити складний теоретичний матеріал на доступний та захопливий формат. Це сприяє зниженню освітньої тривожності, розвитку гнучких навичок та, найголовніше, трансформації зовнішньої мотивації у ширий внутрішній інтерес до хімічної науки.

### Список використаних джерел

1. Анічкіна О. В. Гейміфікація — сучасний виклик хімічної освіти. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*. 2020. Вип. 3 (102). С. 74–79.
2. Волошина І. В. Психологічне благополуччя вчителя та учнів в умовах воєнного стану. *Альманах науки та освіти*. 2025. № 9. С. 15–18.
3. Постернак Н., Токменко І., Яніцька Л. Застосування гейміфікації під час проведення практичних занять з дисципліни «Медична біохімія». *Освіта. Інноватика. Практика*. 2023. Т. 11, № 6. С. 13–21.
4. Сальник І. В., Фоменко О. В., Горюнова К. В. Теоретичні аспекти впровадження ігрових технологій у навчанні природничих дисциплін. *Наукові записки ЦДПУ ім. В. Винниченка*. 2025. Вип. 2. С. 66–72.
5. Шафорост Ю. А., Лут О. А., Шмиголь І. В. Edutainment у хімічній підготовці здобувачів освіти. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Педагогічні науки»*. 2024. № 1. С. 183–190.
6. Chans G. M., Portuguese Castro M. Gamification as a Strategy to Increase Motivation and Engagement in Higher Education Chemistry Students. *Computers*. 2021. Vol. 10, No. 10. P. 132–148.

# РОЗВИТОК ПІЗНАВАЛЬНОЇ САМОСТІЙНОСТІ ТА УЯВИ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Шевченко В. П.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

У контексті модернізації системи загальної середньої освіти гостро стоїть питання підвищення рівня пізнавальної активності та розвитку уяви старшокласників як ключових чинників формування інтелектуального й творчого потенціалу особистості. Сучасні освітні стандарти орієнтовані на компетентнісну модель навчання, що передбачає не лише засвоєння сукупності знань, а й розвиток здатності учнів до самостійного пізнання, критичного мислення та творчої діяльності.

Пізнавальна активність розглядається як інтегративна характеристика навчальної діяльності учнів, що охоплює мотиваційно-ціннісний, когнітивний та операційно-діяльнісний компоненти. Вона виявляється у прагненні до пізнання, ініціативності, самостійності у здобутті знань та готовності до їх практичного застосування. Рівень пізнавальної активності безпосередньо впливає на ефективність навчального процесу та якість освітніх результатів [4].

Уява є важливою психічною функцією, що забезпечує можливість опосередкованого відображення дійсності, створення нових моделей на основі наявного досвіду. У старшому шкільному віці уява набуває більш усвідомленого та довільного характеру, тісно пов'язується з абстрактно-логічним мисленням і виступає необхідною умовою здійснення творчої та дослідницької діяльності. Розвинена уява сприяє формуванню гіпотетичного мислення, здатності до прогнозування та інтерпретації результатів пізнання.

Ефективним засобом розвитку пізнавальної активності та уяви старшокласників є організація дослідницької діяльності в освітньому процесі. Дослідницька діяльність учнів трактується як цілеспрямована навчально-пізнавальна діяльність, що ґрунтується на використанні елементів наукового пізнання та спрямована на самостійне здобуття нових знань або поглиблення наявних у процесі розв'язання проблемних завдань.

Залучення старшокласників до дослідницької діяльності сприяє трансформації їх ролі з об'єкта навчального впливу на активного суб'єкта пізнання. У процесі дослідження учні оволодівають уміннями формулювати проблему, висувати гіпотези, добирати доцільні методи дослідження, здійснювати аналіз та узагальнення отриманих результатів, що позитивно впливає на розвиток їх пізнавальної самостійності та рефлексивних здібностей [2].

Дослідницька діяльність створює сприятливі умови для розвитку уяви, оскільки передбачає активне використання мисленнєвих операцій моделювання, аналогії, прогнозування та інтерпретації. У процесі виконання дослідницьких завдань учні залучаються до конструювання уявних моделей досліджуваних об'єктів і процесів, що сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу та формуванню системного бачення наукових явищ.

Важливу роль у розвитку пізнавальної активності старшокласників відіграють різноманітні форми організації дослідницької діяльності, зокрема навчальні та міждисциплінарні проекти, лабораторні й практичні дослідження, науково-пошукові роботи, участь у предметних олімпіадах, конкурсах і діяльності Малої академії наук

України. Зазначені форми сприяють індивідуалізації навчання, врахуванню освітніх потреб і здібностей учнів, а також формуванню стійкої мотивації до навчально-пізнавальної діяльності [1].

Ефективність дослідницької діяльності значною мірою залежить від педагогічних умов її реалізації. До таких умов належать створення проблемного навчального середовища, забезпечення методичного супроводу дослідницької роботи, стимулювання пізнавальної ініціативи учнів, організація рефлексії та оцінювання результатів дослідження. У цьому контексті вчитель виступає не лише джерелом знань, а й фасилітатором пізнавального процесу, консультантом і координатором дослідницької діяльності учнів.

Результати педагогічних спостережень і аналізу освітньої практики свідчать, що систематичне використання дослідницьких методів навчання сприяє підвищенню рівня пізнавальної активності старшокласників, розвитку їх уяви, креативності та критичного мислення. Учні демонструють вищу здатність до самостійного пошуку та опрацювання інформації, аргументованого формулювання висновків і застосування здобутих знань у нових навчальних і життєвих ситуаціях [3].

Отже, дослідницька діяльність є дієвим педагогічним засобом розвитку пізнавальної активності та уяви старшокласників. Її впровадження в освітній процес забезпечує формування ключових і предметних компетентностей, сприяє становленню наукового типу мислення та підвищує якість загальної середньої освіти. Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні та експериментальній перевірці методик організації дослідницької діяльності учнів з урахуванням профілю навчання та індивідуальних освітніх траєкторій.

#### **Список використаних джерел**

1. Дуткевич Т.В. Дитяча психологія. Навчальний посібник. Київ.: Центр учбової літератури, 2012. 424 с.
2. Лиходєєва Г.В. Навчально-дослідницькі уміння та дослідницька діяльність учнів у психолого-педагогічній літературі. *Дидактика математики: проблеми і дослідження: Міжнародний збірник наукових робіт*. 2007. Вип. 27. С. 89-94.
3. Калюжна Ю. Особливості розвитку пізнавальних інтересів підлітків та старшокласників. *Витоки педагогічної майстерності*. 2017. Вип. 19. С. 171-176.
4. Ягенська Г.В., Степанюк А.В. Формування дослідницьких умінь школярів у галузі природничих наук (друга половина ХХ – початок ХХІ століття): монографія. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. 282 с.

## **ШКІЛЬНИЙ ПІДРУЧНИК ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ РЕСУРС МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТЬОГО ВЧИТЕЛЯ**

**Ярошенко О. Г.**

Інститут вищої освіти НАПН України

Головна мета довготривалої реформи, що нині відбувається в середній освіті – створити нову школу, в якій здобувачі середньої освіти комфортно навчатимуться, опановуватимуть не тільки знаннями, а й уміннями застосовувати їх у повсякденному

житті, вчитимуться критично мислити, експериментувати та вільно висловлювати власну думку і відстоювати її [ 2 ].

Нова українська школа чекає на молодих фахівців, здатних впроваджувати інновації в освітній процес, продукувати нові педагогічні ідеї, модернізувати та творчо використовувати новації, наявні у педагогічній практиці. Відтак, методична підготовка майбутнього вчителя повинна орієнтуватись на формування у здобувачів вищої освіти готовності до інноваційної діяльності. Її ми трактуємо як «сформований під час навчання комплексний набуток особистості, що за природою і сутністю є симбіозом мотиваційного, когнітивного і процесуального компонентів» [ 3, с.86 ].

Аналіз вітчизняного досвіду засвідчив, що у методичній підготовці майбутніх учителів недостатньо уваги приділяється інноваціям, пов'язаним з професійною діяльністю у сучасних закладах повної загальної середньої освіти. Доводиться констатувати, що імплементація у процес професійної підготовки вчителя новацій, властивих НУШ, лишається нерозв'язаною проблемою вищої педагогічної освіти. Між тим аналіз зарубіжного досвіду свідчить, що в зарубіжжі не обмежуються викладанням студентам теорії інноваційної діяльності, а створюють освітнє середовище, сприятливе для формування у майбутніх фахівців умінь генерувати ідеї, розробляти прототипи, запускати стартапи тощо, організовують з цією метою студентські хакатони й інноваційні хаби, простори для прототипування й експериментів та інше. Готуючи майбутніх фахівців до професійної діяльності за обраним фахом, формують та оцінюють не лише знання, а й здатності генерувати нові рішення, тому оцінюванню підлягають не знання у чистому вигляді, а уміння генерувати нові ідеї, приймати інноваційні рішення на основі набутих знань.

З поміж багатьох засобів методичної підготовки здобувачів вищої педагогічної освіти до інноваційної діяльності уваги вартують чинні шкільні підручники для НУШ. Загальновідомо, що для втілення Концепції НУШ на конкурсній основі було відібрано по п'ять підручників хімії для учнів 7 і 8 класів, за якими нині навчаються здобувачі середньої освіти, а в 2026 році конкурсний відбір МОН України пройшли чотири підручники хімії для 9 класів. Те, що в активі всіх цих підручників є перемога на конкурсах підручників і відповідний гриф Міністерства освіти і науки України, доводить, що кожен авторський колектив реалізував основні ідеї НУШ і підручники відповідають Державному стандарту базової середньої освіти [ 1 ].

Хоча чинне покоління підручників є по справжньому інноваційним, авторські підходи до написання кожного підручника різні. Ця важлива обставина посилює вагомість і детермінує необхідність кожному студенту під час академічного навчання вникнути в особливості кожного підручника, здійснити порівняння навчально-методичного апарату підручників, з'ясувати, якому рівню підготовки учнів найбільше відповідає кожен підручник, наскільки повно вділений принцип наступності, реалізовано міжпредметні та внутрішньопредметні зв'язки тощо. Наразі, який з підручників обере молодий учитель/вчителька – випускник університету – за основний і на його змісті вибудовуватиме власну методичну систему, залежатиме від ефективності використання шкільних підручників у якості засобу методичної підготовки здобувачів вищої освіти. Про це слід пам'ятати викладачам методики навчання хімії і дбати про те, щоб до шкіл прийшли випускники, які мають належну обізнаність з особливостями, перевагами, почасти, недоліками кожного підручника.

Аудиторна та самостійна робота студентів з опрацювання підручників хімії для НУШ дозволить здобувачам вищої освіти опанувати інноваціями нової школи, серед яких – навчання через дослідження, робота в команді, оцінювання за групами результатів, проектна діяльність, робота з інформацією тощо. Дізнатись, як все це розкрито та дидактично забезпечено у кожному підручнику хімії – ключове завдання методики навчання хімії. З цією метою може бути використана різноманітна палітра форм організації навчання і видів навчальних занять, наприклад, гостьові лекції авторів шкільних підручників.

Загальновідомо, що підручник – головна навчальна книга для учнівства й методичний орієнтир педагогічної діяльності для вчителя. Тому за умови, що нові підручники хімії стануть надійним засобом методичної підготовки майбутніх учителів хімії й об'єктом вдумливого аналізу та порівняння відображених у підручниках новацій шкільної освіти, матимемо когорту вчителів зі сформованою готовністю до інноваційної діяльності у сучасній українській школі, здатних реформувати середню освіту на компетентнісних засадах.

#### **Список використаних джерел**

1. Державний стандарт базової середньої освіти. URL: [https://osvita.ua/legislation/Ser\\_osv/76886/](https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/76886/).
2. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти “Нова українська школа” на період до 2029 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80>
3. Ярошенко О. Сутність готовності майбутніх фахівців до інноваційної діяльності в умовах повоєнного відновлення країни. Теоретичні засади розвитку інноваційної діяльності університетів у контексті стійкого розвитку : монографія / Ю. Скиба, О. Жабенко, В. Ковтунець, О. Отич, Л. Червона О. Ярошенко; за ред. Ю. Скиби. Київ : Інститут вищої освіти НАПН України, 2025. С. 79 – 90.

## **СЕКЦІЯ ІІІ** **МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО НАВЧАННЯ ХІМІЇ У НОВІЙ** **УКРАЇНСЬКІЙ ШКОЛІ**

### **ГРУПОВА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ФОРМУВАННЯ** **КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ В УМОВАХ НОВОЇ** **УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ**

**Бубир В. М.**

Академічний ліцей імені братів Шеметів Лубеської міської ради Лубенського району  
Полтавської області

Сучасна освіта в умовах Нової Української Школи (НУШ) орієнтується не лише на передачу знань, а й на формування ключових компетентностей: комунікації, співпраці, креативності, критичного мислення та вміння працювати в команді [1]. Одним із найефективніших методів реалізації цих завдань у 7–8 класах є групова (кооперативна) діяльність.

Учні сьогоденного інформаційного суспільства прагнуть практичності: вони хочуть розуміти, навіщо здобувають знання і як застосують їх у житті. Водночас традиційні методи навчання часто не дають бажаних результатів: інтерес до навчання знижується через складність матеріалу, одноманітність уроків, застарілі засоби навчання та труднощі у подоланні пізнавальних бар'єрів [4].

Причини зниження інтересу до навчання пов'язані з невмінням учнів долати труднощі пізнавальної діяльності, надмірним обсягом і складністю матеріалу, одноманітністю шкільного життя та застарілими засобами навчання.

Для вчителя це створює нові виклики: як організувати колективну роботу, враховуючи індивідуальні особливості учнів, і як забезпечити якісний зворотний зв'язок, який у традиційному форматі залишається епізодичним та обмеженим.

Очевидно, вирішення зазначених проблем можливе через заміну репродуктивного навчання на проблемний, евристичний, дослідницький методи, а також на самоаналіз і колективну творчість. У сучасній школі використовуються різні форми роботи – індивідуальна, фронтальна, групова та колективна. Зокрема, модельна програма з хімії (автор О. В. Григорович) прямо передбачає групову дослідницьку діяльність, колективне обговорення результатів та формування наскрізних умінь, серед яких особливе місце займають співпраця й комунікація в різних середовищах [2].

Організація групової роботи заслуговує особливої уваги, адже вона передбачає об'єднання учнів у невеликі групи для розв'язання конкретних навчальних завдань. Кінцевим результатом стає формування практичних умінь і навичок, які неможливо здобути лише через прослуховування інформації чи пояснення дослідів. Досвід переконливо доводить: реальне засвоєння знань відбувається лише через активну практичну діяльність. Приказка «Повторення – ключ до міцних знань» залишається актуальною, проте повторення слід розуміти не як механічний переказ, а як обговорення, поглиблення, спілкування в межах теми, пошук інформації та способів розв'язання завдань.

Ефективність навчання забезпечується продуманою системою взаємовідносин. Одним із ключових чинників пошукової діяльності є спільна робота, яка допомагає долати психологічні бар'єри та прискорює пошук рішень завдяки більшій кількості ідей та їх обговоренню [5].

Активне спілкування учнів означає не лише дозвіл, а й стимулювання взаємодії, що перетворює індивідуальну діяльність на колективну. Мета такої роботи – обмін інформацією, порівняння результатів, взаємооцінка та усвідомлення власних можливостей. Колективна пізнавальна діяльність має емоційний характер і формує ініціативність.

Робота в малих групах допомагає учням розвивати навички спілкування й співпраці, стимулює командну взаємодію та усвідомлення власних можливостей. Ідеї, що виникають у групі, дозволяють учасникам бути корисними одне одному, а висловлення думок сприяє розширенню власного досвіду. Учитель формує групи з 4–6 учнів, розподіляє завдання, які потрібно виконати за короткий час (3–10 хвилин), і організовує представлення результатів. Для ефективності вводиться розподіл ролей: керівник організовує виконання завдання й підбиває підсумки, секретар веде записи та допомагає доповідачеві, посередник стежить за часом і підтримує робочий темп, доповідач презентує результати групи, а обчислювач виконує необхідні розрахунки. Такий підхід робить навчання динамічним і сприяє формуванню практичних умінь та командної відповідальності [6].

Учитель координує процес доти, доки учні не навчаться діяти самостійно. Такий розподіл ролей відповідає вимогам НУШ щодо розвитку наскрізних ліній «Співпраця» та «Комунікація в різних середовищах» і водночас сприяє формуванню наукової грамотності – однієї з ключових компетентностей базової середньої освіти.

У межах кожної форми організації спільної діяльності можна застосовувати різні варіанти кооперації учнів. Яскравими прикладами механізму такої взаємодії є спортивна естафета чи виробничий конвеєр. Учнів класу об'єднують у групи по 5–6 осіб; кожен бере картку з питанням у межах теми й відповідає, після чого слово переходить до іншого учасника. У результаті формується колективна відповідь на спільне завдання.

Модельна програма з хімії (автор О. В. Григорович) прямо передбачає групову дослідницьку діяльність, колективне обговорення результатів і формування наскрізних умінь, зокрема співпраці та комунікації. Формування груп і розподіл обов'язків може здійснюватися, наприклад, за кольором карток, які отримують учні. Протягом однієї хвилини група визначає ролі. «Голос» — доповідач, презентує результати, «Голова» – координатор, керує роботою й допомагає знайти спільне рішення, «Руки» – секретар, записує або ілюструє, «Годинник» – учень, веде хронометраж і нагадує про час. Такий підхід робить навчання динамічним, сприяє розвитку командної взаємодії та формує практичні навички співпраці й комунікації.

Попри очевидні переваги групової діяльності, вона має й певні недоліки. Організація роботи потребує додаткового часу, учні повинні поступово навчитися ефективно взаємодіяти в групах. На опрацювання порівняно невеликого обсягу матеріалу витрачається більше часу, ніж під час індивідуальної роботи. Крім того, складно об'єктивно оцінити внесок кожного учня: запропоновані системи оцінювання часто громіздкі й недостатньо точні. Учитель може відзначати досягнення словесно, але наприкінці теми все одно має виставити оцінку відповідно до державного стандарту [4].

Разом із тим практика показує, що навіть за цих умов групова робота є дієвим інструментом. Наприклад, під час вивчення теми «Від хімічних елементів до хімічних сполук» у 7 класі використовується прийом «Хімічна розминка»: учні працюють у групах із картками, класифікуючи речовини на прості й складні. Один представник групи наклеює картки на ватман, а всі учні записують результати в зошити.

Інший прийом – «Подорож періодичною системою». Учні в групах, користуючись таблицею, визначають метали й неметали, позначають їх маркером, а потім обговорюють питання: яких елементів у природі більше – металів чи неметалів? Такі вправи не лише активізують пізнавальну діяльність, а й формують навички співпраці та комунікації.

Під час вивчення теми «Водень: хімічні властивості та одержання» учнів ділять на групи й пропонують творче завдання: скласти опорний конспект на аркуші великого формату. У ньому має бути навмисна помилка (позначається під цифрою 1) та перелік запитань до опонентів (під цифрою 2). Цей прийом активізує мислення й формує навички критичного аналізу.

При вивченні теми «Вуглекислий газ» (8 клас) групи отримують різні завдання. Група 1 досліджує фізичні властивості (колір, запах, густина, агрегатні стани, розчинність). Учні записують 4–6 властивостей і пояснюють одну-дві своїми словами. Група 2 працює над хімічними властивостями та якісною реакцією. Вони записують 3–4 властивості з рівняннями реакцій і пояснюють явище помутніння вапняної води. Група 3 аналізує способи добування, застосування та вплив  $\text{CO}_2$ . Учні визначають 3–4 способи добування, кілька прикладів застосування, а також плюси й мінуси впливу на людину й довкілля.

Групи працюють 10–12 хвилин і презентують результати протягом 1,5–2 хвилин. Такий підхід відповідає вимогам модельної програми: учні здійснюють пошук та опрацювання інформації, усвідомлюють закономірності природи й оцінюють власну діяльність у групі.

Групова діяльність на уроках хімії в 7–8 класах НУШ є важливим інструментом компетентнісного навчання. Вона перетворює пасивне засвоєння знань на активну співпрацю, де учні вчаться працювати в команді, аргументувати, знаходити помилки, шукати інформацію та презентувати результати.

Модельна програма з хімії (О. В. Григорович) передбачає поєднання індивідуальної та групової роботи, створення інтелект-карт, проєктів і рефлексію [2]. Такі форми формують критичне мислення, наукову грамотність і відповідальність за спільний результат.

Практика доводить: методи кооперації («мозаїка», «ротація за станціями», «хімічна розминка», «подорож періодичною системою» тощо) підвищують інтерес до хімії й роблять знання застосовними в житті. Учні бачать хімію як науку, що пояснює світ навколо [3].

Організація групової роботи потребує від учителя часу й чітких правил, але зусилля окупаються: клас стає командою, а навчання – живим і значущим процесом. Саме така освіта відповідає меті НУШ: виховувати компетентних і відповідальних громадян ХХІ століття [7].

### Список використаних джерел

1. Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» до 2029 року.

2. Григорович О.В. Хімія. 7 клас. Підручник. К.: Ранок, 2024.
3. Кремень В.Г. Освіта і наука в стратегії сталого розвитку України. К., 2023.
4. Пометун О.І., Пирожено Л.В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання. К.: А.С.К., 2022. 144 с.
5. Бібік Н.М. Компетентнісний підхід у сучасній школі. К.: Освіта, 2021.
6. Власенко О.М. Кооперативне навчання в основній школі. Методичний посібник. К.: Освіта, 2024. 138 с.
7. НУШ: Нова українська школа. URL: <https://surl.lu/qoggvw> (дата звернення 04.02.2026).

## **НОВА РЕФОРМА У ПОЛЬЩІ («КОМПАС JUTRA»): ЩО ЗМІНИТЬСЯ ДЛЯ ШКОЛЯРІВ**

**Кирилюк М. В.**

Регіональний центр удосконалення вчителів «WOM» у Бельсько-Бяла (Польща)

Результати міжнародних досліджень свідчать, що впродовж останніх років польська система освіти перебуває у стані кризи, що зумовлює необхідність впровадження виважених і відповідальних реформаторських заходів.

57% учнів четвертих класів початкової школи демонструють середній або низький рівень відчуття приналежності до шкільного середовища. Це відповідає четвертому місцю з кінця серед 57 досліджених країн (PIRLS 2021). 58% п'ятнадцятирічних учнів зазначають, що школа недостатньо сприяла їх підготовці до дорослого життя. Для порівняння, середній показник у країнах-учасницях дослідження становить 48%. За цим індикатором польські учні посіли 69 місце серед 76 країн (PISA 2022). За даними дослідження PISA 2022, польські учні зберігають відносно високі позиції серед однолітків з інших країн за показниками математичної компетентності, читацької грамотності та наукового мислення, водночас спостерігається тенденція до зниження результатів порівняно з попередніми роками.

