



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
МИХАЙЛА КОЦЮБИНСЬКОГО
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Г. КОРОЛЕНКА
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

IV ВСЕУКРАЇНСЬКА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

«Перспективи хімії в
сучасному світі»
ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ



20 листопада 2024 року, м. Житомир

Житомир 2024

УДК 54:338.45

П 26

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Житомирського державного університету імені Івана Франка (протокол № 21 від 26 листопада 2024 року).

Рецензенти:

Заблюцька Ольга Сергіївна – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри технології медичної діагностики, реабілітації та здоров'я людини Житомирського медичного інституту Житомирської обласної ради;

Дорохов Віктор Іванович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства Поліського національного університету;

Шелюк Ірина Олександрівна – кандидат хімічних наук, голова циклової комісії хімічних дисциплін Житомирського базового фармацевтичного фахового коледжу Житомирської обласної ради.

IV Всеукраїнська інтернет-конференція молодих вчених «Перспективи хімії в сучасному світі» (20 листопада 2024 року). Матеріали конференції. / гол. ред. Роман Денисюк та Олександр Камінський. – Житомир: Видавництво ЖДУ ім. І. Франка, 2024. – 245 с.

Збірник містить тези доповідей, у яких викладені результати наукових досліджень у галузях неорганічної та фізичної хімії, хімічного матеріалознавства, аналітичної хімії та хімії доквілля, органічної, біоорганічної хімії та хімії високомолекулярних сполук, прикладних аспектів хімії, хімічної технології та особливостей викладання хімії в закладах середньої та вищої освіти. Дослідження виконані в закладах вищої освіти та наукових установах Житомира, Івано-Франківська, Києва, Луцька, Львова, Одеси, Сум, Харкова, Херсону, Хмельницького та Черкас. (Житомир, 20 листопада 2024 року)

Матеріали друкуються в авторській редакції.

Головні редактори

Денисюк Роман Олександрович кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Камінський Олександр Миколайович кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Редакційна колегія збірника

Авдєєва Ольга Юріївна доктор філософії з галузі Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Євдоченко Олена Сергіївна доктор філософії з галузі Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Писаренко Сніжана Василівна доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Свиридюк Катерина Петрівна асистент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Чайка Микола Володимирович кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Адреса редколегії:

10008, м. Житомир, вул. Університетська, 42,
кафедра хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

© Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2024

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова оргкомітету

Киричук Галина Євгеніївна

доктор біологічних наук, професор, ректор Житомирського державного університету імені Івана Франка

Співголови оргкомітету

Боцян Тетяна Вікторівна

кандидат економічних наук, доцент, проректор з наукової і міжнародної роботи Житомирського державного університету імені Івана Франка

*Чумак Володимир
Валентинович*

кандидат хімічних наук, доцент, проректор з навчально-методичної та виховної роботи Житомирського державного університету імені Івана Франка

Анічкіна Олена Василівна

кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Члени оргкомітету

Блажко Олег Анатолійович

доктор педагогічних наук, професор, заступник декана природничо-географічного факультету з навчальної роботи Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського

*Віленський Володимир
Олексійович*

доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Гулай Любомир Дмитрович

доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри-професор кафедри неорганічної та фізичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки

Сливка Наталія Юріївна

доктор хімічних наук, доцент, завідувач кафедри-професор кафедри органічної та фармацевтичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки

Тітов Юрій Олександрович

доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Томашик Василь Миколайович

доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

<i>Чигиринець Олена Едуардівна</i>	доктор технічних наук, професор, академік Академії Вищої Школи України, завідувач кафедри фізичної хімії хіміко-технологічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<i