Учителі є ключовим елементом польської освітньої системи. Але і в цьому напрямку спостерігаються невтішні результати опитувань. 73% вчителів польської мови, які працюють з учнями четвертих класів, демонструють низький або помірний рівень задоволеності професійною діяльністю (PIRLS 2021). Польща посідає передостаннє місце серед 58 країн за рівнем професійної задоволеності вчителів математики та останнє місце – за рівнем задоволеності вчителів природничих дисциплін (TIMSS 2023).

Реформа освіти («Reforma26») впроваджується поступово та передбачає поетапну реалізацію. Усі зміни розробляються за участю експертів, учителів та учнів. Ключові трансформації заплановані з вересня 2026 року. Відповідно до реформи, з вересня 2025 року були введені два нові навчальні предмети: «Здоров'язбережувальна освіта» та «Громадянська освіта», а також оновлена освітня програма з фізичної культури. З вересня 2026 року планується впровадження нової навчальної програми в закладах дошкільної освіти та у 1-х і 4-х класах початкової та основної школи (у наступні роки учні інших класів поступово навчатимуться за новою програмою); використання нових підручників учнями 1-х і 4-х класів; запровадження проектного тижня в школах (на добровільній основі). 2027 рік – це рік впровадження нових навчальних програм у 1-х класах закладів профільної школи; обов'язкове запровадження проектного тижня у всіх школах. У 2031 році планується запровадження нової формули підсумкових іспитів після 8-го класу та

випускного іспиту (matura). А в 2032 році – впровадження нової моделі матури в технікумах.

Першим етапом трансформації системи освіти стало розроблення Профілю випускника і випускниці закладу дошкільної освіти, початкової та основної школи (Szkoła Podstawowa). Документ підготовлено Інститутом освітніх досліджень (IBE).



Рис. 1. Схематичне представлення Профілю випускника і випускниці.

Профіль випускника та випускниці є концептуальним орієнтиром розвитку польської освіти, який визначає:

- для учнів – цілі та сенс освітньої діяльності;
- для батьків – зміст і спрямованість освітнього процесу їхніх дітей;
- для вчителів – систему цінностей, ключові компетентності та знання, що мають становити ядро освітньої діяльності.

Державний стандарт загальної середньої освіти для I–III класів початкової школи (тобто у сфері початкової освіти) має інтегрований характер і зосереджується на розвитку фундаментальних компетентностей (мовленнєвих, математичних, цифрових і рухових), наскрізних компетентностей (розв’язання проблем, співпраця та турбота про інших, критичне й креативне мислення, саморегуляція та саморозвиток), а також агентності учня.

Державний стандарт загальної середньої освіти для IV–VIII класів основної школи охоплює такі навчальні предмети: польська мова, іноземна мова, друга іноземна мова, латинська мова, музика, образотворче мистецтво, історія, громадянська освіта, природознавство, географія, біологія, хімія, фізика, математика, інформатика, практично-технічні заняття, фізична культура, освіта з безпеки, здоров’язберезувальна освіта, етика, мова національної або етнічної меншини, регіональна мова – кашубська.

У стандарті визначено зміст освіти, структурований у шість міждисциплінарних тематичних компонентів: безпеково-оборонний, медійний, філософський, економіко-фінансовий, кліматичний і культурний. Крім того, для окремих навчальних предметів передбачено варіативні вимоги, спрямовані на розширення знань учнів. Вибір конкретних варіативних вимог у межах відповідних навчальних занять здійснює вчитель. Вони не підлягають оцінюванню під час підсумкового іспиту після 8-го класу.

Постанова Міністра освіти, що вносить зміни до нормативного акта щодо типових навчальних планів для державних шкіл, передбачає низку змін у типовому навчальному плані для державної основної школи, зокрема:

- збільшення тижневого обсягу обов'язкових навчальних занять для початкової школи з 20 до 21 години;
- запровадження нового міждисциплінарного предмета «Природознавство» у IV–VI класах основної школи в обсязі 3 годин на тиждень у кожному класі;
- введення нового предмета «Громадянська освіта», який викладатиметься у VI–VII класах у обсязі 1 години на тиждень та замінить чинний предмет «Суспільствознавство», що викладається у VIII класі;
- запровадження нового предмета «Практично-технічні заняття», який реалізовуватиметься у IV–VI класах у обсязі 2 годин на тиждень у кожному класі та замінить предмет «Техніка»;
- визначення, що у IV–VI класах практично-технічні заняття організуються у вигляді двогодинних блоків, а заняття з природознавства – щонайменше у двогодинних блоках, що забезпечує можливість виконання завдань і проєктів, які потребують більшого часу;
- збільшення у IV–VIII класах кількості годин, що перебувають у розпорядженні директора школи (з 4 до 6 годин), а також визначення можливості використання цих годин для розвитку фундаментальних компетентностей учнів (мовленнєвих, математичних, цифрових і рухових);
- визначення необхідності використання частини годин класного керівника у IV–VIII класах, зокрема обов'язкового відведення щонайменше 1 години на місяць на формування в учнів навичок безпечної поведінки в умовах загроз як у мирний час, так і в умовах воєнного стану;
- відмова від детального визначення тематики виховних годин у зв'язку з тим, що стандарт вже містить перелік обов'язкових тем для опрацювання класним керівником із учнями;
- встановлення обов'язковості проведення «проєктного тижня» у IV–VIII класах у кожному навчальному році з метою розвитку практичних умінь учнів, міжособистісних навичок, інтеграції знань з різних навчальних предметів та формування здатності до співпраці.

Завдяки впровадженню змін у системі освіти випускники польських шкіл будуть краще підготовлені до життя в умовах динамічно змінюваного світу. Важливим завданням школи є не лише передавання знань, але й формування відповідальності за власний розвиток і прийняті рішення. Особлива увага приділяється розвитку агентності, яка у дорослому житті сприятиме досягненню успіху. Передбачається, що учні почуватимуться комфортніше в шкільному середовищі, а завдяки підтримці вчителів зможуть усвідомлювати власні сильні сторони та ефективно застосовувати набуті знання.

Школа повинна забезпечувати добробут учнів, оскільки належний психічний і фізичний стан є ключовою передумовою успішного входження у доросле життя.

Здійснюється систематичне підвищення рівня оплати праці педагогів, а також у співпраці з ними узгоджуються законодавчі зміни, спрямовані на покращення умов професійної діяльності. Розробляються інструменти, що підтримують щоденну педагогічну практику. Розширюється пропозиція безкоштовних програм післядипломної освіти та професійного розвитку з доведеною ефективністю. Водночас посилюється автономія вчителя та відновлюється суспільний престиж педагогічної професії.

#### **Список використаних джерел:**

1. Dobosz-Leszczynska, W., Kazmierczak, J., Weremiuk. Myślenie poza schematami. Wyniki badania myślenia kreatywnego PISA 2022. Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych, 2024. 116 s.
2. Dobosz-Leszczynska, W. Osiągnięcia matematyczne i przyrodnicze czwartoklasistów. TIMSS 2023: trendy, wyzwania, perspektywy. Instytut Badań Edukacyjnych. 2024. 243 s.
3. Kazmierczak, J., Bulkowski, K. Przeczytać i zrozumieć. Wyniki międzynarodowego badania osiągnięć czwartoklasistów w czytaniu – PIRLS 2021. Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych, 2023. 200 s.
4. Szymczak, A., Strzemieczna, A. Profil absolwenta i absolwentki. Droga do zmian w edukacji. Wersja zaktualizowana i uzupełniona. Etap I: przedszkola i szkoły podstawowe. Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych, 2025. 90 s.
5. Nowe podstawy programowe wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej wraz ze zmianami w ramowych planach nauczania dla publicznych szkół podstawowych. URL: <https://www.gov.pl/web/edukacja/nowe-podstawy-programowe-wychowania-przedszkolnego-i-ksztalcenia-ogolnego-dla-szkoly-podstawowej-wraz-ze-zmianami-w-ramowych-planach-nauczania-dla-publicznych-szkol-podstawowych--rozporzadzenia-podpisane>

## РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИНЦИПУ НАСТУПНОСТІ У ПІДРУЧНИКАХ ХІМІЇ ДЛЯ НУШ

<sup>1</sup>Коршевніук Т.В., <sup>2</sup>Ярошенко О. Г.

<sup>1</sup>Інститут педагогіки НАПН України

<sup>2</sup>Інститут вищої освіти НАПН України

В умовах реалізації Концепції «Нова українська школа» актуальності набуває проблема підручникотворення як процесу і результату забезпечення сучасної базової середньої освіти якісними навчальними книгами. О. Кисла, В. Коваль, Я. Кодлюк, О. Топузов, І. Чекрій, розкриваючи різні аспекти підручникотворення, наголошують на основних принципах підручникотворення, в тому числі на принципі наступності. У нормативно-правових документах, а також наукових публікаціях інших авторів надається постійна увага цьому принципу.

Принципами прийнято називати засади, якими керуються у діяльності чи житті: «Принцип» – термін латинського походження (principium – основа, першоначало), він означає основоположення, керівну ідею, основне правило поведінки, діяльності [1, с. 81].

В дидактиці розроблено та поширено в освітню практику низку принципів навчання, які «вимогами середовища навчальної системи до вчителя, до учнів, до дидактичної системи, до зв'язків між цими трьома компонентами системи» [1, с. 83].

У дослідженні ми дотримуємось визначення наступності, запропоноване О. Савченко: «наступність є одним із принципів освіти, що забезпечує зв'язок і узгодженість цілей, змісту, організаційно-методичного забезпечення межових етапів освіти (дитячий садок – початкова – базова школа)» [3, с. 48].

З плином часу цей дидактичний принцип не втратив актуальності, а, навпаки, набув значущості у підручникотворенні та зобов'язує авторів підручників нового покоління керуватись цим принципом [2].

На принципі наступності у підручникотворенні зосереджує увагу дослідник Б. Чижевський. Він зазначає, що « Актуальними та незмінними вимогами і до паперових, і до електронних підручників залишаються: науково достовірна і сучасна інформація; дотримання принципів дидактики, як: систематичність, послідовність, наступність, наочність, засвоюваність; проблемний виклад матеріалу з аналітичним його осмисленням, але при цьому оптимальне співвідношення між науковістю та доступністю; відповідність віковим особливостям та рівню попередньої підготовки учнів» [4].

Екстраполюючи тлумачення принципу наступності на підручникотворення, можемо з впевненістю сказати, що він не поступається вагомістю іншим принципам.

Досліджуючи принцип наступності, ми дійшли висновку, що у підручникотворенні для закладів середньої освіти він діє на різних рівнях. Перший рівень – це наступність між підручниками з одного навчального предмета у лінійці підручників, створених для кількох класів (залежно від років вивчення). Другий рівень – це збереження наступності у підручниках, створених для різних рівнів освіти (початкова і базова середня освіта) і циклів навчання – адаптаційного циклу (5-6 класи) і базового предметного навчання (7-9 класи).

На першому рівні забезпечується необхідний зв'язок між складниками освітнього процесу впродовж усіх років вивчення хімії. Він полягає у взаємоузгодженні підходів до змістового наповнення підручників і методики опанування його учнівством. Другий рівень характеризується тим, що сформовані на попередньому етапі навчання знання, уміння й способи діяльності стають основою для подальшого пізнання природи та опанування змісту природничої освіти у наступних класах.

У новоствореному нами підручнику «Хімія. 9», навчальний матеріал корелює з попередньо засвоєним у 5 – 8 класах. Розглянемо на конкретних прикладах, яким чином.

В адаптаційному циклі навчання учнівство 5 -6 класів здобуває пропедевтичні хімічні знання, певні здатності, окремі вміння досліджувати речовини, вивчаючи інтегрований курс «Пізнаємо природу». Відтак, у підручнику «Хімія. 7» ми весь час звертаємось до набутого ними досвіду, актуалізуємо його виконанням різноманітних пізнавальних завдань. Задля цього створено та наповнено відповідним змістом рубрику «Варто пригадати, щоб нове пізнати». Це дозволяє зберегти наступність у навчанні інтегрованого курсу і навчального предмета хімії, що сукупно слугує реалізації змісту природничої освітньої галузі, підтримує інтерес учнів й учениць до вивчення хімії.

Особливістю предметного навчання хімії є опертя на попередньо сформовані хімічні знання та уміння, що повністю відповідає принципу наступності. Усвідомлюючи це, у створених нами підручниках для нової української школи–збережено рубрикацію змісту, а підручники для 8 і 9 класів доповнено рубрикою «Пригадуємо та застосовуємо». Вміщені в ній запитання і завдання дозволяють актуалізувати необхідні для вивчення нового матеріалу попередньо набуті знання, що збереглись у довготривалій пам'яті учнівства, відтворити попередньо сформовані уміння. Наприклад, у підручнику хімії для 9 класу четвертий параграф із назвою «З'ясовуємо, чому вода розчиняє речовини та який зв'язок називають водневим», вміщує такі запитання:

- Пригадай визначення поняття електронегативності.
- Які ти знаєш види хімічного зв'язку?
- Чим відрізняються йонні й аморфні речовини?
- Назви елементи «лідери» за величиною електронегативності.
- З яких структурних частинок складаються кристалічні ґратки натрій хлориду?

Цілком очевидно, що вони стосуються тих попередньо набутих у 8 класі знань та умінь, які за принципом наступності здобудуть розвиток у процесі опанування учнями навчального матеріалу цього параграфу.

За принципом наступності у рубриках «Нумо досліджувати» та «Пліч-о-пліч» у всіх наших підручниках хімії для НУШ збережено підхід до формулювання завдань і методики їх виконання учнівством. Практика навчання учнів за створеними нами підручниками доводить, що принцип наступності спрямований на цілісний розвиток особистості, оскільки сприяє формуванню ключових компетентностей, розумінню природи, розвитку наскрізного уміння навчання упродовж життя.

Дотримання принципу наступності є не формальною вимогою, а фундаментальною засадою створення для Нової української школи якісної навчальної літератури не лише з хімії, а з усіх інших предметів.

#### Список використаних джерел

1. Малафіїк І.В. Дидактика: навч. посіб. Київ: Кондор, 2005. 397с.
2. Про затвердження Інструктивно-методичних матеріалів для проведення експертами експертиз електронних версій проектів підручників. Наказ МОН № 1183 від 31.10.2018 року.  
URL: [https://osvita.ua/legislation/Ser\\_osv/62294/#google\\_vignette](https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/62294/#google_vignette)
3. Савченко О. Я. Дидактика початкової школи: підруч. для студ. педагогічних факультетів. Київ: Генеза, 1999. 360 с.
4. Чижевський Б. Г. Сучасний підручник – основні і вимоги суспільства до нього *Проблеми сучасного підручника*: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (електронне видання), 28-29 травня 2020 р., м. Київ. К. : Педагогічна думка, 2020. С. 100-103. URL: <https://surl.li/mhoysw>

## ХІМІЯ БЕЗ БАР'ЄРІВ: ОСНОВНІ ІНКЛЮЗИВНІ ФОРМИ ТА МЕТОДИ В НУШ

Кравченко І. В.

Федорівський ліцей імені Г. Т. Берегового Ланнівської сільської ради

У контексті трансформації української освітньої системи критичної актуальності набуває створення інклюзивного середовища, яке б забезпечувало гармонійний розвиток, виховання та навчання дітей з особливими освітніми потребами (ООП). Цей процес є невід'ємною частиною реформи Нової української школи (НУШ), що ґрунтується на принципах відкритості, демократизму та рівного доступу до знань для кожного.

Головна ідея інклюзії полягає у забезпеченні справедливих умов навчання для всіх учнів, незалежно від їхнього стану здоров'я, психофізіологічного розвитку чи соціального статусу. Наразі одним із ключових викликів є розробка та впровадження інноваційних методик викладання складних природничих дисциплін, зокрема хімії, щоб зробити цей предмет зрозумілим і цікавим для дітей з різними освітніми можливостями.

Хімія є фундаментальною природничою наукою, що пояснює світобудову через вивчення речовин, їхніх перетворень та практичного застосування. Оскільки ці знання є базовими для розуміння навколишнього середовища, хімія залишається обов'язковою дисципліною в системі загальної середньої освіти.

Сьогодні перед учителем постає відповідальне завдання: адаптувати освітній процес так, щоб він був ефективним як для учнів із типовим розвитком, так і для дітей з особливими освітніми потребами (ООП). Успіх навчання в інклюзивному класі безпосередньо залежить від здатності педагога враховувати психофізичні особливості кожного учня та створювати для них спеціальні умови.

Вчитель у інклюзивному класі має розробити індивідуальну систему оцінювання для дітей із особливими освітніми потребами (ООП) та делікатно пояснити колективу причини такої диференціації. Головна мета вивчення хімії для цієї категорії учнів зміщується з академічної теорії на практичну життєву компетентність.

Навчання має бути спрямоване на те, щоб дитина опанувала базові навички, необхідні для безпечного життя у сучасному світі: правильне поводження з побутовою хімією, розуміння складу харчових продуктів, ліків та інших хімічних речовин, з якими вона стикається щодня.

Гнучкість учителя у виборі між адаптацією (зміною методів) чи модифікацією (зміною змісту) програми є фундаментом інклюзії в хімії. Головна стратегія полягає в тому, щоб інтегрувати учня з особливими освітніми потребами (ООП) у колектив, спираючись на його сильні сторони та демонструючи їх усьому класу.

Найефективнішим інструментом навчання стає власний життєвий досвід дитини: через побутові приклади складні хімічні процеси стають зрозумілими та легше запам'ятовуються.

Застосування інклюзивних підходів на уроках хімії в межах НУШ вимагає від учителя переходу від абстрактних формул до конкретних маніпуляцій та візуальних образів. Хімія як предмет надає унікальні можливості для мультисенсорного сприйняття. Хімія в НУШ — це простір для експериментів не лише з речовинами, а й з формами навчання. Окрім лабораторних робіт, існує безліч методів, які допомагають учням з ООП опанувати теоретичні та системні знання.

Приклад деяких методів та форм роботи в НУШ на уроках хімії:

➤ Командне викладання (Вчитель+ Асистент).

Клас ділиться на дві групи. Вчитель проводить складний лабораторний дослід з основною групою, а асистент у цей час допомагає учням з ООП виконати безпечну адаптовану версію того ж дослід (наприклад, моделювання реакції за допомогою пластиліну). Під час виконання практичних робіт асистент слідкує за безпекою дитини з ООП, допомагає тримати пробірку або фіксувати результати в зошиті, не відволікаючи вчителя від пояснення матеріалу всьому класу.

➤ Диференціація через «Розумні завдання»

Замість того, щоб давати дитині з ООП зовсім іншу тему, вчитель диференціює рівень складності одного й того самого завдання:

Рівень для класу	Адаптація для учня з ООП
Написати рівняння реакції горіння метану.	Скласти схему реакції з карток-пазлів (символи елементів).
Розрахувати масову частку розчиненої речовини.	Зважити сіль та відміряти воду для приготування розчину.

Рівень для класу	Адаптація для учня з ООП
Вивчити електронну конфігурацію атома.	Створити 3D-модель атома за допомогою кульок і паличок.

➤ Мультисенсорна лабораторія.

Залучення всіх органів чуття допомагає краще засвоїти матеріал:

Віртуальна хімія: Застосування мобільних додатків з доповненою реальністю (AR), де при наведенні камери на маркер з'являється об'ємна модель молекули, яку можна "покрутити" в руках.

Запахи та кольори: Акцент на зміні кольору індикаторів та появі запахів (у безпечних межах), що робить хімію "живою".

➤ Метод проектів: «Хімія навколо мене».

Це найкращий метод для соціалізації. Учень з ООП може отримати роль "фотокореспондента" у проекті про побутову хімію. Його завдання — сфотографувати вдома засоби для миття посуду та знайти на них знаки безпеки. Це формує практичну навичку, важливу для життя, і дозволяє йому презентувати свій внесок у загальну роботу групи.

➤ Метод «Тактильна періодична система».

Для багатьох учнів Таблиця Менделєєва — це хаотичне скупчення літер. Для інклюзії ми перетворюємо її на інтерактивний інструмент. Вчитель створює велику таблицю, де комірки мають різні текстури. Метали — це фольга (холодна, гладка), неметали — шорсткий папір. Учні з порушеннями зору або розладами сприйняття можуть класифікувати елементи на дотик. Замість зазубрювання дитина запам'ятовує фізичне відчуття групи елементів.

➤ Скрайбінг та візуальні карти.

Замість конспектування, учні створюють або доповнюють «живі малюнки».

Приклад: Тема «Колообіг Оксигену в природі». Учень з ООП отримує заготовку-схему, де потрібно розклеїти наклейки: «дерево», «людина», «сонце», «кисень». Поки клас записує хімічні рівняння фотосинтезу, учень з ООП за допомогою стрілочок з'єднає процеси дихання та виділення кисню рослинами.

➤ Метод «Хімічний конструктор».

Абстрактні поняття про валентність чи будову молекул найкраще пояснювати через фізичне моделювання. Використання кольорових пластилінових кульок або деталей LEGO для побудови молекул води ( $H_2O$ ) чи вуглекислого газу ( $CO_2$ ). Учень з дислексією чи труднощами в навчанні може не запам'ятати запис формули, але запам'ятає, що до однієї великої червоної кульки (Оксиген) приєднані дві маленькі білі (Гідроген).

Впровадження інклюзивного навчання на уроках хімії в межах реформи Нової української школи — це не просто адаптація навчальної програми, а фундаментальна зміна філософії викладання. Перехід від суто академічного вивчення абстрактних формул до практико-орієнтованого підходу дозволяє зробити хімію доступною та корисною для кожного учня, незалежно від його освітніх потреб. Інклюзивна хімічна освіта в Україні сьогодні — це простір рівних можливостей, де хімія перестає бути «складною наукою для обраних» і стає інструментом пізнання світу, доступним для кожного серця та розуму.

### Список використаних джерел

1. Бабенко О. М. Навчання хімії у інклюзивних класах.
2. Білошицька А. О., Романишина Л. М., Анічкіна О. В. *Сучасні форми та методи інклюзивного навчання хімії в закладі загальної середньої освіти.*
3. Колупаєва А. А., Таранченко О. М. «Інклюзивна освіта: від теорії до практики» — фундаментальні праці українських науковців щодо стратегій інклюзивного навчання.
4. Методичні рекомендації МОН України щодо викладання навчальних предметів у закладах загальної середньої освіти (щорічні оновлення, що стосуються роботи в інклюзивних класах).

## ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МОЛЕКУЛЯРНИХ СТРУКТУР ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ШКОЛЯРІВ З ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ

<sup>1</sup>Куленко Р. А., <sup>2</sup>Куленко О. А.

<sup>1</sup>Гряківська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів Чутівської селищної ради Полтавського району Полтавської області

<sup>2</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Активна інтеграція сучасних ІТ-технологій та математичного моделювання в хімічну науку значно підвищує ефективність освітнього процесу. Це дозволяє глибше досліджувати структурні особливості речовин та їхні фізико-хімічні характеристики, роблячи навчання більш глибоким та адаптивним. Наразі накопичилося досить велика кількість програм-візуалізаторів, обчислювальних прикладних програм, довідкових баз даних відкритого доступу, які можна використовувати учнями для пізнавальної проєктної діяльності.

Для засвоєння матеріалу та розуміння фундаментальних понять хімії, які часто можуть бути представлені у вигляді моделей та алгоритмів, учням можна запропонувати їхнє візуальне відображення [1, 2]. Величезними темпами йде використання зовсім іншої форми візуалізації структури молекул – це 3D-друк, який дозволяє занурити учня в середовище отримання і перетворення комп'ютерної моделі молекул у реальний об'єкт [2]. Однак, необхідно розуміти, що застосування інформаційних технологій не повинно повністю замінювати теоретичну інтерпретацію та традиційні методи подання матеріалу.

Розглянемо основні етапи виконання проєктної діяльності з хімії школярами із застосуванням сучасних комплексів прикладних програм:

- Постановка фундаментального завдання, наприклад, «Оцінка реакційної здатності досліджуваного органічної сполуки»;
- З'ясування способів побудови моделей органічних сполук та критеріїв оцінки реакційної здатності органічних сполук;
- Виконання роботи з базами даних хімічних структур: візуалізація 3D-моделі досліджуваної органічної сполуки, наприклад, ChemSpider [2], ChEBI [2], DrugBank [2], PubChem [2];
- Постановка обчислювального експерименту із застосуванням сучасних комплексів прикладних програм, наприклад, GAMESS [2], MOPAC [2].
- Побудова молекулярної діаграми на основі параметрів моделі та візуалізація

результатів розрахунку, наприклад Avogadro [2], Gabedit [2], Jmol [2], MaSK [2], PyMol [2];

- Якщо фундаментальне завдання супроводжується постановкою хімічного експерименту, можна використовувати програми віртуальної лабораторії, наприклад, IrYdium Chemistry Lab [2], PhET [2], VirtLab [2], Online Labs in Chemistry [2];
- 3D-друк досліджуваного органічного з'єднання з використанням 3D-принтера та комплексу супроводжуючих програм для підготовки вхідного файлу і нарізки шарів 3D-моделі молекули для друку, наприклад Cura [2], CraftWare [2], Repetier [2], TinkerCad [2].

На етапі постановки обчислювального експерименту учень знайомиться з найпростішим методом моделювання, заснованим на поділі  $\sigma$ - та  $\pi$ -зв'язків, – метод молекулярних орбіталей Хюккеля. Даний метод дозволяє описати молекулу у вигляді системи лінійних рівнянь, вирішивши яку можна обчислити енергії молекулярних орбіталей, структурні, електронні параметри та оцінити реакційну здатність органічної сполуки. Об'єкт дослідження: галогенопохідний вуглеводень із класу алкенів.

У ході роботи учнями виконується розрахунок електронних характеристик молекули хлоретену. Потім складається матриця геометричних параметрів у сферичних координатах та обчислюються наступні критерії:

- оптимальний стан атомів і хімічних зв'язків між ними;
- порядки зв'язків, включаючи водневі зв'язки, енергії молекулярних орбіталей (візуалізація із поверхонь);
- атомні характеристики: електронні заселеності, заряд ядер за Маллікеном, спінова щільність, валентність;
- частота коливань та її візуалізація;
- дипольний момент молекули.

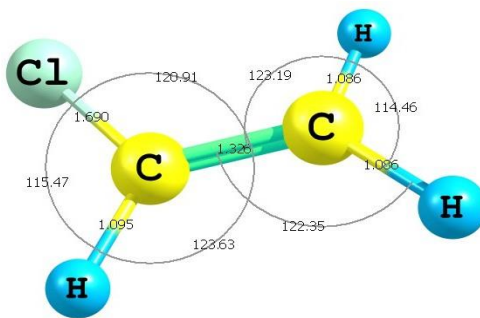


Рис. 1. Електронні параметри молекули хлоретену.

Віртуальна практична дія, площинне і просторове моделювання структур, автоматизація окремих операцій дозволяють не лише розглядати та обертати моделі молекул у 3D-площині, а й дають можливість побудови та проєктування молекул. У результаті процес виконання учням пізнавальної проєктної діяльності з хімії стає захоплюючим, а вивчення матеріалу стає значно ефективним [2].

Взаємозв'язок хімії та інформатики сьогодні виходить далеко за межі простих обчислень молярної маси. Цей симбіоз зумовив появу хемоінформатики – міждисциплінарної галузі, що використовує методи комп'ютерних наук для вирішення складних хімічних завдань та моделювання нових сполук.

У процесі математичного моделювання молекул у вчителя з'являється можливість підтримати ініціативу своїх учнів, стимулювати їх до творчості пізнавальної діяльності. Цей напрям викликає непідробний інтерес у старшокласників, мотивує до занять науково-практичної спрямованості з подальшим публічним поданням результатів своєї діяльності на різних рівнях (Всеукраїнський конкурс «Хімічний калейдоскоп», Всеукраїнський фестиваль студентських та учнівських проєктів з хімії, МАН). Впровадження квантово-хімічних елементів комп'ютерної хімії у позаурочну діяльність з хімії та інформатики відповідає вимогам нової української школи і сучасної природничо-математичної освіти.

#### **Список використаних джерел**

1. Бондар О.С. Практикум з комп'ютерної хімії. Навчальний посібник. Чернігів: ЧНПУ, 2017. 68 с.
2. Цифрова компетентність вчителя 2025: формуючи майбутнє освіти : збірник матеріалів / за заг. ред. О.В. Овчарук. Київ: ЩО НАПН України, 2025. 189 с.

## **МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

**Литовченко А. І.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Дистанційне навчання в сучасних умовах стало не просто альтернативною формою освітнього процесу, а важливим елементом системи загальної середньої освіти. Його запровадження обумовлено як стрімким розвитком цифрових технологій, так і необхідністю адаптуватися до соціальних викликів, що вимагають гнучких підходів до організації навчального процесу. Особливої уваги заслуговує питання дистанційного викладання хімії, адже цей предмет передбачає не лише теоретичну підготовку, але й активну експериментальну діяльність та розвиток практичних дослідницьких навичок.

Під дистанційним навчанням розуміється індивідуалізований процес передання і засвоєння знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини, який відбувається за опосередкованої взаємодії віддалених один від одного учасників навчання у спеціалізованому середовищі, яке створене на основі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій [1].

Освітній процес може бути організований як у синхронному форматі через онлайн-уроки, відеоконференції та вебінари, так і в асинхронному режимі, що передбачає самостійну роботу з матеріалами, виконання завдань на спеціалізованих платформах та використання інтерактивних відеоресурсів. Поєднання цих підходів забезпечує максимальну гнучкість, доступність та безперервність навчання, дозволяючи адаптувати освітню траєкторію до потреб кожного учасника.

Викладання хімії у форматі дистанційного навчання має свої особливості. З одного боку, використання цифрових технологій значно розширює можливості для візуалізації складних хімічних реакцій, будови речовин та механізми протікання хімічних реакцій. З іншого боку, постає проблема забезпечення повноцінної експериментальної діяльності учнів. Методика дистанційного навчання хімії має поєднувати теорію з використанням віртуальних лабораторій, симуляцій та інтерактивних моделей для візуалізації складних процесів.

Ефективна організація дистанційного навчання хімії неможлива без використання сучасних цифрових платформ. Одним із базових інструментів є Google Classroom. Ця платформа виступає фундаментальним інструментом цифровізації навчання, що забезпечує комплексне управління освітнім процесом. Використання цієї платформи дозволяє оптимізувати адміністрування навчальних курсів, структурувати взаємодію між учасниками та здійснювати системний моніторинг навчальних досягнень учнів у єдиному інформаційному просторі.

Завдяки інтеграції з іншими сервісами Google (Drive, Документи, Форми, Презентації, Calendar) значно полегшується впорядкування матеріалів і автоматизація роботи з учнівськими завданнями. Платформа пропонує зручний механізм для зворотного зв'язку: учитель має змогу коментувати виконані завдання, виправляти помилки та моніторити прогрес у навчанні.

Спілкування користувачів забезпечується через класовий потік або відеозустрічі за допомогою Google Meet, що дозволяє ефективно комбінувати синхронні та асинхронні методи роботи. Крім того, мобільні додатки платформи роблять освіту ще доступнішою і сприяють безперервності навчального процесу.

Система управління навчанням Moodle дозволяє повністю організувати дистанційне навчання завдяки можливості структурування курсів, розміщення навчальних матеріалів, проведення онлайн-тестувань та автоматизованого оцінювання результатів. Платформа забезпечує ефективну комунікацію між учасниками освітнього процесу, інтегрує календар подій та систему сповіщень, що допомагає своєчасно виконувати завдання і дотримуватися встановлених термінів.

Для учнів Moodle гарантує цілодобовий доступ до теоретичних матеріалів, практичних завдань, лабораторних робіт і засобів перевірки знань. Для вчителів система пропонує зручні інструменти для створення різнопланового контенту, застосування різних форматів тестувань і підготовки аналітичних звітів, що дозволяє ефективно відстежувати успішність учнів. Додавання інтерактивних ресурсів і віртуальних лабораторій значно розширює дидактичні можливості платформи, особливо у викладанні хімії.

Щоб підвищити мотивацію учнів до вивчення хімії, доцільно застосовувати інтерактивні онлайн-ресурси; зокрема, платформа LearningApps є оптимальним рішенням, оскільки вона забезпечує інтерактивність, оперативний зворотний зв'язок та сприяє організації активної пізнавальної діяльності учнів. Платформа пропонує широкі можливості для розроблення інтерактивних навчальних вправ без потреби в спеціалізованих знаннях з програмування.

Наприклад, учням можна запропонувати переглянути відеофрагмент хімічного досліду. Їхнє завдання буде проаналізувати зазначений фрагмент та зміни, що відбулися, визначити ключові поняття. Після перегляду відеофрагменту учень виконує завдання співвіднести побачене з відповідними «хмарами тегів», що містять ключові поняття (наприклад: «окиснення», «виділення газу», «утворення осаду», «екзотермічна реакція», «зміна кольору», «каталізатор» тощо).

Завдання вимагає від учнів високого рівня концентрації на деталях хімічних процесів. Учні мають дослідити ознаки, умови та кінцеві результати реакцій, і лише на основі цього аналітичного етапу здійснити обґрунтований вибір або встановити логічні відповідності.

Важливу роль у дистанційному навчанні хімії відіграють віртуальні лабораторії та інтерактивні симулятори. Платформа *PhET Interactive Simulations* є одним із

найефективніших інструментів цього типу, оскільки забезпечує високу наочність процесів та безпеку експериментальної діяльності. Її використання є особливо актуальним в умовах обмеженої матеріально-технічної бази або під час реалізації віддаленого формату навчання.

З методичної точки зору, ресурс PhET слугує потужним інструментом реалізації діяльнісного та дослідницького підходів у навчанні. Симуляційні моделі забезпечують візуалізацію прихованих мікропроцесів, зокрема внутрішньої структури атомів і молекул, механізмів хімічних перетворень та динаміки розчинення речовин, що зазвичай є недоступними для прямого спостереження.

Цей ресурс варто залучати на всіх етапах уроку: під час вивчення нової теми, для закріплення здобутих знань у формі віртуальних практичних занять та самостійних робіт. Крім того, ця платформа легко включаються в освітні системи, такі як Google Classroom та Moodle.

Таким чином, дистанційне навчання хімії є невід'ємною частиною нинішнього освітнього процесу, гарантуючи безперервність здобуття освіти та її доступність у відповідь на соціальні та технологічні виклики.

#### Список використаних джерел

1. Google Classroom Community. *Google Help*. URL: [https://support.google.com/edu/classroom/community?hl=en&msgid=7\\_Kj06SBBwAJ&gpf=d/msg/google-education/LJO8SAIhQ1s/7\\_Kj06SBBwAJ&visit\\_id=639070118595588177-2789582524&rd=1](https://support.google.com/edu/classroom/community?hl=en&msgid=7_Kj06SBBwAJ&gpf=d/msg/google-education/LJO8SAIhQ1s/7_Kj06SBBwAJ&visit_id=639070118595588177-2789582524&rd=1)
2. LearningApps.org – interaktive und multimediale Lernbausteine. *LearningApps*. URL: <https://learningapps.org/>
3. *PhET*. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/filter?subjects=earth-and-space&type=html>
4. *Moodle.org*. URL: <https://moodle.org/?lang=uk>
5. Про затвердження Положення про дистанційне навчання. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0464-04#Text>

## ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМ «MOZABOOK» ТА «MOZAWEB» ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ПІДХОДУ ПІД ЧАС НАВЧАННЯ ХІМІЇ

Микитенко А. О.

Опорного закладу «Новоаврамівський ліцей» Хорольської міської ради Лубенського району Полтавської області

STEM-освіта в Україні визначена одним із пріоритетних напрямів модернізації освітньої галузі. Концепція Нової української школи передбачає формування компетентностей через діяльнісний підхід, інтеграцію знань та використання цифрових технологій [1].

STEM-освіта на уроках хімії передбачає інтеграцію науки, технологій, інженерії та математики з метою формування в учнів умінь застосовувати знання на практиці. Такий підхід спрямований не лише на засвоєння теоретичного матеріалу, а й на розвиток критичного мислення, дослідницьких навичок і здатності розв'язувати реальні проблеми.

На уроках хімії це реалізується через поєднання знань з різних навчальних дисциплін. Під час вивчення тем використовуються математичні розрахунки мас, об'ємів і концентрацій речовин, аналізуються графіки залежності швидкості реакцій від різних факторів [3].

Важливим компонентом STEM-підходу є проектна діяльність, під час якої учні працюють над практичними завданнями, що мають прикладний характер. Наприклад, вони можуть досліджувати способи очищення води, створювати моделі фільтрів, аналізувати склад харчових продуктів або розробляти екологічно безпечні засоби для побутового використання. Така діяльність сприяє формуванню навичок командної роботи, планування експерименту та презентації результатів. Дослідницький підхід передбачає постановку проблемного питання, формулювання гіпотези, проведення експерименту, аналіз отриманих даних і формулювання обґрунтованих висновків [2].

Сучасні технології відіграють важливу роль у впровадженні STEM-освіти на уроках хімії. Використання віртуальних лабораторій, цифрових датчиків температури й рН, інтерактивних моделей та симуляцій дозволяє зробити навчання більш наочним і безпечним, а також підвищує мотивацію учнів. Таким чином, STEM-підхід у викладанні хімії сприяє формуванню цілісного наукового світогляду, розвитку практичних умінь і підготовці учнів до застосування знань у повсякденному житті та майбутній професійній діяльності [4].

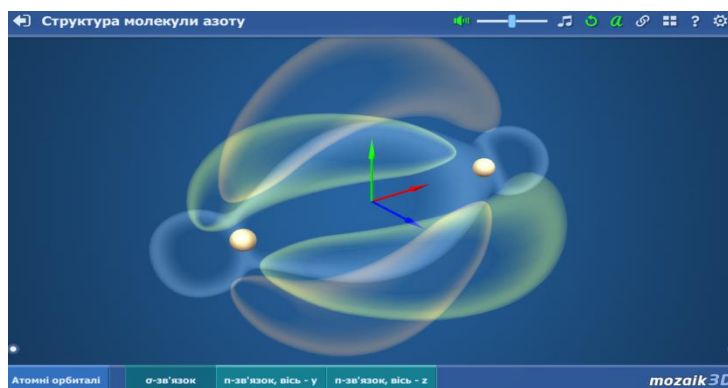
Нещодавно наш заклад освіти приєднався до навчання на освітній платформі «EdPro», під час проходження навчання передбачалося використання Mozaik education, де знаходяться такі віртуальні додатки: mozaBook та mozaWeb, markr, mozaMap, mozaLog, 3D-енциклопедій, Fuller 3D, LabCamera, Mozaik 3D app та ін. [5].

Під час навчання можна було отримати безкоштовний код активації на 4 місяці, після чого платформа надавалася для використання ще протягом року. З власного досвіду скажу, що це навчання корисне, інформативне та досить інноваційне, але є невеликий мінус — потрібен код активації, який не є безкоштовним.

Додатки забезпечують доступ до інтерактивних 3D-моделей, анімацій, віртуальних лабораторій та цифрових підручників з предметів природничого циклу, інформаційних технологій та предметів початкової школи.

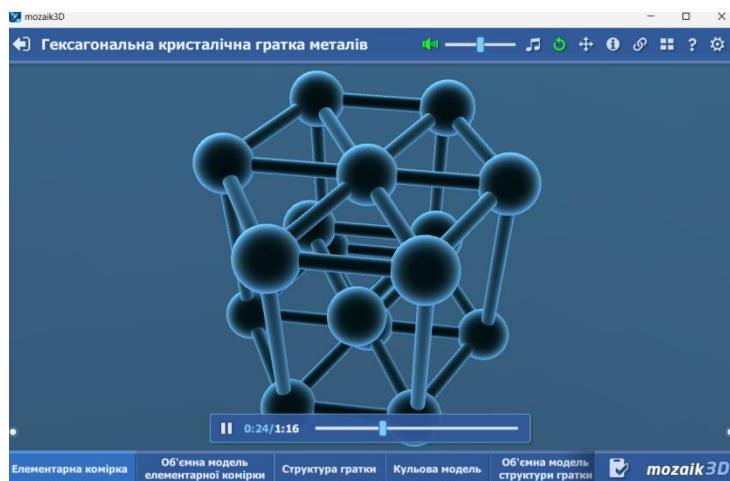
Однією з ключових можливостей mozaBook є використання інтерактивних 3D-сцен. У курсі хімії це дозволяє [5]:

- ✓ демонструвати просторову будову молекул (див. мал. 1);



Мал.1. Будова молекули азоту.

✓ досліджувати типи кристалічних ґраток (йонна, атомна, молекулярна, металічна) (див. мал. 2);



Мал. 2 Кристалічна ґратка металів.

✓ вивчати молекули, атоми та електронні орбіталі (див. мал. 3)



Мал. 3. Утворення молекул водню.

STEM-підхід також передбачає активну дослідницьку діяльність учнів. Віртуальні лабораторії mozaBook дозволяють [5]:

- ✓ змінювати концентрацію реагентів;
- ✓ моделювати температурні умови;
- ✓ спостерігати перебіг реакції;
- ✓ аналізувати отримані результати.

Такі завдання формують навички аналізу даних, роботи з графіками та інтерпретації результатів.

Платформи MozaBook та MozaWeb також сприяють реалізації навчальних проєктів, що відповідають принципам STEM. Наприклад, можна запропонувати учням розробити

проект «Очищення води», де учні могли б досліджувати 3D-моделі фільтраційних систем, моделювати процес очищення, аналізують хімічні методи знезараження та презентують результати у вигляді інтерактивної презентації в mozaBook. Іншим прикладом є проєкт на тему: «Кислотні дощі». Учні моделюють хімічні реакції утворення сульфатної та нітратної кислот, аналізують вплив на довкілля та пропонують інженерні рішення щодо зменшення викидів [5].

Наприклад, проєкт «Альтернативні джерела енергії та воднева енергетика» передбачає дослідження властивостей водню як палива майбутнього. Учні можуть працювати з 3D-моделями молекул, аналізувати процес електролізу води, моделювати реакції горіння водню та порівнювати ефективність різних видів палива. У межах інженерної складової вони можуть запропонувати модель екологічної заправної станції або систему зберігання водню, а результати представити у вигляді інтерактивної презентації з використанням матеріалів «MozaBook».

Цікавим є також проєкт «Полімери в нашому житті». Учні досліджують 3D-будову полімерів, моделюють процес полімеризації, аналізують властивості різних видів пластмас і їхній вплив на довкілля. У межах STEM-підходу вони можуть розробити власну ідею біорозкладного матеріалу або запропонувати способи переробки пластику, обґрунтовуючи свої рішення з хімічної та екологічної точки зору.

Проект «Хімія харчування» дає можливість дослідити склад харчових продуктів, змоделювати процеси окиснення жирів або денатурації білків, проаналізувати роль консервантів і харчових добавок. Учні можуть працювати з інтерактивними схемами обміну речовин, проводити віртуальні експерименти та створювати рекомендації щодо здорового харчування, спираючись на наукові дані.

Таким чином, використання платформ MozaBook та MozaWeb у процесі навчання хімії є ефективним інструментом реалізації STEM-підходу в закладах загальної середньої освіти. Інтерактивні 3D-моделі, віртуальні лабораторії, цифрові симуляції та можливості створення власного навчального контенту сприяють глибшому розумінню складних хімічних процесів, розвитку просторового мислення й формуванню дослідницьких умінь учнів. Застосування зазначених платформ забезпечує інтеграцію знань із природничих наук, математики та технологій, активізує пізнавальну діяльність школярів і підвищує їхню навчальну мотивацію. Практична спрямованість завдань і проєктна діяльність дозволяють формувати ключові та предметні компетентності відповідно до концепції Нової української школи. Отже, цифрові ресурси Mozaik Education мають значний потенціал для модернізації освітнього процесу з хімії та підготовки учнів до успішної діяльності в умовах сучасного технологічного суспільства.

### **Список використаних джерел**

1. Міністерство освіти і науки України. Концепція Нової української школи. Київ. 2016. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>
2. Міністерство освіти і науки України. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти. Київ. 2020. URL: <https://imzo.gov.ua/2025/08/08/lyst-imzo-vid-18-07-2025-21-08-624-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkilnoi-osvity-u-2025-2026-navchal-nomu-rotsi/>

3. Інститут модернізації змісту освіти. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку в Україні. Київ. 2021. URL: <https://imzo.gov.ua/2021/12/10/stan-uprovadzhennia-ta-perspektyvy-rozvytku-stem-osvity-v-ukraini-rozghlianuly-na-kolehii-mon/>
4. Пометун О. І., Пироженко Л. В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання. Київ: А.С.К. 2004. С.151
5. MozaWeb – офіційний сайт платформи. URL: <https://www.mozaweb.com/uk/>

## **ЕКОЛОГІЧНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ У СИСТЕМІ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ**

**Мордовець І. В.**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасний етап розвитку цивілізації характеризується загостренням глобальних екологічних проблем, зумовлених інтенсивним антропогенним впливом на природне середовище, трансформацією природних екосистем і зростанням техногенного навантаження на довкілля. Порушення екологічної рівноваги, вичерпання природних ресурсів, накопичення відходів та забруднення навколишнього середовища актуалізують потребу у формуванні нової моделі взаємодії людини з природою, заснованої на засадах сталого розвитку [1; 2]. У цих умовах освіта постає як стратегічний соціокультурний інститут, покликаний не лише забезпечувати трансляцію наукових знань, а й формувати ціннісні орієнтири, світоглядні установки та поведінкові моделі особистості, здатної до екологічно відповідального мислення й діяльності [3].

Концепція Нової української школи ґрунтується на компетентнісній парадигмі освіти, відповідно до якої результати навчання розглядаються як інтегративні утворення, що поєднують знання, уміння, навички, цінності та досвід практичної діяльності [4]. У цьому контексті особливої значущості набуває екологічна компетентність, яка виходить за межі суто природничо-наукової підготовки та постає як міждисциплінарне, метапредметне утворення, що пронизує всі складники освітнього процесу [5].

Аналіз сучасної педагогічної практики засвідчує, що реалізація екологічного компонента у структурі ключових компетентностей НУШ часто має фрагментарний характер. Екологічна проблематика інтегрується переважно в межах окремих навчальних предметів без належного узгодження з цілісною компетентнісною моделлю особистості здобувача освіти, що зумовлює потребу в науково-методологічному осмисленні місця екологічної компетентності та її системоутворювальної ролі [6].

Теоретичні засади формування екологічної культури були закладені у працях В. Вернадського, який обґрунтовував ідею ноосфери та підкреслював, що джерело екологічних проблем міститься в самій діяльності людини, а не лише у зовнішніх природних чинниках [1]. У сучасних педагогічних дослідженнях екологічна компетентність трактується як цілісна система знань про взаємозв'язки в природі, умінь аналізувати й прогнозувати наслідки антропогенного впливу, ціннісних орієнтацій і готовності до відповідальної екологічно доцільної поведінки [5; 7].

Екологічна компетентність має багатокомпонентну структуру, що охоплює ціннісно-мотиваційний, когнітивний, діяльнісний та рефлексійний компоненти, інтеграція яких забезпечує перехід від усвідомлення екологічних проблем до практичних дій щодо їх розв'язання [7; 8]. У системі ключових компетентностей НУШ екологічна компетентність

виконує роль наскрізної міждисциплінарної складової, інтегруючись у зміст природничих, суспільствознавчих і технологічних дисциплін [4].

Особливий потенціал для формування екологічної компетентності має шкільний курс хімії, який створює умови для усвідомлення учнями впливу хімічних речовин і процесів на природні системи, оцінювання екологічних ризиків та вибору раціональних способів взаємодії з довкіллям [9]. Залучення дослідницьких завдань, лабораторних робіт та міжпредметних проєктів сприяє інтеграції знань, цінностей і практичних дій, забезпечуючи формування екологічно відповідальної особистості, орієнтованої на принципи сталого розвитку [8; 10].

#### **Список використаних джерел**

1. Вернадський В. І. Наукова думка як планетне явище. Київ : Наук. думка, 1991. 270 с.
2. UNESCO. Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. Paris : UNESCO, 2017. 62 p.
3. Сисоєва С. О. Освіта для сталого розвитку: теорія і практика. Київ : Педагогічна думка, 2016. 320 с.
4. Нова українська школа: концептуальні засади реформування середньої школи. Київ : МОН України, 2016. 40 с.
5. Бабенко О. В., Безбабний В. А. Формування екологічної компетентності учнів у процесі навчання природничих дисциплін. Педагогічні науки. 2025. № 98. С. 45–52.
6. Олефіренко Т. О. Компетентнісний підхід у сучасній шкільній освіті. Харків : Основа, 2019. 214 с.
7. Pavlova M. Education for Sustainable Development and Competency-Based Learning. Springer, 2024. 198 p.
8. Жук Ю. О. Екологічна компетентність як складова ключових компетентностей учнів. Освітологічний дискурс. 2022. № 3. С. 56–64.
9. Джакупова Ж., Нурушев А. Формування екологічної компетентності в хімічних дослідженнях // Вісник Євразійського національного університету імені Л. Н. Гумільова. Серія: Хімія. Географія. 2019. Т. 127, № 2. С. 26–30. DOI: [https://doi.org/10.32523/2616-6771-2019-127-2-26-30](https://doi.org/10.32523/2616-6771-2019-127-2-26-30).
10. Pavlova M. Green Skills and Environmental Education in School Science. Journal of Education for Sustainable Development. 2024. Vol. 18, No. 1. P. 33–47.

## **ЕМПІРИЧНИЙ ТА ТЕОРЕТИЧНИЙ РЯДИ АКТИВНОСТІ МЕТАЛІВ: ЕТАПНІСТЬ ФОРМУВАННЯ ПОНЯТТЯ В КОНТЕКСТІ НУШ ТА ПІДГОТОВКИ ДО НМТ**

**Петрашенко А. Ю.**

Опорний заклад «Чутівська загальноосвітня школа І–ІІІ ступенів Чутівської селищної ради Полтавського району Полтавської області

Анотація. У статті розглядається проблема методичної розбіжності між теоретичним положенням літію в електрохімічному ряду стандартних потенціалів та його експериментально спостережуваною активністю під час навчального дослідження в 8 класі. Обґрунтовано доцільність використання емпіричного ряду на пропедевтичному

етапі та перехід до ряду електродних потенціалів М. Бекетова у старшій школі як засіб підготовки до НМТ.

Ключові слова: активність металів, дидактичні принципи, електродний потенціал, НУШ, когнітивний дисонанс, навчальне дослідження.

Вступ та актуальність теми. Сучасна шкільна освіта перебуває між двома тенденціями: з одного боку- прагнення до науковості, з іншого - необхідність збереження вікової доступності змісту. Баланс між цими вимогами не завжди є очевидним.

Впровадження концепції Нової української школи (НУШ) вимагає від учителя хімії переходу до діяльнісного підходу, де експеримент є першоджерелом знань. Проте в темі «Досліджуємо активність металів» (8 клас) виникає стійка методична колізія: класичний ряд напруг М. Бекетова презентує літій (Li) як найактивніший метал, що прямо суперечить візуальному досвіду учнів, які спостерігають бурхливішу реакцію калію (K) та натрію (Na).

Як зазначав фундатор вітчизняної методики С. Г. Шаповаленко, експеримент має бути «верховним суддею теорії» [7]. Коли цей принцип порушується, учень втрачає довіру до логіки предмета, що веде до механічного зазубрювання замість розуміння.

Проблема. Термодинамічний парадокс. На перший погляд, проблема полягає у змішуванні двох різних наукових моделей на початковому етапі навчання:

1. кінетична модель (емпірична). Швидкість реакції, яку бачить око (залежить від енергії йонізації та температури плавлення).

2. Термодинамічна модель (ряд Бекетова). Стандартні електродні потенціали ( $E^\circ$ ), що враховують приховану енергію гідратації.

Методист А. Джонстоун наголошував, що навчання має йти від макроскопічного рівня до символічного [4]. Нав'язування восьмикласнику моделі  $Li > K$  без пояснення енергетики розчинів (що фізично неможливо в 8 класі) створює когнітивний бар'єр, описаний у працях В. Кінда [5].

Шляхи вирішення: від закордонних методик до ряду Бекетова. Закордонні методики подають ряд активності металів (*reactivity series*) як інструмент спостереження та узагальнення: учні проводять експерименти з кислотами, солями чи водою, порівнюють реакції металів, а потім складають ряд активності, включаючи водень і вуглець як орієнтири (Рис.1).



Рис.1. Емпіричний ряд активності металів із включенням водню вуглецю за даними Oak National Academy.

В закордонній методиці вуглець вводиться до ряду активності металів як практичний орієнтир для прогнозування можливості відновлення металів з їх оксидів. Це дозволяє показати навчальний матеріал із технологічними процесами металургії та уникнути передчасного звернення до теорії електродних потенціалів.

Таким чином, даний підхід стимулює критичне мислення здобувачів освіти, дає можливість прогнозувати реакції та пов'язує ряд з практичним застосуванням. Для подолання проблеми пропонується концепція «методичного мосту» — етапного впровадження поняття про активність металів.

Етап 1. 8-9 класи (НУШ) - емпіричне дослідження.

Під час навчального дослідження «Досліджуємо активність металів» (передбаченого програмою НУШ) доцільно використовувати емпіричний ряд, реалізований у підручнику О. Григоровича [2]. У цій моделі послідовність  $K > Na > Li$  відповідає реальним спостереженням учнів. Це дозволяє реалізувати принцип доступності та системності Н. М. Буринської [1]. Учень довіряє своїм очам, формуючи базу для вивчення хімічних властивостей.

Етап 2. 10-12 класи (Профільна школа та НМТ) - електрохімічна модель.

На етапі підготовки до НМТ, коли вивчаються окисно-відновні реакції та гальванічні елементи, вчитель здійснює «теоретичний апгрейд». Учні знайомляться з рядом М. Бекетова як із глибшою енергетичною моделлю.

Чому це важливо для НМТ? НМТ базується на стандартних потенціалах. Усвідомлення того, що  $Li$  — «прихований лідер» через високу енергію гідратації, допомагає учням розв'язувати складні завдання, не плутаючи візуальну ефективність із термодинамічною потужністю.

Методичні рекомендації. На підставі педагогічних спостережень та проведеного аналізу в контексті теми рекомендується впровадження диференційованого підходу до вивчення ряду активності металів із чітким розмежуванням емпіричного та електрохімічного рівнів пояснення:

1. проводити дослідження НУШ без «підказок», дозволити учням самостійно ранжувати метали за активністю в 8 класі.

2. Використовувати «Парадокс літію» як стимул. Пояснювати у старших класах, що літій — це «марафонець» (великий запас енергії, повільна віддача), а калій — «спринтер» (миттєвий вибух). Це актуалізує знання про  $Li$ -іон акумулятори.

3. Уніфікація: чітко розмежовувати в зошитах «ряд за спостереженням» та «електрохімічний ряд».

Висновок. Використання емпіричного ряду у 8 класі не є спрощенням науки, а є необхідним етапом формування наукового світогляду. Це готує міцний логічний фундамент, на якому у старшій школі легко вибудовується складна електрохімічна теорія Бекетова, необхідна для успішного складання НМТ. Такий підхід робить хімію логічною, зрозумілою та сучасною.

Методично виправданим є використання емпіричного підходу в основній школі та перенесення електрохімічного аналізу до старшої школи. Узгодження цих підходів сприятиме формуванню цілісного хімічного мислення учнів і підвищенню якості засвоєння матеріалу.

### Список використаних джерел

1. Буринська Н. М. Методика викладання хімії. К.: Вища школа, 1987.

2. Григорович О. В. Хімія : підруч. для 8 класу закл. заг. серед. Освіти / О.В. Григорович, О.Ю.Недуруб. Х. : «Ранок», 2025.
3. Holman J. Teaching Secondary Chemistry. London: Hodder Education, 2017.
4. Johnstone A. H. Teaching of Chemistry - logical or psychological? // CERP. 2000.
5. Kind V. Beyond Appearances: Students' misconceptions. Durham University, 2004.
6. Навчальна модельна програма «Хімія, 7-9 класи» для закладів загальної середньої освіти «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України» (наказ Міністерства освіти і науки України від 27.12.2023 № 1575).
7. Шаповаленко С. Г. Методика навчання хімії в середній школі . М.: Учпедгіз, 1963.

## **ДІЯЛЬНІСНИЙ ПІДХІД ДО НАВЧАННЯ ХІМІЇ В УМОВАХ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ: ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД УЧИТЕЛЯ**

**Рак Ж. В.**

Опорний заклад «Решетилівський ліцей імені І.Л. Олійника Решетилівської міської ради»

Анотація. У статті представлено узагальнений практичний досвід упровадження діяльнісного підходу до навчання хімії в умовах Нової української школи. Обґрунтовано доцільність використання активних методів навчання, навчального експерименту, проєктної та дослідницької діяльності як ефективних засобів формування предметних і ключових компетентностей учнів. Наведено кількісні результати педагогічної діяльності, що підтверджують результативність запропонованої методики.

Ключові слова: діяльнісний підхід, компетентнісне навчання, Нова українська школа, хімія, педагогічний досвід.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю модернізації освітнього процесу відповідно до вимог Нової української школи. Сучасний урок хімії має бути спрямований не лише на засвоєння теоретичних знань, а й на формування в учнів умінь діяти, аналізувати, робити висновки та застосовувати хімічні знання у практичній діяльності. У зв'язку з цим діяльнісний підхід розглядається як один із провідних методологічних орієнтирів сучасної шкільної хімічної освіти. Діяльнісний підхід ґрунтується на положенні про те, що знання найбільш ефективно засвоюються в процесі активної пізнавальної діяльності учнів. Навчання організовується як система дій, у межах яких учень виступає активним суб'єктом освітнього процесу. В умовах Нової української школи діяльнісний підхід забезпечує реалізацію компетентнісної парадигми освіти, сприяє розвитку критичного мислення, ініціативності, відповідальності та вміння працювати в команді.

Реалізація діяльнісного підходу на уроках хімії передбачає поєднання традиційних і інноваційних методів навчання. Основними формами діяльності учнів є навчальний експеримент, робота в парах і малих групах, виконання дослідницьких і проєктних завдань, розв'язування проблемних і практико-орієнтованих задач. Особлива увага приділяється створенню проблемних ситуацій, які спонукають учнів до пошуку шляхів розв'язання навчальних завдань, висування гіпотез і аргументованого обґрунтування власної позиції. У власній педагогічній практиці діяльнісний підхід використовують системно та послідовно під час вивчення хімії у 7–8 класах НУШ. Організація навчальної діяльності ґрунтується на принципі «навчання через дію», що дозволяє забезпечити активну участь кожного учня в освітньому процесі. У 7 класі діяльнісний підхід

реалізується через спостереження, прості експериментальні завдання та групову роботу. Учні вчаться розрізняти фізичні й хімічні явища, аналізувати результати дослідів, формулювати висновки. Це сприяє формуванню початкових дослідницьких умінь і позитивної навчальної мотивації.

Пропоную авторську добірку діяльнісних завдань з хімії для 7 класу (НУШ), розроблених на основі компетентнісного підходу, які я використовую на уроках. Вони спрямовані на розвиток навичок моделювання, дослідження та критичного мислення, за групами результатів.

#### 1. Моделювання мікросвіту (ГР2 — Робота з інформацією)

Завдання: Створити об'ємні моделі молекул, використовуючи підручні матеріали (пластилін, зубочистки, кульки).

Діяльність: Сконструуйте моделі молекул ( $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$ )

Критичне запитання: Чим відрізняється модель простої речовини від складної на рівні атомів?

Результат: Фото або виставка моделей з коротким поясненням складу кожної молекули.

#### 2. Навчальне дослідження «Будова полум'я» (ГР1 — Проведення дослідження)

Завдання: Дослідити зони полум'я спиртівки або свічки.

Діяльність: Використовуючи суху дерев'яну скіпку, внесіть її на 1-2 секунди в різні частини полум'я. Спостерігайте за характером обуглювання.

Висновок: Визначте найгарячішу зону полум'я та поясніть, у якій частині краще нагрівати речовину в пробірці.

#### 3. Сортування «Речовина чи Тіло?» (ГР3 — Усвідомлення закономірностей)

Завдання: Класифікувати об'єкти навколо нас за ознакою «фізичне тіло — речовина — матеріал».

Діяльність: Заповніть таблицю для таких об'єктів: залізний цвях, вода, скляна ваза, алюмінієвий дріт, кисень.

Творчий елемент: Придумайте 3 приклади, де з однієї речовини виготовлено різні тіла, і навпаки — одне тіло складається з різних речовин.

#### 4. Віртуальний експеримент «Рух молекул»

Завдання: Дослідити явище дифузії в різних середовищах.

Діяльність: Проведіть домашній дослід із розчиненням краплі йоду чи чаю в холодній та гарячій воді.

Обговорення: Як температура впливає на швидкість руху частинок речовини?

Пропоную алгоритм уроку хімії з діяльнісним підходом на тему «Від хімічних елементів до хімічних сполук».

Завдання орієнтовані на дію, співпрацю, дослідження і рефлексію, а не на відтворення визначень.

#### Завдання 1. «Збери речовину» (групова робота)

Мета: сформулювати розуміння, що хімічні сполуки утворюються з хімічних елементів у певному співвідношенні.

Хід роботи

1. Кожна група отримує картки з назвами або символами хімічних елементів (H, O, Na, Cl, C)

2. Завдання:

- об'єднати елементи у можливі хімічні сполуки;
- назвати утворену речовину;

- записати її формулу.

Очікуваний результат

Учні роблять висновок: хімічна сполука — це речовина, утворена з атомів різних хімічних елементів.

Завдання 2. «Дослідник навколо нас» (робота в парах)

Мета: показати зв'язок хімії з повсякденним життям.

Інструкція:

Учні отримують перелік речовин:

вода, цукор, крейда, повітря, кухонна сіль

Потрібно:

1. Визначити, це хімічний елемент чи хімічна сполука.

2. Обґрунтувати відповідь.

Завдання 3. «Займи позицію» (обговорення)

Мета: розвиток критичного мислення та аргументації.

Учитель зачитує твердження, учні обирають позицію «погоджуюсь / не погоджуюсь» і пояснюють:

- «Вода — це хімічний елемент»
- «Кухонна сіль складається з двох хімічних елементів»
- «Хімічні елементи можуть існувати окремо, а можуть утворювати сполуки».

Завдання 4. «Створи правило сам»

Мета: усвідомлене формулювання понять.

Інструкція На основі попередніх завдань учні самостійно формулюють:

- що таке хімічний елемент;
- що таке хімічна сполука.

Після обговорення клас порівнює власні формулювання з підручником.

Завдання 5. Рефлексія «Мікрофон»

Мета: усвідомлення результатів навчання.

Учні завершують речення:

- «Сьогодні я дізнався(лася), що...»
- «Мене здивувало...»
- «Тепер я можу пояснити, чим відрізняється...»

Результат уроку

Учні через власну діяльність:

- розрізняють хімічні елементи та сполуки;
- розуміють, як з елементів утворюються сполуки;
- бачать хімію в реальному житті.

У 8–9 класах значну роль відіграє навчальний експеримент і проєктна діяльність. Учні виконують мініпроєкти, пов'язані з вивченням хімічних речовин у побуті, працюють у малих групах, презентують результати своєї діяльності. Така організація навчання сприяє розвитку комунікативних компетентностей, відповідальності за спільний результат і навичок самооцінювання. Діяльнісні завдання для 8 класу (НУШ), які я використовую при вивченні хімії.

Тема уроку: «Досліджуємо будову атома» Завдання 1. Модель атома власноруч

Мета: сформулювати уявлення про складові атома. Хід роботи: у групах створіть модель атома з підручних матеріалів (папір, пластилін, кришечки). Позначте протони, нейтрони, електрони. Результат: захист моделі та пояснення ролі кожної частинки.

## Завдання 2. Атомний паспорт

Мета: навчитися користуватися періодичною системою. Хід роботи: отримайте картку з хімічним елементом. Складіть його «паспорт»: символ, порядковий номер, кількість протонів, нейтронів, електронів. Результат: коротка усна презентація.

## Завдання 3. Дослідницьке питання

Мета: розвивати критичне мислення. Питання: що зміниться в атомі, якщо змінити кількість нейтронів? Обговоріть у парі та сформулюйте висновок. Результат: письмовий висновок у зошиті.

## Завдання 4. Рольова гра «Я — частинка атома»

Мета: усвідомити функції частинок атома. Хід роботи: кожен учень отримує роль (протон, нейтрон, електрон) та пояснює, за що він «відповідає» в атомі. Результат: спільна схема атома на дошці.

## Завдання 5. Порівняй і зроби висновок.

Мета: формувати вміння аналізувати. Хід роботи: порівняйте атоми Гідрогену та Гелію за складом. Результат: таблиця порівняння та висновок.

## Завдання 6. Життєва ситуація.

Мета: показати зв'язок науки з життям. Ситуація: чому атоми різних елементів мають різні властивості? Результат: колективне обговорення та узагальнення.

## Завдання 7. Самооцінювання.

Мета: розвиток рефлексії. Хід роботи: оцініть, що нового ви дізналися про будову атома, що було складно, що цікаво. Результат: короткий запис-рефлексія.

У 10–11 класах діяльнісний підхід реалізується через проблемно-орієнтоване навчання, міжпредметні зв'язки та аналіз реальних життєвих ситуацій. Учні розв'язують практико-орієнтовані задачі екологічного та здоров'язбережувального спрямування, що формує цілісне наукове бачення та відповідальне ставлення до довкілля.

Кількісні результати педагогічної діяльності. Аналіз результатів навчальної діяльності учнів за період систематичного впровадження діялісного підходу (2022–2025 рр.) засвідчив позитивну динаміку. Зокрема, рівень навчальних досягнень учнів середньої та старшої школи з хімії зріс у середньому на 12–15 %, а частка учнів із достатнім і високим рівнем навчальних досягнень збільшилася з 48 % до 63 %. Крім того, за результатами анкетування, понад 70 % учнів відзначили зростання інтересу до вивчення хімії та підвищення власної навчальної активності.

Висновки. Отримані результати підтверджують ефективність діялісного підходу як засобу реалізації ідей Нової української школи на уроках хімії. Упровадження діялісного підходу сприяє підвищенню якості освітнього процесу, формуванню предметних і ключових компетентностей учнів та забезпечує практичну спрямованість навчання.

### Список використаних джерел

1. Концепція Нової української школи. <https://surl.li/kdyca>
2. Державний стандарт базової середньої освіти. <https://surl.li/paueki>
3. Методичні рекомендації МОН України щодо викладання навчальних предметів у 2025-2026 навчальному році. <https://surl.li/nkqrfj>.

# ГЕНДЕРНИЙ БАЛАНС У STEM: РОЗВИТОК КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ НА УРОКАХ ХІМІЇ

Рудас Ю. І.

Колонтаївський ліцей Краснокутської селищної ради Богодухівського району Харківської області

Анотація. Матеріал пропонує погляд на проблему прихованого гендерного дисбалансу в шкільному курсі природничих дисциплін через призму передового західного досвіду. Замість сухої констатації фактів, пропонуються дієві інструменти для адаптації на уроках хімії: соціо-наукові дискусії, структуровані суперечки та ігрові технології. Описано моделі впровадження квесту "Слідчі Періодичної системи" та практико-орієнтованих STEM-модулів, заснованих на життєвих історіях Еліс Болл та Агнес Покельс. Доведено, що застосування таких підходів не лише відновлює історичну справедливість, а й безпосередньо працює на вимоги Нової української школи — формує в підлітків критичне мислення, екологічну свідомість та дослідницькі навички.

Ключові слова: *Гендерний баланс, STEM-освіта, Нова українська школа (НУШ), компетентнісний підхід, Ефект Матильди, структурована академічна суперечка (SAC), соціо-наукові дискусії, диференційоване навчання, гейміфікація, екологічна свідомість.*

Вступ. Хімія часто здається підліткам просто набором абстрактних рівнянь. Складні формули, незрозумілі коефіцієнти, відірваність від щоденної реальності. Але чи такою є справжня наука? Державний стандарт базової середньої освіти вимагає від педагогів докорінної зміни підходів [2]. Школа має вчити не просто запам'ятовувати, як реагують речовини, а розуміти як ці процеси впливають на екологію, наше здоров'я та побут. До того ж, офіційна Концепція розвитку STEM-освіти в Україні прямо наголошує на необхідності популяризації інженерних та природничих професій серед молоді [3].

Проте на цьому шляху існує прихована перешкода. Варто лише звернути увагу на імена вчених у шкільних підручниках. Скільки серед них жінок? Як показує вітчизняна гендерна експертиза навчальної літератури, така разюча односторонність матеріалів формує у дівчат підсвідоме відчуття, що точні науки - це «не для них» [1]. Соціологи називають це «Ефектом Матильди». Цей термін запровадила дослідниця Маргарет Россітер у 1993 році [6], згадавши суфражистку Матильду Гейдж, яка ще понад століття тому була на сполох через масове привласнення чоловіками жіночих винаходів [5].

Історично механізми виключення працювали бездоганно. Згадаймо Лізу Майтнер. Як зазначають її біографи, видатна дослідниця роками працювала у підвалі інституту без офіційного статусу просто тому, що жінкам забороняли підніматися в лабораторії до чоловіків [7]. Або Іду Ноддак, чию геніальну здогадку про поділ ядра наукова спільнота підняла на сміх. Чи Розалінд Франклін, чия рентгенограмою ДНК скористалися колеги, «забувши» про співавторство.

Вивчення досвіду зарубіжних колег показує: говорити про це на уроках - означає реалізувати наскрізну лінію "Громадянська відповідальність" у дії. Це реальний шанс зупинити відтік дівчат зі STEM-напрямків (відомий у світовій соціології як феномен "дірявого трубопроводу" [4]) ще за шкільною партою.

Інтерактивні методики: як це можна застосувати на практиці.

Досвід західних педагогів доводить, що звичайні розповіді про біографії вчених працюють погано. Сучасним дітям потрібна дія, емпатія, власний пошук. Тому доцільно використовувати такий інструмент, як Структурована академічна суперечка (SAC). Це не

класичні дебати, де головне перекинути опонента. Тут мета інша, зрозуміти глибину проблеми.

Наприклад, в 11 класі під час вивчення теми ядерних реакцій можна провести SAC «Етика відкритого ядра». Клас ділиться на четвірки, а ті, на пари. Першій парі пропонується знайти докази на користь Отто Гана (він зафіксував утворення Барію хімічним шляхом). Друга пара захищає Лізу Майтнер (вона першою зробила фізичні розрахунки колосального викиду енергії). Діти презентують позиції. А потім настає найцікавіший момент – учитель(ка) пропонує їм помінятися ролями. Здобувачі освіти мають аргументовано захищати тих, кого щойно критикували. Західна практика показує, що це фантастично ламає стереотипи і вчить академічній доброчесності.

Ще один потужний інструмент, який варто інтегрувати в наші уроки - рольова гра «Сольвеївський конгрес» (Сольвеївські конгреси (Solvay Conferences) - серія найпрестижніших у світі закритих наукових конференцій з фізики та хімії, які проходять у Брюсселі з 1911 року і до сьогодні.). Учням та ученицям пропонується приміряти на себе ролі Марії Кюрі, Нільса Бора, Альберта Ейнштейна. Вони сперечаються про будову атома, наочно переконуючись, що жінки ніколи не стояли осторонь найгостріших наукових дискусій.

Практичні кейси та stem-модулі.

*Кейс 1. Модель уроку-квесту "Слідчі Періодичної системи"(8 клас)*

Замість монотонного опису елементів, підліткам можна запропонувати статі детективами.

Диференціація завдань у такому квесті може виглядати так:

1) Базовий рівень: Учні мають ідентифікувати елементи (Мейтнерій, Реній, Технецій, Францій) за координатами в таблиці чи будовою електронної оболонки.

2) Достатній рівень: Розгадавши елемент, дитина відкриває «справу» - історію науковиці, причетної до його дослідження (Маргарит Перей, Іда Ноддак). Завдання: проаналізувати текст і знайти, які соціальні бар'єри стояли на її шляху.

3) Високий рівень: Група створює цифровий продукт на дошці Padlet. Вони генерують власні ідеї: що може зробити сучасне суспільство, аби дівчата не боялися йти в науку.

Такий формат стовідсотково відповідає вимогам НУШ, одночасно закриваючи природничу, інформаційну та соціальну групи результатів.

*Кейс 2. Органічний синтез і здоров'я: Тріумф і трагедія Еліс Болл (10-11 класи)*

Тема естерів часто здається учням нудною. Щоб змінити це, західні методисти радять вводити медичний контекст (про ліки).

Ситуація, яку можна використати на уроці: Початок ХХ століття. Хворих на проказу лікують хаульмуговою олією. Проблема в тому, що вона надзвичайно густа. Її неможливо колоти, бо вона не розчиняється у крові, завдаючи пацієнтам пекельного болю. І ось 23-річна хімікня Еліс Болл знаходить рішення. Вона перетворює жирні кислоти олії на їхні етилові естери. Міжмолекулярні водневі зв'язки руйнуються, в'язкість падає, препарат стає розчинним. Метод рятує тисячі життів. Щоправда, лаври привласнює керівник її коледжу Артур Дін, бо сама Еліс трагічно гине.

Практикум: Доцільно провести лабораторний дослід з отримання етилового естеру оцтової кислоти. Учням та ученицям пропонується порівняти запах і в'язкість вихідної кислоти та продукту.

Наголошуємо на дотриманні усіх правил техніки безпеки: робота ведеться під витяжкою, концентровану сульфатну кислоту, що діє як каталізатор, додаємо обережно, нагріваємо суміш на водяній бані на водяній бані, бо естери леткі та миттєво спалахують.

Обговорення: Після досліду учнівство може проаналізувати, як одна змінена функціональна група вплинула на біодоступність ліків. Це робить науку живою та зрозумілою.

*Кейс 3. Наука на кухні: Екологічний виклик Агнес Покельс (9 клас)*

Вивчаючи дисперсні системи та поверхневі явища, можна використати такий життєвий контекст.

Німецька дослідниця Агнес Покельс не мала права навчатися в університеті, тому що жінкам було заборонено вступати до університетів. Її лабораторією стала власна кухня. Миючи брудний посуд, вона заклала основи нової наукової галузі - фізики та хімії поверхні. Агнес сконструювала з бляшанки прилад для вимірювання поверхневого натягу, який згодом став основою для надточного обладнання.

Практикум: Пропонується провести безпечний і наочний дослід «Човен на мильній тязі». У чашку Петрі з водою розпорошується тальк або мелений перець. Дотик чистою зубочисткою - нуль реакції. Дотик зубочисткою з краплею мийного засобу, і плівка порошку миттєво розлітається до країв.

Здобувачів освіти обов'язково попереджаємо щодо необхідності берегти очі та дихальні шляхи від дрібнодисперсного порошку. Слід уникати різких рухів, щоб тальк не піднявся в повітря. Уникати контакту мийного засобу зі шкірою обличчя, а після досліду ретельно вимити руки.

Диференціація результатів:

1) Базовий рівень може зафіксувати сам факт зміни поверхневого натягу.  
2) Достатній - пояснити це з позиції будови молекул ПАВ (наявність гідрофільної «голови» та гідрофобного «хвоста»). А от на високому рівні доцільно виходити на екологію. Учням можна запропонувати дискусію: що стається з нашими річками через надмірне використання фосфатних порошоків? Як зниження поверхневого натягу вбиває водний світ? Тут же можна провести паралель з біологією: як жовч емульгує жири в нашому організмі, і як працює ліпідний подвійний шар (бішар) клітинних мембран.

Висновки. Впроваджувати історії науковиць у програму НУШ варто системно. Зарубіжна практика доводить, що це не має бути формальна галочка для звіту чи десятихвилинний відступ від теми. Це може стати концептуальною основою багатьох уроків.

Коли навчальний матеріал структурується таким чином, відбуваються дві важливі речі. З одного боку, предметні знання перестають бути «сухими». Хімія стає історією людських злетів, тісно переплетеною зі здоров'ям та екологією. З іншого боку, потужно розвиваються «м'які навички». Діти вчаться розпізнавати соціальну несправедливість, дискутувати без агресії, відчувати емпатію. Такий підхід дозволяє вчителю не просто викладати хімію, а створювати освітній простір, де стереотипи ламаються прямо в класі, і де кожна дитина розуміє: наука справді належить усім.

### Список використаних джерел

1. Гендерна експертиза шкільних підручників : концептуальні засади / за заг. ред. Т. Ісаєвої. Харків : Вид-во «Крона», 2018. 132 с.

2. Державний стандарт базової середньої освіти : постанова Кабінету Міністрів України від 30 верес. 2020 р. № 898. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-p> .
3. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 05 серп. 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p> .
4. Blickenstaff J. C. Women and science careers: leaky pipeline or gender filter? *Gender and Education*. 2005. Vol. 17, No. 4. P. 369–386.
5. Gage M. J. Woman as Inventor. *The North American Review*. 1883. Vol. 136, No. 318. P. 478–489.
6. Rossiter M. W. The Matthew Matilda Effect in Science. *Social Studies of Science*. 1993. Vol. 23, No. 2. P. 325–341.
7. Sime R. L. Lise Meitner: A Life in Physics. Berkeley : University of California Press, 1996. 540 p.

## **РЕАЛІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНІСНОГО ПІДХОДУ НА УРОКАХ ХІМІЇ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ**

**<sup>1</sup>Севастьян О. А., <sup>1</sup>Севастьян Л. О., <sup>2</sup>Тулиця Н. В.**

<sup>1</sup>Ліцей № 32 «Європейський» Полтавської міської ради

<sup>2</sup>Комунальний заклад «Полтавська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів № 5 Полтавської міської ради Полтавської області»

Скажи мені - і я забуду,  
покажи мені - і я запам'ятаю,  
дай мені зробити - і я зрозумію.  
Конфуцій.

Сьогодні етап розвитку освіти в Україні, що реалізується через концепцію «Нова українська школа», формує нові вимоги до викладання природничих дисциплін. Хімія – це фундаментальна наука, яка має величезний потенціал не лише для передачі теоретичних знань, а й для формування світогляду, критичного мислення та вміння застосовувати знання на практиці. Діяльнісний підхід викладання хімії створює можливість забезпечити взаємозв'язок знань про речовини із формуванням в учнів уміння безпечно та ефективно взаємодіяти з довкіллям. Він базується на принципі: знання не даються у готовому вигляді, а здобуваються учнем у процесі власної навчально-пізнавальної діяльності [5].

У сучасному інформаційному світі вчитель перестав бути єдиним джерелом знань і стає фасилітатором (модератором), який організовує середовище для дослідження. Ключовими складовими діяльності на уроці є: мотивація (навіщо мені знати?); постановка проблеми (як це працює?); самостійний пошук (дослідження, експеримент, робота з джерелами).

Діяльнісний підхід передбачає, що центром уроку є активність учня. Ми не повідомляємо учням формулу солі, а пропонуємо учням дослідити реакцію нейтралізації, зробити висновок про продукти реакції та навчитися їх називати.

Отже, алгоритм такого уроку в НУШ зазвичай може складатися з таких етапів:

- створення проблемної ситуації (виклик інтересу в учнів через життєвий парадокс);
- формулювання гіпотези (що буде якщо...?);
- експериментальна перевірка (лабораторне дослідження або віртуальна симуляція);
- узагальнення та презентація отриманих результатів (формулювання закону чи правила на основі побаченого, підтвердження або заперечення гіпотези).

НУШ визначає 11 ключових компетентностей [3]. Вивчення хімії дозволяє ефективно реалізовувати більшість із них через специфічні види діяльності. Так, наприклад, при формуванні математичної компетентності ми пропонуємо учням розрахункові задачі за рівнянням реакцій, приготування розчинів з певною масовою часткою розчиненої речовини, що мають практичне значення (розчини антисептика, підживлення для рослин, маринаду для консервації овочів та інші).

Компетентність у галузі природничих наук набувається при проведенні хімічного експерименту, навчальних досліджень, моделювання. Експеримент у НУШ – це не демонстрація «фокусів» учителем, а самостійне дослідження. Досвід показує, що особливу роль відіграє домашній хімічний експеримент. Використання безпечних побутових речовин (оцет, сода, індикатори із соку синьої капусти, буряку, кімнатних та садових квітів або дикорослих рослин) стимулює пізнавальний інтерес учнів та доводить, що хімічні знання необхідні для розуміння явищ що відбуваються навколо нас як у неживій так і живій природі. Учень вчиться ставити запитання, планувати хід дослідження, створювати гіпотезу, вести спостереження, аналізувати результати та формулювати висновки на основі доказів. Виконання навчальних досліджень змушує учня бути уважним до деталей, дотримуватися безпеки життєдіяльності та брати відповідальність за результат [1].

Реалізацію екологічної компетентності ми здійснюємо через оцінку хімічного впливу на довкілля, вивчення принципів «зеленої хімії», роздільного збирання сміття та формування інтересу у школярів до участі в акціях, конкурсах, фестивалях екологічного спрямування [2].

Ефективним є практичний кейс-метод. На уроках хімії – це розгляд реальної життєвої ситуації, яка не має однозначного розв'язку «з підручника». Це найкращий спосіб формування підприємливості, фінансової та екологічної грамотності. Так, наприклад, пропонуємо учням кейс «Жорстка вода та родинний бюджет»:

- *Ситуація:* у родині швидко виходить з ладу електрочайник через накип, а пральна машина споживає занадто багато порошку.

- *Завдання:* учням потрібно визначити хімічний склад накипу; запропонувати способи усунення жорсткості води (термічний, реагентний); розрахувати вартість очищення води побутовими засобами (оцет, лимонна кислота) порівняльно із засобами, які пропонує торгівельна мережа.

- *Результат:* учні не просто вивчають тему «Жорсткість води, вчать економно планувати і використовувати бюджет родини за допомогою хімічних знань.

Діяльнісний підхід є фундаментом сучасної хімічної освіти в Україні. Він дозволяє подолати відірваність теоретичних знань від практичного життя. Учень, який навчився діяти, досліджувати та помилятися в лабораторії, стає готовим до викликів технологічного суспільства. Саме через діяльність хімія з "важкого предмета" перетворюється на інструмент пізнання світу та самореалізації особистості.

Реалізація діяльнісного підходу на уроках хімії дозволяє перетворити навчання з рутинного процесу запам'ятовування символів та формул на захопливий процес відкриття світу. Учень, який власноруч довів залежність швидкості реакції від температури або розрахував вихід продукту для випікання печива, стає конкурентоспроможною особистістю, здатною до критичного мислення та навчання впродовж життя [4].

### Список використаних джерел

1. Грабовий А.К. Компетентісний підхід до учнівського хімічного експерименту // Біологія і хімія в школі. 2006. №4. С.13 - 15.
2. Титаренко Н. Компетентісний підхід до складання завдань з хімії // Біологія і хімія в шк. 2009. № 1. С. 14 - 15.
3. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrainska-shkola-2/derzhavniy-standart-bazovoi-serednoi-osviti> (дата звернення: 15.02.2026).
4. Модельна навчальна програма «Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти / О.В.Григорович [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/staticobjects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.59.klas/Pr.yrodneya.osvitnya.haluz.2023/Khimiya.7-9.klas.Hryhorovych.29.12.2023.pdf> (дата звернення: 25.01.2026).
5. Нова українська школа [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/nova-ukrainska-shkola> (дата звернення: 05.02.2026).

## STEM-ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

Стародуб І. А.

Гайворонський професійний аграрний ліцей

Анотація. У статті розглянуто можливості STEM-орієнтованого навчання хімії у закладах професійної освіти як засобу формування професійних компетентностей здобувачів освіти. Обґрунтовано доцільність інтеграції хімічних знань із професійними дисциплінами та орієнтації навчального процесу на розв'язання прикладних професійних завдань. Описано досвід використання STEM-елементів під час вивчення тем, пов'язаних із властивостями полімерних матеріалів та екологічними аспектами використання пластику. Показано, що застосування дослідницьких завдань сприяє підвищенню навчальної мотивації, розвитку критичного мислення та усвідомленню ролі хімії у майбутній професійній діяльності здобувачів освіти. Зроблено висновок про перспективність упровадження STEM-підходу у викладанні хімії в системі професійної освіти.

Сучасна професійно-технічна освіта орієнтована на підготовку фахівців, здатних ефективно застосовувати знання у практичній діяльності. Водночас викладання загальноосвітніх дисциплін, зокрема хімії, не завжди забезпечує належний зв'язок з професійною підготовкою, що знижує мотивацію здобувачів освіти та ускладнює усвідомлення практичної значущості навчального матеріалу.

Одним із ефективних шляхів розв'язання цієї проблеми є впровадження STEM-орієнтованого навчання, яке передбачає інтеграцію природничих наук, технологій, інженерного мислення та прикладних завдань, наближених до реальних виробничих умов.

Метою статті є обґрунтування ефективності STEM-орієнтованого навчання хімії у закладах професійно-технічної освіти як засобу формування професійних компетентностей здобувачів освіти.

У дослідженні використано методи педагогічного спостереження, аналізу навчальних досягнень здобувачів освіти, узагальнення власного педагогічного досвіду та аналізу науково-методичних джерел.

Хімія як навчальний предмет має значний потенціал для формування професійних компетентностей здобувачів освіти, особливо у професіях харчового, швейного, будівельного та сільськогосподарського напрямів. Знання хімічних процесів допомагають майбутнім фахівцям усвідомлювати властивості матеріалів, перебіг технологічних процесів та екологічні наслідки виробничої діяльності.

STEM-орієнтоване навчання хімії передбачає інтеграцію теоретичних знань із виконанням прикладних і дослідницьких завдань, наближених до реальних професійних ситуацій. У процесі навчання доцільно використовувати проблемні завдання, міні-дослідження, групову роботу та аналіз практичних кейсів.

Одним із прикладів упровадження STEM-елементів є заняття, присвячене дослідженню властивостей пластичних матеріалів та їх впливу на довкілля. Здобувачі освіти аналізували маркування пластикових виробів, визначали можливість їх повторного використання, досліджували поведінку різних видів пластику під впливом температури та механічних чинників, а також обговорювали екологічні аспекти використання полімерів у професійній діяльності.

Застосування таких завдань сприяє розвитку дослідницьких навичок, критичного мислення та усвідомленню ролі хімії у вирішенні сучасних виробничих і екологічних проблем.

Педагогічні спостереження засвідчили зростання пізнавальної активності здобувачів освіти, підвищення їх зацікавленості у вивченні хімії та активнішу участь у виконанні дослідницьких завдань. Здобувачі освіти демонстрували краще розуміння прикладного значення хімічних знань та їх зв'язку з майбутньою професійною діяльністю, що позитивно вплинуло на якість засвоєння навчального матеріалу.

STEM-орієнтоване навчання хімії забезпечує прикладну спрямованість засвоєння знань у закладах професійно-технічної освіти.

Інтеграція хімічних знань із професійними дисциплінами сприяє формуванню професійних компетентностей здобувачів освіти.

Застосування дослідницьких і проблемних завдань підвищує навчальну мотивацію та пізнавальну активність.

Упровадження STEM-елементів у процес навчання хімії є перспективним напрямом удосконалення методики навчання у системі професійної освіти. Такий підхід сприяє підвищенню якості освітнього процесу, формуванню ключових і професійних компетентностей, розвитку дослідницьких умінь і навичок, а також підготовці конкурентоспроможних фахівців, здатних адаптуватися до сучасних вимог ринку праці. Використання STEM-технологій забезпечує поєднання теоретичної підготовки з практичною діяльністю, сприяє формуванню наукового світогляду, технологічної

грамотності та готовності здобувачів освіти до ефективної професійної діяльності в умовах сучасного науково-технологічного розвитку суспільства.

#### Список використаних джерел

1. Концепція розвитку STEM-освіти в Україні : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 05.08.2020 № 960-р. Київ, 2020. 15 с.
2. Державний стандарт професійної (професійно-технічної) освіти : затв. постановою Кабінету Міністрів України. Київ, 2019.
3. Буринська Н. М. Методика навчання хімії у закладах загальної та професійної освіти : навч. посіб. Київ : Либідь, 2017. 256 с.
4. Головка М. В. STEM-освіта: методологія, теорія, практика // *Педагогічна освіта: теорія і практика*. 2020. № 28. С. 45–52.
5. Кремень В. Г. Компетентнісний підхід у сучасній освіті. *Освіта України*. 2018. № 12. С. 6–10.

## ОБ'ЄДНАННЯ ХІМІЇ ТА ФІЗИКИ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ НУШ ДЛЯ ІНКЛЮЗИВНОЇ ОСВІТИ

Ткач О. М.

Криничанський ліцей № 1 Криничанської селищної ради Дніпропетровської області

У сучасних умовах реформування середньої освіти в Україні, що відбувається в рамках концепції нової української школи (НУШ), зростає увага до змін у підходах до викладання природничих дисциплін. НУШ покликана не лише сформувавши систему знань, а й забезпечити розвиток ключових компетентностей учнів, активізувати їхню пізнавальну діяльність і створити умови для інклюзивного навчання кожного здобувача освіти.

Особливий виклик для вчителів у цьому контексті становить питання організації природничої освіти: чи варто розглядати хімію та фізику як окремі навчальні предмети з власною методикою викладання, чи інтегрувати їх у єдину наукову систему, що дозволить подолати розрізненість знань і краще адаптувати навчання до реальних потреб учнів.

Тематика інтеграції природничих дисциплін у шкільному контексті має багатовимірний характер. Відповідно до сучасних педагогічних концепцій, інтегрований підхід сприяє формуванню не лише предметних знань, а й системного, творчого, діяльнісного мислення учнів документально відображено у працях Засекіної, яка розглядає теорію і практику інтеграції природничих наук у шкільну освіту [1]. Цей підхід передбачає поєднання фізики, хімії, біології та інших природничих дисциплін у контексті єдиної наукової картини світу.

Крім того, монографія Засекіної підкреслює, що компетентнісно-орієнтоване навчання природничих дисциплін дозволяє побудувати освітній процес, зорієнтований не на запам'ятовування фактів, а на продуктивну діяльність здобувачів освіти — дослідження, порівняння, моделювання та виконання проєктів.

Такий підхід є критично важливим для реалізації мети НУШ — формування цілісної природничо-наукової картини світу в учнів, що дає їм змогу критично осмислювати явища із застосуванням знань з різних наук.

Одним із ключових завдань НУШ є забезпечення інклюзивності навчального процесу, тобто створення умов, у яких кожна дитина, включно з тими, хто має особливі

освітні потреби (ООП), може повноцінно залучатися до навчання. Як зазначено в дослідженні Шульги, уроки природничих наук у форматі STEM стимулюють увагу, мотивацію, соціальну взаємодію та когнітивний розвиток учнів з ООП [3]. Застосування інтеграції хімії та фізики дозволяє варіювати способи подачі матеріалу — від експерименту, моделювання до практичних задач — що дає можливість кожному учню працювати в тій формі, яка відповідає його здібностям.

Поєднання вивчення фізичних явищ та хімічних реакцій у межах одного навчального модуля допомагає створювати ситуації навчальної діяльності, у яких учні з різними стилями навчання (візуальний, аудиторний, тактильний тощо) можуть знайти власні шляхи розуміння навчального матеріалу. Це особливо важливо для здобувачів із сенсорними, мовленнєвими чи когнітивними труднощами, оскільки вони можуть оперувати знаннями у контексті практичних дослідів та прикладів.

Інклюзивні STEM-уроки сприяють також розвитку комунікативних умінь: учні працюють у групах, обмінюються думками, спільно аналізують результати дослідів — це знімає бар'єри між різними рівнями навчальних можливостей у класі та створює безпечне навчальне середовище.

Інтегрований підхід у навчанні фізики та хімії не передбачає механічне об'єднання змістів. Йдеться про методологічну синхронізацію, коли фізичне пояснення явища супроводжується хімічними моделями процесів, що відбуваються на мікрорівні, а хімічні задачі пояснюються через фізичні закони. Це відповідає концепції міжпредметної інтеграції, яка сприяє формуванню системного наукового мислення і розвитку пізнавальної активності учнів [2].

Важливо, що інтеграція має бути організована відповідно до віку та навчального рівня школярів: в молодшій школі вона може бути загальною та ілюстративною, у середніх класах — більш структурованою і орієнтованою на експеримент, а в старших — на проєктну діяльність та комплексні дослідження.

Урок, що об'єднує фізику і хімію, може починатися з розв'язання проблеми, наприклад: як фізичні умови (температура, тиск) впливають на швидкість хімічної реакції? Далі учні здійснюють дослід під керівництвом вчителя: вимірюють вплив температури на реакцію розчинення певних речовин, фіксують результати, аналізують їх, висловлюють припущення та роблять висновки. Такий підхід демонструє учням, що закономірності фізики та хімії взаємозалежні і пояснюють явища у реальному житті.

Диференційовані завдання дозволяють кожному учню працювати у власному темпі: учні з ООП можуть виконувати завдання у спрощеному форматі (визначення тренда залежності), тоді як інші — поглиблювати аналіз чи будувати математичну модель.

Об'єднання хімії та фізики в рамках інтегрованого курсу є не лише логічним продовженням сучасних педагогічних ідей, а й ефективним методом реалізації концепції НУШ. Такий підхід сприяє:

- формуванню цілісної наукової картини світу;
- активізації пізнавальної діяльності учнів;
- розвитку життєвих і предметних компетентностей;
- створенню інклюзивного освітнього середовища, де кожен здобувач освіти може реалізувати свій потенціал.

Інтеграція хімії та фізики створює новий якісний освітній продукт, що відповідає актуальним педагогічним вимогам і викликам сучасної школи.

### Список використаних джерел

1. Засекіна Т. М. Інтеграція в шкільній природничій освіті: теорія і практика / Т. М. Засекіна. Київ: Педагогічна думка, 2020. 400 с.
2. Лейбик Л. І., Нархинюк Н. Ю., Осип М. А. Педагогічні інноваційні технології навчання як комплексний інтегративний процес засвоєння знань з предметів природничо-математичних дисциплін. *Академічні студії. Серія «Педагогіка»*, № 1 (2025). С. 45-58.
3. Шульга О. Як вивчення хімії і фізики може поліпшити життя дітей з ООП. *Нова українська школа*. 2021. Стаття онлайн.

## STEM-ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ ХІМІЇ ТА БІОЛОГІЇ ОЧИМА УЧНІВ

<sup>1</sup>Хмель Н. Д., <sup>2</sup>Шпирка З. М.

<sup>1</sup>Середня загальноосвітня школа № 67, м. Львів

<sup>2</sup>Львівський національний університет мені Івана Франка

Однією з цілей STEM-освіти є стимулювання інтересу учнівства до науки та технологій, орієнтація на формування ключових і предметних компетентностей. Впродовж тривалого часу Фінляндія та Швеція вважались еталоном за рівнем викладання та освітою, які надаються середньою школою. Ці країни роками ставили як приклад у контексті: «діти щасливі», «мінімум контролю – максимум свободи», «наша STEM-освіта – найкраща освіта світу». Багато країн, спостерігаючи за успіхами еталонних, брали з них приклад і наслідували, впроваджуючи освітні реформи. Україна – не виняток.

Питанням STEM-освіти присвячено праці українських і зарубіжних науковців: Н. Балик, І. Бацуровської, Б. Беседіна, Д. Боррего, О. Кузьменко, Ю. Матвійчук, Н. Мислицької, О. Патрикеевої, Н. Поліхун, О. Стрижак та інші [1–10].

Отже, своє бачення STEM-освіти висловили і урядовці, і науковці. Та чи запитували думку тих, хто є основними дійовими особами цього експерименту – самих здобувачів освіти?!

Переломним виявився 2025–2026 н.р. Фінляндія визнає зниження якості освіти і повертається до «консервативних» методів навчання, Швеція повертає друковані підручники до навчальних класів, а уряд – інвестиції у книжку та традиційні навчальні засоби.

Змінити кут погляду нашого уряду на освітні реформи, звісно, нам не підсилу та з'ясувати і дослідити думку здобувачів освіти щодо STEM-підходів на уроках хімії та біології, ми змогли. Адже, показником ефективності STEM-навчання є не лише результат навчання, а й ставлення учнів до такого підходу.

Метою статті є аналіз бачення учнів до STEM-підходів на уроках хімії та біології та визначення їхнього впливу на навчальну мотивацію й інтерес до предметів. Саме тому, було проведено анонімне анкетування учнів двох вікових груп: 8–9 (225 учнів) та 10–11 класів (75 учнів) СЗШ № 67 м. Львова. Результати опитування засвідчили, що понад 70 % учнів мають уявлення про STEM-підхід до навчання, що свідчить про зростання його популярності та впізнаваності серед здобувачів середньої освіти. Особливо позитивно STEM-ідеї сприймають восьмикласники: 90 % з них виявили зацікавленість у поєднанні науки, технологій, інженерії та математики на уроках хімії та біології (рис. 1). Для 35 % учнів 11 класу така форма навчання не є цікавою. Ймовірно, це пов'язано з тим, що старшокласники вже визначилися з майбутньою професією, яка не має безпосереднього

зв'язку з природничими науками, і тому не вбачають для себе практичної цінності STEM-підходу.

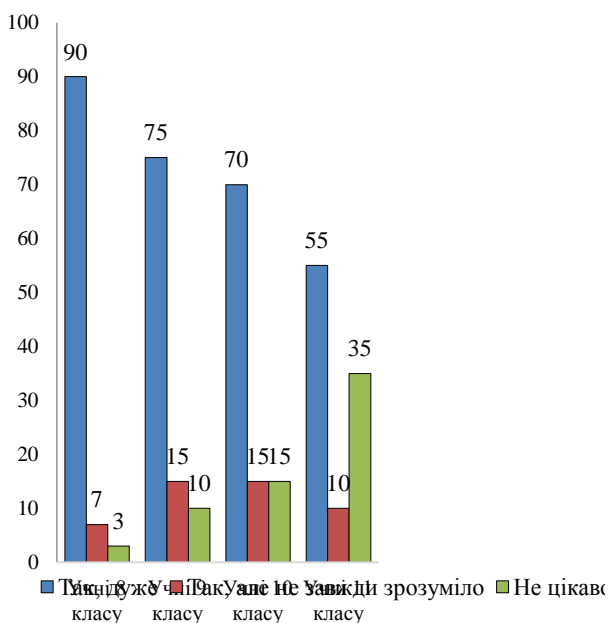


Рисунок 1. Думка учнів стосовно ідеї поєднання науки, технологій, інженерії та математики на уроках хімії та біології.

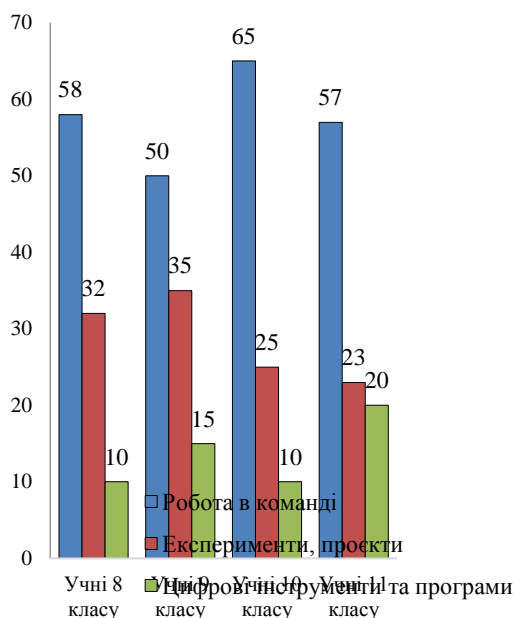


Рисунок 2. Відповіді учнів на питання «Що Вам найбільше подобається у STEM-уроках?»

На запитання «*Чи вважаєте STEM-підхід корисним для майбутнього?*» ствердну відповідь надали 75 % учнів 8, 70 % – 9 та 66 % – 10 класів. Серед одинадятикласників позитивно оцінили користь STEM-підходу лише 50 % респондентів. Це може свідчити, що з віком відбувається поступове зниження мотивації до STEM-навчання, а це є важливим сигналом для педагогів щодо необхідності диференціації та професійної спрямованості STEM-завдань у старшій школі.

Під час анкетування з'ясовано, що незалежно від віку, у STEM-уроках учням найбільше подобається робота у команді (58 %), експерименти і проєктна діяльність (28 %) і цифрові інструменти та програми (14 %). Результати показано на рис. 2. Відповідаючи на питання «*Чи хотіли б Ви збільшити кількість цифрових інструментів на уроках?*» понад 25 % опитаних кожної вікової групи відповіли «ні», що доволі дивно в умовах сучасного цифрового суспільства. Такий результат можемо пояснити значною перевантаженістю учнів різними гаджетами поза школою, а також тим, що не всі цифрові інструменти, які використовуються на уроках, є для них справді зручними та ефективними.

Нам було цікавим ставлення учнів до проєктної діяльності як складової STEM-підходу до навчання. На запитання «*Чи подобається Вам створювати власні проєкти?*» понад 50 % опитаних у кожній віковій групі надали відповідь «так» (рис. 3). Отже, більшість учнів позитивно сприймають можливість самостійно планувати, досліджувати

та презентувати результати власної діяльності, що є одним із ключових принципів STEM-освіти.

Більше половини респондентів (57 %) надають перевагу практичному навчанню, зокрема проведенню дослідів, експериментів і моделюванню. Теоретичний тип навчання обрали лише 13 % учнів, а 30 % зазначили, що їм найбільше до вподоби змішаний формат, який поєднує теоретичний матеріал із практичною діяльністю. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження STEM-підходу на уроках хімії та біології, адже він орієнтований саме на практичне застосування знань. Про зацікавленість здобувачів освіти у поглибленому вивченні природничих дисциплін свідчить й те, що 39 % опитаних хотіли б брати участь у STEM-гуртку.

Водночас, відповіді на запитання «Чи уявляєте Ви себе в майбутньому у сфері науки чи технологій?» виявили певну суперечність: понад 60 % учнів, незалежно від вікової групи, дали негативну відповідь (рис. 4). Отриманий результат свідчить про те, що попри зацікавленість учнів у STEM-уроках та практичних формах навчання, більшість з них не асоціюють отриманий досвід із дорослим життям, особливо це простежується у відповідях одинадцятикласників, які вже визначились з майбутнім професійним вибором. Очевидно, необхідно посилити профорієнтаційну складову STEM-освіти та демонструвати учнівству приклади застосування знань з хімії та біології в сучасних професіях.

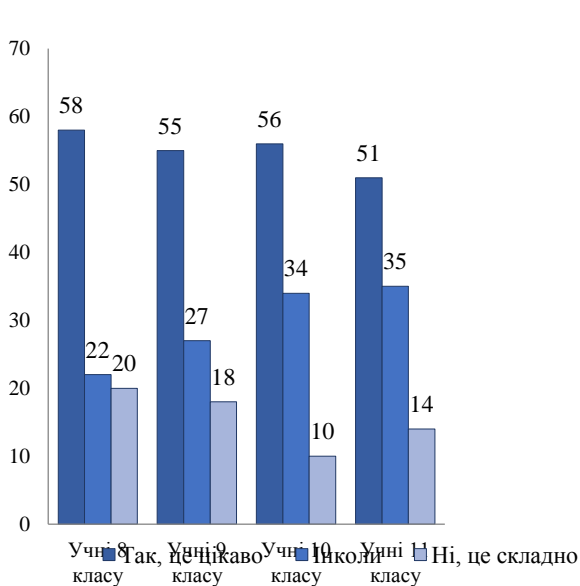


Рисунок 3. Відповіді учнів на питання «Чи подобається Вам створювати власні проекти?»

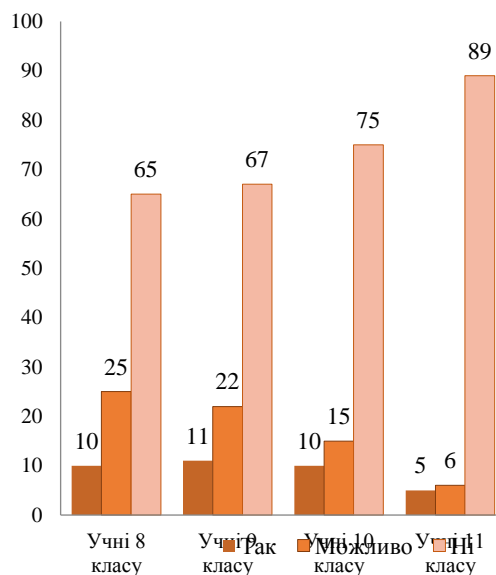


Рисунок 4. Відповіді учнів на питання «Чи уявляєте Ви себе у майбутньому у сфері науки чи технологій?»

Отримані результати засвідчують, що STEM-підхід загалом позитивно сприймається здобувачами загальної середньої освіти та сприяє підвищенню їхньої зацікавленості у вивченні хімії та біології. Учні надають перевагу практичному та проєктному навчанню, командній роботі та експериментальній діяльності. Водночас, з

віком інтерес до STEM-підходу знижується, що зумовлює необхідність адаптації STEM-уроків до професійних інтересів старшокласників.

#### Список використаних джерел

1. Балик Н. Р., Шмигер Г. П. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. *Науковий журнал Фіз.-мат. Освіта*, 2017. Вип. 2(12). С. 26–30.
2. Бацуровська І. В., Грубань В. А. Можливості STEM-освіти при вивченні дисциплін природничого циклу. *Сучасні проблеми та перспективи розвитку мережево-цифрової освіти*, 2019. С. 17–21.
3. Беседін Б. Б., Смоляков О. С. Навчальні технології XXI століття : STEM-освіта. *Гуманізація навчально-виховного процесу*, 2018. № 1 (87). С. 76–84.
4. Borrego M., Henderson C. Increasing the Use of Evidence- Based Teaching in STEM Higher Education : A Comparison of Eight Change Strategies. *J. Engineering Education*, 2014. Vol. 103. P. 220–252. <http://wileyonlinelibrary.com/journal/jee> (DOI 10.1002/jee.20040)
5. Кузьменко О. М. Сутність та напрямки STEM-освіти. *Наукові записки : Проблеми методики фіз.-мат. і технол. освіти. КДПУ*, 2016. № 9. Т. 3. С. 188–190.
6. Матвійчук Ю. Ю. STEM-освіта як інструмент реалізації інтегрованого вивчення природничо-математичних дисциплін. *Теорія та методика навчання та виховання*. 2021. № 50. С.124-136. DOI: <https://doi.org/10.34142/23128046.2021.50.11>
7. Мислицька Н. А., Заболотний В. Ф., Колесникова О. А., Семенюк Д. С. Психолого-соціальні характеристики сучасних учнів як суттєвий чинник реалізації STEM-освіти. *Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського нац. ун-ту імені Івана Огієнка. Сер. пед. Кам.-Под. націон. ун-т імені Івана Огієнка*, 2020. Вип. 25. С. 148–152.
8. Патрикеева О. О. Актуальність запровадження STEM-навчання в Україні. *Інформаційний збірник для директора школи та завідуючого дитячим садочком*. Київ : *Освіта України*, 2015. № 17–18 (41). С. 53–57.
9. Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А., Чернецький І. С. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*, 2017. № 3. С. 5–9.
10. Стрижак О. Є., Сліпухіна І. А., Полісун Н. І., Чернецький І. С. STEM-освіта основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2017, Т. 62. № 6. С. 16–32.

## ХІМІЯ ДЛЯ ЖИТТЯ: ЯК КОМПЕТЕНТІСНІ ЗАВДАННЯ ЗМІНЮЮТЬ ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

Шиян Н. І., Криворучко А. В., Стрижак С. В.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Сучасний освітній процес з хімії відбувається в умовах суттєвих трансформацій: змінюються освітні стандарти, оновлюються підходи до оцінювання, зростає роль практико орієнтованого навчання, а головне – змінюється сам учень. Сьогоднішні школярі живуть у світі швидкої інформації, цифрових технологій і візуального контенту. Вони звикли отримувати відповіді миттєво, бачити результат одразу й розуміти практичну цінність того, що роблять. У такому контексті традиційна модель викладання хімії, побудована переважно на відтворенні визначень, заучуванні символів і виконанні алгоритмічних вправ, часто втрачає свою мотиваційну силу.

Сприйняття хімічних знань учнями є складним інтелектуальним процесом, що докорінно відрізняється від засвоєння гуманітарних чи навіть інших природничих дисциплін. Центральною особливістю цього процесу є необхідність постійного оперування в межах трирівневої моделі (так званій «трикутник Джонстона»), яка включає макроскопічний, субмікроскопічний та символічний рівні. Коли учень спостерігає хімічну реакцію, він фіксує її макроскопічні прояви – зміну кольору, утворення осаду, виділення газу або тепла. Однак повноцінне розуміння хімічного процесу передбачає інтерпретацію цих спостережень на субмікроскопічному рівні – як взаємодію атомів, молекул або йонів, що супроводжується розривом старих і утворенням нових хімічних зв'язків. Наступним кроком є відображення цього процесу в символічній формі – за допомогою хімічних формул та рівнянь, які узагальнюють перебіг реакції. Саме цей перехід між реальним світом та світом теоретичних моделей часто стає головним когнітивним бар'єром.

Сучасні цифрові інструменти та візуалізації покликані полегшити цей процес, проте вони також вносять свої особливості у сприйняття. Існує ризик виникнення ефекту «чорної скриньки», коли учні впевнено користуються яскравими симуляціями, але сприймають їх лише як візуальну картинку, не заглиблюючись у суть фізико-хімічних законів, що керують процесом. Крім того, сприйняття хімії суттєво залежить від рівня математичної підготовки, оскільки нерозуміння математичного апарату перетворює хімічні задачі на механічні маніпуляції з цифрами, позбавляючи їх фізичного змісту. Нарешті, хімія вимагає вивчення специфічної термінологічної «мови», де звичні слова набувають нового значення. Велика кількість нових понять створює значне когнітивне навантаження, через що учень часто зосереджується на запам'ятовуванні термінів замість аналізу суті явищ. Таким чином, успішне засвоєння хімії залежить від здатності вчителя допомогти учневі синтезувати всі ці рівні в єдину цілісну систему знань.

Ефективним інструментом подолання цих когнітивних розривів та інтеграції розрізнених рівнів знання в єдину систему стають компетентнісні завдання. Якщо традиційне навчання часто концентрується на репродуктивному відтворенні формул, то компетентнісний підхід зміщує акцент на здатність учня застосовувати теоретичні моделі для розв'язання реальних життєвих проблем. Такі завдання виступають сполучною ланкою між абстрактними символами в зошиті та практичним досвідом дитини, змушуючи її не просто запам'ятовувати ознаки реакцій, а аналізувати причини їх виникнення та прогнозувати наслідки. Використання компетентнісних задач, що базуються на побутових ситуаціях, екологічних викликах чи технологічних процесах, дозволяє вивести хімію з площини «науки про пробірки» у площину життєво необхідних навичок.

На відміну від класичних задач, компетентнісне завдання завжди має:

1. *Контекст*: реальна ситуація (побут, медицина, екологія, професійна діяльність).
2. *Проблему*: питання, яке не має очевидної відповіді «в один крок».
3. *Діяльність*: вимогу проаналізувати, порівняти, оцінити або запропонувати рішення.

Завдання має починатися з креативного стимулу. Це може бути сторітелінг про «аварію на виробництві», міф, який треба розвінчати, або актуальна проблема. Емоційний відгук підвищує мотивацію до розв'язання хімічної проблеми.

Розроблене нами одне з компетентнісних завдань з хімії починається з такого контексту:

Чи знаєте ви, що наше тіло не може жити без солі (NaCl), але її надлишок діє як «тихий агент», що підвищує тиск та навантажує серце? ВООЗ рекомендує підліткам вживати не більше 5 грамів солі на день (це приблизно 1 чайна ложка).

Далі пропонується *проблема*.

Але є проблема: 75% солі, яку ми з'їдаємо, є «прихованою». Вона міститься в хлібі, ковбасі, соусах і навіть у кукурудзяних пластівцях, які зовсім не здаються солоними на смак!

І пропонується *діяльність*:

Сьогодні ми проведемо хімічний аудит нашого раціону.

*Завдання 1. Пошук прихованої солі.* Обчисліть масу солі в популярних «перекусах» підлітків нашої школи:

1. Чіпси. У великій пачці (150 г) масова частка солі становить 2,5%.
  - Обчисліть масу солі в цій пачці. Яку частину від денної норми (5 г) вона становить?
2. Кетчуп. У пляшці (400 г) міститься розчин із масовою часткою солі 3%.
  - Скільки солі ви з'їсте разом із порцією кетчупу вагою 20 г (одна велика ложка)?
3. Хліб. Масова частка солі в пшеничному хлібі – близько 1%.
  - Скільки грамів солі міститься у двох скибках хліба (100 г)?

*Завдання 2. «Мій соляний бюджет».* Знайдіть вдома упаковку будь-якого готового продукту (сир, консерви, сухарики).

1. Знайдіть у таблиці харчової цінності рядок «Сіль» (інколи пишуть NaCl) і визначте її кількісне значення в продукті (наприклад, у %)
2. Обчисліть масу солі в цьому продукті, використовуючи формулу:

$$W = \frac{m(\text{солі})}{m(\text{продукту})} \cdot 100\%$$

3. Складіть рекомендацію: скільки грамів цього продукту можна з'їсти, щоб не перевищити половину денної норми (2,5 г солі)?

*Завдання 3. «Рецепт здоров'я».*

Ви – шеф-кухар шкільної їдальні. Вам потрібно приготувати 20 літрів супу ( $\approx 20000$  г). За стандартами здорового харчування, масова частка солі в готовій страві не повинна перевищувати 0,4%.

- Скільки грамів солі вам дозволено додати в каструлю?
- Порівняйте це з «нормою на око» (1 столова ложка солі  $\approx 30$  г). Чи вистачить однієї ложки на таку каструлю?

Використання компетентнісних завдань робить вивчення масової частки набагато цікавішим, коли об'єктом дослідження є не «речовина А і розчинник Б», а етикетка улюбленого енергетика чи пачки чіпсів. Учень має відчутти себе дослідником, який розкриває «приховані» компоненти звичних речей.

Замість розв'язання 10 типових задач на масову частку, учні отримують завдання проаналізувати власний «солоний бюджет». Вони переводять відсотки з етикеток у реальні грами та чайні ложки солі, порівнюючи результат із нормами ВООЗ.

Компетентнісні завдання перетворюють урок хімії на лабораторію життя. Вони формують критичне мислення, медіаграмотність (через аналіз реклами та етикеток) та відповідальне ставлення до навколишнього середовища. Хімія перестає бути «складним предметом у розкладі» і стає зрозумілою мовою, якою говорить світ навколо нас.

### Список використаних джерел

1. Берендеев С., Косенчук Ю., Лисогор Л. Сучасні підходи і технології Нової Української школи: компетентнісно орієнтовані завдання як засіб формування ключових

компетентностей. Випуск 2 : Навчально-методичний посібник. Київ, 2023. 145 с. URL : <https://osvita.ua/doc/files/news/897/89779/posibnyk.pdf>

2. Морзе Н. В., Гладдун М. А., Дементієвська Н. П. Методика формування ключових та предметних компетентностей учнів : навч.-метод. посіб. Київ : Наш час, 2016. 160 с.

3. Multiple Representations in Chemical Education / ed. by J. K. Gilbert, D. F. Treagust. Dordrecht : Springer, 2009. 372 p. (Models and Modeling in Science Education ; vol. 4).

## ГЕЙМІФІКАЦІЯ ТА STEM-НАВЧАННЯ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ

<sup>1</sup>Яцько А. О., <sup>2</sup>Шпирка З. М.

<sup>1</sup>Середня загальноосвітня школа № 97, м. Львів

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка

*«Нічого в житті не варто боятися, все треба зрозуміти.  
Тепер час більше зрозуміти, щоб менше боятися. Справжнє  
навчання народжується через досвід, експерименти та відкриття  
нового.»*

*Marie Curie*

В умовах сьогодення особливої актуальності набуває пошук ефективних методів, форм і засобів для формування ключових компетентностей учнів, необхідних для успішної самореалізації в нашому динамічному світі. Сучасна хімічна освіта все більше орієнтується на інтерактивні технології навчання – методи та засоби, що дозволяють активно взаємодіяти користувачам з інформацією чи системою [4]. Хімія є одним з предметів, де необхідно поєднувати абстрактне мислення з ефективним практичним застосуванням, тому найбільше потребує впровадження засобів інтерактивних технологій.

Гейміфікація та STEM-навчання – це дві сучасні тенденції в освіті, які надають нові можливості для покращення навчального процесу, активізують пізнавальну діяльність учнів. Гейміфікація – застосування елементів гри у неігровому середовищі [5], що не тільки робить навчання цікавішим, захопливим, але й сприяє кращому засвоєнню навчального матеріалу. У контексті хімії гейміфікація сприяє засвоєнню складних понять, розвитку аналітичного та критичного мислення, а також формує командні навички. STEM-навчання – це інтегрований підхід до освіти, який передбачає не окреме вивчення предметів, а їх поєднання для розв’язання реальних практичних завдань [1].

Уроки хімії часто сприймаються учнями як складна і «суха» дисципліна, де символи, формули та реакції здаються віддаленими від реального життя. Гейміфікація та STEM-інтеграція дозволяють подолати абстрактність хімічних понять і перетворити навчання на діяльнісний, емоційно насичений процес.

Тема «Насичені вуглеводні» [2] є однією з перших тем органічної хімії і традиційно викликає в учнів певні труднощі через абстрактність понять, велику кількість формул та реакцій. З метою підвищення ефективності навчання було укладено авторську гру UNO «C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>?», яка побудована за принципами класичної карткової гри UNO та адаптована до змісту органічної хімії. Організація гри передбачає поділ класу на команди або індивідуальну участь гравців. Гра починається з того, що кожен гравець отримує сім карт, першу карту викладають у центр столу. Хід здійснюється за принципом відповідності

кольору або символу та змінюється за годинниковою стрілкою. Справжня магія гри починається після кожного ходу, коли команди отримують питання, що стосуються насичених вуглеводнів, і той, хто відповідає першим, має право викласти карту. Якщо правильної відповіді немає гравець бере карту з колоди. Особливі карти додають динаміки та несподіванки, зокрема, карта +2 змушує наступного гравця взяти дві карти і відповісти на обов'язкове питання, Reverse – зміна напрямку гри, Stop – пропуск ходу, а Wild/Wild +4 – вибір кольору та стратегічна перевага. Особливістю гри є те, що кожен хід супроводжується теоретичним питанням щодо: складу насичених вуглеводнів, ізомерії, їх фізичних і хімічних властивостей, застосування та екологічного впливу. Гра вчить не тільки хімії, а й поєднує ігрове суперництво, швидкість мислення та командну роботу, перетворюючи навчальний процес на яскраве інтелектуальне змагання. Учні вчать слухати і чути один одного, координувати дії та ділитися знаннями для швидкого отримання права на хід. Вона сприяє підвищенню рівня засвоєння навчального матеріалу, точність відповідей учнів під час гри була вищою на 25–30 % порівняно з традиційним опитуванням. Під час узагальнення теми «Насичені вуглеводні» учні демонстрували вищий рівень знань, швидше орієнтувалися у формулах та впевненіше пояснювали властивості вуглеводнів. За результатами проведеного опитування 92 % учнів зазначили, що такий формат вивчення навчального матеріалу їм сподобався та допоміг краще зрозуміти тему, 4 % відзначили – гра цікава, але потребувала більше часу для обдумування відповідей, 3 % учнів повідомили, що їм комфортніше працювати у традиційному форматі і лише 1 % зізнався у хвилюванні, яке відчували через швидкий темп гри.

Під час гри формується аналітичне та критичне мислення, адже необхідно швидко обирати карту та одночасно дати правильну відповідь, спрогнозувати власний хід і хід суперників. Гра UNO «C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>?» сприяє мотивації до вивчення насичених вуглеводнів, учні частіше ставлять запитання і пропозиції до обговорення, є відчуття «живого» навчання. Одночасна взаємодія з картками і питаннями стимулювала увагу та концентрацію, учні швидше реагували на ситуації, аналізували інформацію і приймали рішення. Використання гри UNO «C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>?» у навчанні хімії довело, що гейміфікація у навчальному процесі дозволяє трансформувати засвоєння та закріплення знань у захопливу інтелектуальну діяльність, що сприяє розвитку ключових компетентностей учнів.

Ще далі у світ гейміфікації вводить наша тотемна тваринка Фузік, яка переносить інтерактивність із карток у живий навчальний процес. Якщо гра UNO залучає учнів через змагання та стратегічні ходи, то Фузік перетворює класичні завдання на захопливі міні-місії, квести та експерименти, де кожен учень стає маленьким дослідником. Ця тваринка стає для учнів модератором та провідником у світ хімії. Через карткові завдання Фузік перетворює стандартні вправи на дослідницькі завдання, заохочує до експериментування, активізує пізнавальну діяльність, розвиває критичне мислення та формує ключові компетентності учнів. Він допомагає учням зрозуміти складні реакції через інтерактивні демонстрації, вчить спостерігати, аналізувати та робити висновки. Фузік не просто допомагає засвоювати знання – він розвиває креативність і самостійність, перетворюючи навчання на живу і захопливу пригоду, де знання і гра йдуть пліч-о-пліч. Через образ персонажа Фузіка навчання набуває емоційної привабливості, що особливо важливо для формування стійкої мотивації до вивчення хімії.

Окрім інтерактивних ігор, важливим аспектом навчання є поєднання хімії з практичними STEM-технологіями, суть яких полягає у тому, що в основі лежить інженерний підхід до винаходу (прототипу). Щоб продемонструвати перетворення

сонячної енергії на механічну, пояснити хімічну природу процесів у фотоелементах, показати взаємозв'язок органічних матеріалів та сучасних енергетичних технологій, сформувати в учнів інженерне мислення було створено невелику «Сонячну машинку», як важливий компонент STEM-навчання. Учні 10 класу на власному досвіді побачили вплив органічних сполук на довкілля та принципи перетворення енергії в хімічних системах [3]. Вони не лише вивчали теоретичні основи фотоефекту та аналізували принцип роботи сонячних панелей, а й самостійно створили прототипи невеликих сонячних машинок, які могли рухатися, перетворюючи сонячну енергію на механічну роботу, тестували залежність швидкості руху від інтенсивності освітлення.

Такий практичний досвід дав учням можливість зрозуміти, як енергія сонця може бути ефективно використана у технологіях, а також наочно показати інтеграцію між хімією, фізикою й інженерією та сприяти формуванню дослідницьких навичок. Завдяки руховим моделям і лабораторним експериментам вони засвоїли властивості органічних сполук, хімічну природу фотоефекту, принцип роботи сонячної машинки, екологічні аспекти альтернативної енергетики і, що особливо важливо, отримали практичні навички спостереження, аналізу та експериментального дослідження хімічних процесів у природі та технологіях.

Поєднання гейміфікації та STEM-навчання створює цілісне, сучасне освітнє середовище, у якому хімія перестає бути абстрактною дисципліною і стає живою, захопливою та надзвичайно мотивуючою, стимулюючи учнів самостійно мислити, досліджувати та експериментувати. Кожна карта, кожне питання та кожна міні-місія стають кроком до того, щоб учні не боялися науки, а відчували себе справжніми дослідниками у світі хімії.

#### **Список використаних джерел**

1. Балик Н. Р., Шмигер Г. П. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. Науковий журнал Фіз.-мат. освіта. 2017. Вип. 2(12). С. 26–30.
2. Попель, І. П. Крикля Л.С. Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. Київ : ВЦ Академія, 2017. 240 с.
3. Попель, І. П. Крикля Л.С. Хімія : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : ВЦ Академія, 2018. 256 с.
4. Янкович О. І. Освітні технології сучасних навчальних закладів. Навчально-методичний посібник. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2015. 212 с.
5. Werbach, K., Hunter, D. For the Win, Revised and Updated Edition: The Power of Gamification and Game Thinking in Business, Education, Government, and Social Impact. Pennsylvania : Wharton school press. 2020. 152 p.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Авдєєв Сергій Володимирович** - старший викладач кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна.

**Авдєєва Ольга Юрїївна** - доктор філософії з галузі 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна.

**Агеєва Ярослава Денисівна** – здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Анічкіна Олена Василівна** – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна.

**Бедюх Вадим Миколайович** – студент 3 курсу, факультету природничих наук та менеджменту, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Бедюх Вікторія Володимирівна** – завідувач навчальної лабораторії кафедри хімії та методики викладання хімії, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Безпалько Анна Сергїївна** - здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Бережна Вікторія Володимирівна** - викладач хімії, Відокремлений структурний підрозділ «Роменський фаховий коледж Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана», м. Ромни, Україна.

**Близиюк Антонїна Вікторівна** - молодший науковий співробітник, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ, Україна.

**Бондар Олена Сергїївна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики та астрономії, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна.

**Бондаренко Софія Володимирівна** - учениця 8 класу, Великорублівський ОЗЗСО I-III ступенів Великорублівської сільської ради, с. Велика Рублівка, Україна.

**Бохан Юлія Володимирівна** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький, Україна

**Бубир Віта Миколаївна** - учитель хімії, Академічний ліцей імені братів Шеметів Лубенської міської ради Лубенського району Полтавської області, м. Лубни, Україна.

**Буденкова Надія Марківна** - кандидат хімічних наук, доцент, кафедри хімії та фізики, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна.

**Василевська Валерія Валерїївна** – здобувач освіти III курсу спеціальності 102 Хімія, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна.

**Волков Ілля Русланович** – студент 3 курсу, факультету природничих наук та менеджменту, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Волювач Ольга Вячеславівна** – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник Науково-дослідної частини, Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна.

**Воробець Віра Стефанівна** – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, Інститут загальної та неорганічної хімії імені В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Воробйов Богдан Ярославович** – учень 9 класу, КЗ Полтавський міський багатoproфільний ліцей №1 імені І. П. Котляревського, м. Полтава, Україна.

**Воробйова Людмила Леонідівна** – учитель хімії вищої категорії, методист, КЗ Полтавський міський багатoproфільний ліцей №1 імені І. П. Котляревського, м. Полтава, Україна.

**Голяд Руслан Олександрович** - здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Гомля Людмила Миколаївна** - кандидат біологічних наук, доцент, професор кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Гриньова Марина Вікторівна** – доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Грицай Наталія Богданівна** - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри природничих наук, Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне, Україна.

**Давиденко Катерина Костянтинівна** – здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Дев'яткін Сергій Володимирович** - кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Денисюк Роман Олександрович** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна.

**Деркач Анастасія Віталіївна** – здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Дрючко Олександр Григорович** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

**Дяченко-Богун Марина Миколаївна** - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Жомір Поліна Сергіївна** – учениця 9-Д класу, Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна.

**Захарченко Микола Федорович** - інженер-технолог І-ї категорії, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ, Україна.

**Зінь Іван Миколайович** - доктор технічних наук, професор, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна.

**Іваненко Олександр Петрович** - кандидат хімічних наук, науковий співробітник, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Іващенко Наталія Василівна** – учителька хімії та біології, учитель-методист, Миколаївський заклад загальної середньої освіти I-III ступенів №3 Миколаївської міської ради Краматорського району Донецької області, м. Миколаївка, Україна.

**Івон Євген Миколайович** – молодший науковий співробітник, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ТОВ «Єнамін», м. Київ, Україна.

**Камінський Олександр Миколайович** - кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна.

**Карпенко Сергій Володимирович** – провідний інженер, Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, м. Київ, Україна.

**Квак Ольга Вікторівна** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін і фізичного виховання, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка м. Полтава, Україна.

**Кирилюк Марина Вікторівна** – кандидат педагогічних наук, PhD, консультантка (математика, фізика, андрагогіка, робота з учнем із міграційним досвідом), Регіональний осередок удосконалення вчителів «WOM» в Бельсько-Бялій, м. Бельсько-Бяла, Польща.

**Коваленко Олександр Анатолійович** – здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Ковальчук Ірина Станіславівна** - викладач хімічних дисциплін, доктор філософії в галузі освіти, Житомирський базовий фармацевтичний фаховий коледж Житомирської обласної ради, Житомирський кооперативний фаховий коледж бізнесу і права, м. Житомир, Україна.

**Колбасов Геннадій Якович** – доктор хімічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу Інститут загальної та неорганічної хімії імені В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Колінько Марина Андріївна** – здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Кормош Жолт Олександрович** - кандидат хімічних наук, професор кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Україна.

**Корній Сергій Андрійович** - доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна.

**Корольов Станіслав Володимирович** – здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Коршевніук Тетяна Валеріївна** - кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник відділу біологічної, хімічної та фізичної освіти, Інститут педагогіки НАПН України, м. Київ, Україна.

**Кочетова Світлана Анатоліївна** - кандидат хімічних наук, науковий співробітник, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Кравченко Ірина Вікторівна** – учитель хімії, спеціаліст I категорії, Федорівський ліцей імені Г. Т. Берегового Ланнівської сільської ради, с. Федорівка, Україна.

**Кравченко Людмила Володимирівна** – учитель хімії і біології, Гадяцький ліцей № 3 імені Івана Виговського Гадяцької міської ради, м. Гадяч, Україна.

**Красовський Владислав Сергійович** – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Красовський Володимир Васильович** - кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Криворучко Аліна Валеріївна** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Кузнецова Тетяна Юріївна** - кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Куленко Олена Анатоліївна** – старший викладач кафедри хімії та методики викладання хімії, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Куленко Роман Анатолійович** – учитель хімії та інформатики, Гряківська загальноосвітня школа I – III ступенів, Чутівського району, Полтавської області, с. Грякове, Україна.

**Кулешов Сергій Володимирович** - кандидат хімічних наук, в.о. старшого наукового співробітника, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Курмакова Ірина Миколаївна** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімії, технологій та фармації, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна.

**Куций Андрій Васильович** – провідний інженер-технолог, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Кучерук Сніжана Василівна** – доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, доцент, доцент кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна.

**Литовченко Анастасія Ігорівна** - студентка 3 курсу, факультету природничих наук та менеджменту, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Мазуренко Іван Володимирович** – аспірант, Волинський національний університет імені Лесі Українки, ТОВ «Снамін», м. Київ, Україна.

**Макей Олександр Павлович** – хімік, ТОВ НВП «Укроргсинтез», м. Чернігів, Україна.

**Марушко Лариса Петрівна** – доктор педагогічних наук, професор, директор навчально-наукового інституту хімії та екології, Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна.

**Маслова Дар'я Вікторівна** - здобувачка СВО магістра спеціальності 102 Хімія, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця, Україна.

**Медик Ірина Анатоліївна** – аспірантка, інститут загальної та неорганічної хімії імені В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Микитенко Аліна Олександрівна** – учителька хімії та біології, Опорний заклад «Новоаврамівський ліцей» Хорольської міської ради Лубенського району Полтавської області, с. Новоаврамівка, Україна.

**Мисіна Оксана Іванівна** - старший викладач кафедри хімії та фізики, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна.

**Мордовець Ілона Валеріївна** – здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Москаленко Олег Вадимович** - кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна.

**Насонова Ярослава Віталіївна** – студентка 4 курсу, факультету природничих наук та менеджменту, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Новоселова Інесса Аркадіївна** – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Олексенко Яна Вікторівна** – учитель хімії, учитель вищої категорії, Комунальний заклад «Полтавська загальноосвітня школа I-III ступенів №11 Полтавської міської ради Полтавської області», м. Полтава, Україна.

**Олійник Дарина Ігорівна** – здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Омельчук Анатолій Опанасович** – доктор хімічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу електрохімії та технології неорганічних матеріалів, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Орихівська Оксана Михайлівна** – викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету», м. Полтава, Україна.

**Орловський Олексій Володимирович** – доктор філософії в галузі біології, методист, викладач природничих наук, Полтавський фаховий коледж мистецтв імені М. В. Лисенка, м. Полтава, Україна.

**Павленко Тамара Володимирівна** – провідний інженер-технолог, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Пейся Ян (Peixia Yang)** - доктор хімічних наук, професор, Харбінський політехнічний університет, м. Харбін, Китай.

**Перлова Ольга Вікторівна** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна.

**Петрашенко Андрій Юрійович** – учитель хімії, учитель вищої категорії, Опорний заклад «Чутівська загальноосвітня школа I-III ступенів Чутівської селищної ради Полтавського району Полтавської області», с. Чутове, Україна.

**Петренко Олександр Русланович** – учень 7-Н класу, Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна.

**Пивовар Ніна Михайлівна** – доцент кафедри педагогічної майстерності та менеджменту імені І. А. Зязюна, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Пірський Юрій Кузьмич** – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Погрібняк Анастасія Едуардівна** - вчитель хімії, Великорублівський ОЗЗСО I-III ступенів Великорублівської сільської ради, с. Велика Рублівка, Україна.

**Поцяпун Наталія Володимирівна** – учитель хімії, Ліцей №17 "Інтелект" Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна.

**Примачук Олександр Іванович** – здобувач освіти 4 року третього (освітньо-наукового) рівня, ОПП Хімія, Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна.

**Радченко Анна Олександрівна** – учениця 10-ЛІ класу, Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна.

**Рак Жанна Віталіївна** - учитель хімії, Опорний заклад «Решетилівський ліцей імені І. Л. Олійника Решетилівської міської ради», м. Решетилівка, Україна.

**Рокотянська Вікторія Олексіївна** - кандидат сільськогосподарських наук, асистент кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Рудас Юлія Іванівна** - учитель хімії, Колонтаївський ліцей Краснокутської селищної ради Богодухівського району Харківської області, с. Колонтаївка, Україна.

**Руденко Анастасія Борисівна** – здобувач освіти III курсу спеціальності 102 Хімія, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна.

**Руопен Лі (Ruopeng Li)** - Ph.D., асистент професора, Харбінський політехнічний університет, м. Харбін, Китай.

**Савченко Юлія Юріївна** – учитель хімії, Свердловківська філія Комунальний заклад «Торговицький ліцей імені Є. Ф. Маланюка» Новоархангельської селищної ради Голованівського району Кіровоградської області, с. Свердловкове, Україна.

**Сагайдак Віталіна Романівна** - асистент кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Салієва Лєся Миколаївна** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри органічної та фармацевтичної хімії, Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна.

**Севаст'ян Любов Олексіївна** – учитель хімії, Ліцей №32 «Європейський» Полтавської міської радим. Полтава, Україна.

**Севаст'ян Ольга Анатоліївна** – учитель хімії, Ліцей №32 «Європейський» Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна.

**Скриптун Ігор Миколайович** - кандидат хімічних наук, завідувач відділу хімічного та інформаційного аналізу, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України, м. Київ, Україна.

**Сливка Наталія Юріївна** - доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри органічної та фармацевтичної хімії, Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна.

**Сободош Наталія Йосипівна** - аспірантка, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна.

**Солдаткіна Людмила Михайлівна** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії, Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна.

**Соловйов Веніамін Васильович** – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та методики викладання хімії, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Соловйова Ірина Валеріївна** – студентка, Полтавський державний медичний університет, м. Полтава, Україна.

**Соловйова Наталія Веніамінівна** – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри патолофізіології, Полтавський державний медичний університет, м. Полтава, Україна.

**Соляник Людмила Олексіївна** - доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України, м. Київ, Україна.

**Стародуб Інна Анатоліївна** – викладач хімії, Гайворонський професійний аграрний ліцей, м. Гайворон, Україна.

**Стезерянський Едуард Аркадійович** – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, м. Київ, Україна.

**Стеценко Арсеній Русланович** – студент, Відокремлений структурний підрозділ «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету», м. Полтава, Україна.

**Стрельцова Олена Олексіївна** – доктор хімічних наук, професор, завідувачка кафедри фізичної та колоїдної хімії, Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна.

**Стрижак Діана Олександрівна** – здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Стрижак Світлана Володимирівна** – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії та методики викладання хімії, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Сухачова Мілана Олександрівна** – учениця 9-А класу, Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна.

**Суховєєв Володимир Володимирович** - доктор хімічних наук, професор кафедри хімії, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна.

**Тарабарін Андрій Андрійович** – здобувач 2 курсу спеціальності музичне мистецтво, Полтавський фаховий коледж мистецтв імені М. В. Лисенка, м. Полтава, Україна.

**Тарашевський Владислав Станіславович** - здобувач освіти 2 року третього (освітньо-наукового) рівня, ОПП Хімія, Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна.

**Тимусь Мар'яна Богданівна** - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна.

**Титаренко Ольга Олександрівна** - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри теорії і методики технологічної освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Ткач Олександр Миколайович** – учитель вищої категорії, викладач хімії, Криничанський ліцей №1 Криничанської селищної ради, Кам'янського району, Дніпропетровської області, с. Кринички, Україна.

**Троян Олена Олександрівна** – учитель хімії, Комунальний заклад «Ліцей «Перспектива», Світловодської міської ради, Кіровоградської області. м. Світловодськ, Україна.

**Тупиця Неля Володимирівна** – учитель хімії, Комунальний заклад «Полтавська загальноосвітня школа І– III ступенів № 5 Полтавської міської ради Полтавської області», м. Полтава, Україна.

**Тягнирядно-Недуруб Софія Олександрівна** – здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Федорів Володимир Іванович** – аспірант, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів Україна.

**Хлопик Ольга Петрівна** - кандидат технічних наук, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна.

**Хмель Наталія Дмитрівна** – вчитель хімії, Середня загальноосвітня школа № 67, м. Львів, Україна.

**Худоярова Ольга Степанівна** – кандидат технічних наук, завідувач кафедри хімії та методики навчання хімії, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського м. Вінниця, Україна.

**Циганков Сергій Андрійович** - кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна.

**Чергинець Віктор Леонідович** - доктор хімічних наук, професор, завідувач лабораторії синтезу скінтіляційних матеріалів, Інститут скінтіляційних матеріалів, м. Харків, Україна.

**Череп Владислав Вадимович** - здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Чмир Ілона Ігорівна** – здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Шандрук Роман Валерійович** – здобувач освіти 4 року третього (освітньо-наукового) рівня, ОПП Хімія, Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна.

**Шевченко Віктор Петрович** - здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Шевченко Світлана Віталіївна** – учитель хімії, спеціаліст вищої кваліфікаційної категорії, вчитель-методист, Науковий ліцей №3 Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна.

**Шинкаренко Валентин Іванович** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Шиян Надія Іванівна** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри хімії та методики викладання хімії, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Шкура Тетяна Володимирівна** - кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології, Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна.

**Шпирка Зіновія Михайлівна** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри неорганічної хімії, Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна.

**Шпотя Михайло Валерійович** – здобувач 2 курсу спеціальності музичне мистецтво, Полтавський фаховий коледж мистецтв імені М. В. Лисенка, м. Полтава, Україна.

**Ярошенко Ольга Григорівна** – доктор педагогічних наук, професор, дійсний член (академік) НАПН України, головний науковий співробітник, відділ взаємодії вищої освіти та ринку праці, Інститут вищої освіти НАПН України, м. Київ, Україна.

**Яцько Аліна Олегівна** - учитель хімії, Середня загальноосвітня школа № 97, м. Львів, Україна.

## ЗМІСТ

СЕКЦІЯ І. ХІМІЧНА НАУКА: СУЧАСНІСТЬ, ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ .....	5
КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ НАПОЇВ МЕТОДАМИ.....	5
ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛІЗУ .....	5
Агеєва Я. Д. ....	5
ФЛАВАНОЇДИ: ДОСЯГНЕННЯ ХІМІЧНОЇ НАУКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	9
Безпалько А. С.....	9
ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ ТА ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ СУЛЬФУРОВМІСНИХ СПОЛУК У НАФТОПРОДУКТАХ.....	10
Бедюх В. М., Шинкаренко В. І. ....	10
ПРОГНОЗУВАННЯ ЙМОВІРНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ПОХІДНИХ 1,2,4- ОКСОДІАЗОЛ-5-АМІНУ.....	12
<sup>1</sup> Бондар О. С., <sup>1</sup> Курмакова І. М., <sup>2</sup> Макей О. П. ....	12
RGB-АНАЛІЗ І МОЛЕКУЛЯРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ КАВОВИХ ЗЕРЕН <i>COFFEA ARABICA</i> .....	15
<sup>1</sup> Бохан Ю. В., <sup>2</sup> Кормош Ж. О. ....	15
СКЛАДНООКСИДНІ НАНОМАТЕРІАЛИ ЗІ СТРУКТУРОЮ ШПІНЕЛІ .....	18
Василевська В. В., Руденко А. Б., Камінський О. М., Кучерук С. В., Денисюк Р. О. ....	18
НАНОСТРУКТУРОВАНІ ТОНКІ ПЛІВКИ Ce/Nd-TiO <sub>2</sub> : ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЕЛЕКТРОКАТАЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ .....	20
<sup>1</sup> Воробець В. С., <sup>1</sup> Медик І. А., <sup>1</sup> Колбасов Г. Я., <sup>2</sup> Карпенко С. В.....	20
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ТА ХІМІЗМ ПЕРЕТВОРЕНЬ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ СИСТЕМ У ПРОЦЕСАХ ВИДОБУТКУ ТА ПРОМИСЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ.....	24
Волков І. Р., Шинкаренко В. І.....	24
ОЦІНКА ЗАПАСІВ ПРИРОДНИХ БІТУМІВ БОРИСЛАВСЬКОГО РОДОВИЩА.....	25
Деркач А. В.....	25
КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ У ПОБУТІ.....	28
Жомір П. С., Шевченко С. В. ....	28
СИНТЕЗ ОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -ZrO <sub>2</sub> І Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -CeO <sub>2</sub> ТА ЇХНІ КАТАЛІТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ В РЕАКЦІЯХ РОЗКЛАДУ ПЕРОКСИДУ ВОДНЮ ....	29
Іваненко О. П. <sup>1</sup> , Павленко Т. В. <sup>1</sup> ; Омельчук А. О. <sup>1</sup> , Соловійов В. В. <sup>2</sup> .....	29
СИНТЕЗ ГІДРОКСО/ОКСОСПОЛУК КОБАЛЬТУ, МАНГАНУ, ЦИРКОНІЮ ТА ЦЕРІЮ МЕТОДОМ ГОМОГЕННОГО ГІДРОЛІЗУ У ПРИСУТНОСТІ ГЕКСАМЕТИЛЕНТЕТРАМІНУ .....	33
Іваненко О. П. <sup>1</sup> , Павленко Т. В. <sup>1</sup> , Омельчук А. О. <sup>1</sup> , Кузнєцова Т. Ю. <sup>2</sup> .....	33

МЕТАБОЛІЗМ ТА ХАРЧУВАННЯ СПОРТСМЕНІВ ЯК ОБ'ЄКТ СУЧАСНОЇ ХІМІЧНОЇ НАУКИ .....	36
Квак О. В.....	36
ХІМІЧНІ ОСНОВИ ОБМІНУ РЕЧОВИН У РОСЛИННОМУ ОРГАНІЗМІ.....	38
Красовський В. С. ....	38
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ У СУЧАСНОМУ НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ .....	42
Коваленко О. А., Кузнецова Т. Ю., Куленко О. А. ....	42
ІНГІБУВАННЯ КОРОЗІЇ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ НА СТАДІЇ РЕПАСИВАЦІЇ КОМПОЗИЦІЄЮ АЛЬГІНАТУ ТА АЦЕТАТУ ЦИНКУ .....	44
Корній С. А., Зінь І. М., Хлопик О. П., Сободош Н. Й. ....	44
ІНГІБУВАННЯ КОРОЗІЇ КОМПОЗИЦІЄЮ НА ОСНОВІ КРОХМАЛЮ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В СЛАБОЛУЖНОМУ ХЛОРИДВМІСНОМУ СЕРЕДОВИЩІ .....	47
Корній С. А., Тимусь М. Б., Федорів В. І. ....	47
НАФТА ЯК ПОТЕНЦІЙНИЙ РЕСУРС РІДКІСНИХ МЕТАЛІВ .....	50
Корольов С. В., Кузнецова Т. Ю. ....	50
РОЗПОДІЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ У СКЛАДІ НАФТИ.....	53
Корольов С. В., Кузнецова Т. Ю. ....	53
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ ФЕНХЕЛЮ ЗВИЧАЙНОГО .....	55
Криворучко А. В., Стрижак С. В., Куленко О. А. ....	55
ВИКОРИСТАННЯ НАТРІЙ САЛЦИЛАТУ У ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ЗАМІННИКА АСПРИНУ .....	57
<sup>1</sup> Куленко О. А., <sup>2</sup> Куленко Р. А., <sup>1</sup> Кузнецова Т. Ю. ....	57
ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ САЛЬВІНУ В ЛИСТІ ШАВЛІЇ ЛІКАРСЬКОЇ.....	59
Куленко О. А., Стрижак С. В., Криворучко А. В. ....	59
КАРБАМІДНІ ІОННІ РОЗПЛАВИ ЯК РЕАКЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРІАЛІВ .....	63
<sup>1</sup> Кулешов С. В., <sup>2</sup> Дев'яткін С. В., <sup>1</sup> Кочетова С. А., <sup>2</sup> Лі Р., <sup>2</sup> Ян П. ....	63
АЗАБЦИКЛІЧНІ [1.1] ЛАКТАМИ ТА АМІНИ: СИНТЕЗ, ПОТЕНЦІАЛ ЗАСТОСУВАННЯ .....	66
<sup>1</sup> Мазуренко І. В., <sup>2</sup> Івон Є. М., <sup>1</sup> Сливка Н. Ю. ....	66
ХІМІЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ: ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА МАТЕРІАЛИ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	68
Насонова Я. В. ....	68

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ НАНОРОЗМІРНИХ ФАЗ КАРБОНУ В СОЛЬОВИХ РОЗПЛАВАХ .....	69
<sup>1</sup> Новоселова І. А., <sup>1</sup> Кулешов С. В., <sup>1</sup> Омельчук А. О., <sup>2</sup> Соловійов В. В.....	69
МЕТОДИ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ: ВІД ВИТОКІВ ДО СУЧАСНОСТІ .....	73
Олійник Д. І. ....	73
РОЛЬ БІОХІМІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ ВПЛИВУ НЕЙРОМЕДІАТОРІВ НА ФОРМУВАННІ МУЗИЧНОГО ЗАДОВОЛЕННЯ.....	77
Орловський О. В., Шпотя М. В., Тарабарін А. А.....	77
НАВЧАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ОТРИМАННЯ, АКУМУЛЮВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ПАЛИВНИХ КОМІРКАХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	79
<sup>1</sup> Пірський Ю. К., <sup>1</sup> Скриптурн І. М., <sup>1</sup> Куций А. В., <sup>2</sup> Шинкаренко В. І. ....	79
ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЙОГУРТІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА .....	82
Петренко О. Р., Шевченко С. В. ....	82
РОЛЬ ІНСУЛІНУ В ОБМІНІ РЕЧОВИН ТА РОЗВИТКУ ІНСУЛІНОРЕЗИСТЕНТНОСТІ .....	83
Радченко А. О., Шевченко С. В.....	83
ХІМІЧНА НАУКА: СУЧАСНІСТЬ, ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	84
Савченко Ю. Ю. ....	84
ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИМІКРОБНОЇ ТА АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТЕЙ (Z)-5-(2-ОКСО-2-АРИЛЕТИЛІДЕН)-2-ТІОКСОІМІДАЗОЛІДИН-4-ОНІВ.....	88
Салієва Л. М., Тарашевський В. С., Примачук О. І., Шандрук Р. В., Марушко Л. П., Сливка Н. Ю. ....	88
ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ДЕЗАКТИВАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	91
<sup>1</sup> Скриптурн І. М., <sup>1</sup> Захарченко М. Ф., <sup>1</sup> Близнюк А. В., <sup>1</sup> Омельчук А. О., <sup>2</sup> Соловійов В. В..	91
ВПЛИВ КАТІОННОГО КАТАЛІЗУ НА ЗМІНУ РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОВЕРХНІ АЛІМАЗУ.....	94
<sup>1</sup> Соловійов В. В., <sup>2</sup> Соляник Л. О., <sup>3</sup> Чергинець В. Л., <sup>4</sup> Дрючко О. Г.....	94
ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ L-АРГІНІНУ У ПРОЦЕСАХ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ .....	96
<sup>1</sup> Соловійов В. В., <sup>1</sup> Кузнецова Т. Ю., <sup>2</sup> Омельчук А. О., <sup>2</sup> Стезерянський Е. А., <sup>3</sup> Соловійова Н. В., <sup>3</sup> Соловійова І. В. ....	96
КОЛОЇДНО-ХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВИЛУЧЕННЯ КПАР .....	99
Стрельцова О. О., Волювач О. В. ....	99
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ АСПЕКТИ СТАБІЛЬНОСТІ ВОДОРОЗЧИННИХ ВІТАМІНІВ ГРУПИ В У ПРОЦЕСІ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ.....	103

Худоярова О. С., Маслова Д. В. ....	103
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАФІНІВ У НАФТІ ЯК ЧИННИК ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	105
Чмир І. І. ....	105
СЕКЦІЯ II. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ, ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ТА ВИЩОЇ ОСВІТИ .....	108
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗАСОБАМИ ВИВЧЕННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ «АГРОФАРМАКОЛОГІЯ» .....	108
Авдєєв С. В. ....	108
РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ У ВИКЛАДАННІ ХІМІЇ В КОНТЕКСТІ РЕФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ .....	109
Авдєєва О. Ю. ....	109
ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОГО СТАВЛЕННЯ ДО ЖИТТЯ НА УРОКАХ ХІМІЇ У 8 КЛАСІ: МІЖ ДОСЛІДЖЕННЯМ І ЙОГО ІМІТАЦІЄЮ .....	112
Анічкіна О. В. ....	112
ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ PERPLEXITY AI У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ХІМІЇ .....	115
<sup>1</sup> Бедюх В. В., <sup>2</sup> Поцяпун Н. В. ....	115
ІНТЕГРАЦІЯ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ІЗ ПРЕДМЕТІВ/ІНТЕГРОВАНИХ КУРСІВ ПРИРОДНИЧОЇ ОСВІТНЬОЇ ГАЛУЗІ В ЗАКЛАДАХ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ .....	116
Бережна В. В. ....	116
ПОРТФОЛІО ВИКЛАДАЧА ЯК САМОПРЕЗЕНТАЦІЯ В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ .....	119
Буденкова Н. М., Мисіна О. І. ....	119
ХІМІЧНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ В ЕВОЛЮЦІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....	121
Воробйов Б. Я., Воробйова Л. Л. ....	121
ФОРМУВАННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ .....	123
Голіяд Р. О. ....	123
ПІДГОТОВКА ВЧИТЕЛЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ЗМІН: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ .....	126
Гриньова М. В. ....	126
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПОЗАКЛАСНОЇ РОБОТИ З ХІМІЇ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ .....	129
Грицай Н. Б. ....	129

РОЛЬ ДОМАШНЬОГО ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ФОРМУВАННІ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ШКОЛЯРІВ.....	132
Давиденко К. К.....	132
РОЛЬ ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ФОРМУВАННІ НАВИЧОК КРИТИЧНОГО АНАЛІЗУ ШКОЛЯРІВ .....	135
Деркач А. В., Криворучко А. В.....	135
МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ ЗВ'ЯЗКИ «ХІМІЯ – БІОЛОГІЯ – ЕКОЛОГІЯ» ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ НАУКОВОЇ КАРТИНИ СВІТУ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ПРИРОДНИЧИХ НАУК .....	137
Дяченко-Богун М. М., Гомля Л. М., ШкураТ. В., Красовський В. В., Рокотянська В. О., Сагайдак В. Р.....	137
ВІД ТРАДИЦІЙНОГО УРОКУ ДО ДОСЛІДНИЦЬКОГО ПРОСТОРУ: ТРАНСФОРМАЦІЯ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ ХІМІЇ В 7-9 КЛАСАХ .....	140
Іващенко Н. В.....	140
ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН.....	143
Ковальчук І. С. ....	143
ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНА ХІМІЯ ЯК ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ .....	145
Колінько М. А. ....	145
ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ НА УРОКАХ ХІМІЇ В ОСНОВНІЙ ШКОЛІ .....	146
Кравченко Л. В.....	146
ЗМІШАНЕ НАВЧАННЯ ЯК СУЧАСНА ФОРМА ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ХІМІЇ У ЗЗСО.....	150
Криворучко А. В., Шиян Н. І., Стрижак С. В., Куленко О. А. ....	150
ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОЇ ХІМІЇ ЯК СТРАТЕГІЧНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ .....	152
Куленко О. А., Стрижак С. В., Криворучко А. В.....	152
ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ХІМІЇ .....	155
Мордовець І. В. ....	155
ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ ХІМІЇ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ .....	157
Москаленко О. В., Циганков С. А., Суховєєв В. В.....	157
ПОЄДНАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ ХІМІЇ ЯК УМОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ .....	159
Олексенко Я. В.....	159

У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ АГРАРНОГО СЕКТОРУ .....	162
Орихівська О. М., Стеценко А. Р. ....	162
ДОТРИМАННЯ ПРИНЦИПІВ РЕФЛЕКСИВНОЇ ПЕДАГОГІКИ ЯК ЧИННИК ПОДОЛАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ВТРАТ .....	164
Пивовар Н. М. ....	164
ОСВІТНІЙ ПОТЕНЦІАЛ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕРМОДИНАМІЧНІ ТА КІНЕТИЧНІ МОДЕЛІ ВИЛУЧЕННЯ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН З ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ» У СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ АСПІРАНТІВ-ХІМІКІВ .....	166
Перлова О. В. ....	166
ВОДЕНЬ: ШАНС НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ СУЧАСНОЇ ХІМІЇ.....	167
Погрібняк А. Е., Бондаренко С. В. ....	167
ВІД ІНФОРМАЦІЙНОГО ДЖЕРЕЛА ДО ДИЗАЙНЕРА НАВЧАННЯ.....	169
Солдаткіна Л. М. ....	169
ПОЕТАПНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ .....	171
Стрижак Д. О. ....	171
РОЛЬ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ВИВЧЕННІ ХІМІЇ.....	175
Сухачова М. О., Шевченко С. В. ....	175
ІНТЕГРАЦІЯ ХІМІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗНАТЬ ЯК ЧИННИК ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ У ГАЛУЗІ «ТЕХНОЛОГІЇ» .....	176
Титаренко О. О. ....	176
УРОКИ ХІМІЇ – СТВОРЮЄМО РАЗОМ!.....	179
Троян О. О. ....	179
ОРГАНІЗАЦІЯ ПОЗАКЛАСНОЇ РОБОТИ З ХІМІЇ .....	188
Тягнирядно-Недуруб С. О. ....	188
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ХІМІЇ.....	191
Череп В. В. ....	191
РОЗВИТОК ПІЗНАВАЛЬНОЇ САМОСТІЙНОСТІ ТА УЯВИ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	193
Шевченко В. П. ....	193
ШКІЛЬНИЙ ПІДРУЧНИК ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ РЕСУРС МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ .....	194
Ярошенко О. Г. ....	194
СЕКЦІЯ III. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО НАВЧАННЯ ХІМІЇ У НОВІЙ УКРАЇНСЬКІЙ ШКОЛІ .....	197
ГРУПОВА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ В УМОВАХ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ .....	197

Бубир В. М. ....	197
НОВА РЕФОРМА У ПОЛЬЩІ («КОМПАС JUTRA»): ЩО ЗМІНИТЬСЯ ДЛЯ ШКОЛЯРІВ .....	200
Кирилюк М. В. ....	200
РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИНЦИПУ НАСТУПНОСТІ У ПІДРУЧНИКАХ ХІМІЇ ДЛЯ НУШ .....	203
<sup>1</sup> Коршевніук Т.В., <sup>2</sup> Ярошенко О. Г. ....	203
ХІМІЯ БЕЗ БАР'ЄРІВ: ОСНОВНІ ІНКЛЮЗИВНІ ФОРМИ ТА МЕТОДИ В НУШ .....	205
Кравченко І. В. ....	205
ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МОЛЕКУЛЯРНИХ СТРУКТУР ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ШКОЛЯРІВ З ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ.....	208
<sup>1</sup> Куленко Р. А., <sup>2</sup> Куленко О. А. ....	208
МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ .....	210
Литовченко А. І. ....	210
ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМ «MOZABOOK» ТА «MOZAWEB» ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ПІДХОДУ ПІД ЧАС НАВЧАННЯ ХІМІЇ .....	212
Микитенко А. О. ....	212
ЕКОЛОГІЧНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ У СИСТЕМІ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ .....	216
Мордовець І. В. ....	216
ЕМПІРИЧНИЙ ТА ТЕОРЕТИЧНИЙ РЯДИ АКТИВНОСТІ МЕТАЛІВ: ЕТАПНІСТЬ ФОРМУВАННЯ ПОНЯТТЯ В КОНТЕКСТІ НУШ ТА ПІДГОТОВКИ ДО НМТ.....	217
Петрашенко А. Ю. ....	217
ДІЯЛЬНІСНИЙ ПІДХІД ДО НАВЧАННЯ ХІМІЇ В УМОВАХ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ: ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД УЧИТЕЛЯ .....	220
Рак Ж. В. ....	220
ГЕНДЕРНИЙ БАЛАНС У STEM: РОЗВИТОК КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ НА УРОКАХ ХІМІЇ.....	224
Рудас Ю. І.....	224
ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ .....	227
УЧНІВ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ.....	227
<sup>1</sup> Севастьян О. А., <sup>1</sup> Севастьян Л. О., <sup>2</sup> Тупиця Н. В. ....	227
STEM-ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ.....	229
Стародуб І. А. ....	229

ОБ'ЄДНАННЯ ХІМІЇ ТА ФІЗИКИ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ НУШ ДЛЯ ІНКЛЮЗИВНОЇ ОСВІТИ .....	231
Ткач О. М. ....	231
STEM-ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ ХІМІЇ ТА БІОЛОГІЇ ОЧИМА УЧНІВ .....	233
<sup>1</sup> Хмель Н. Д., <sup>2</sup> Шпирка З. М. ....	233
ХІМІЯ ДЛЯ ЖИТТЯ: ЯК КОМПЕТЕНТІСНІ ЗАВДАННЯ ЗМІНЮЮТЬ ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС .....	236
Шиян Н. І., Криворучко А. В., Стрижак С. В. ....	236
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ТА STEM-НАВЧАННЯ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ .....	239
<sup>1</sup> Яцько А. О., <sup>2</sup> Шпирка З. М. ....	239
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....	242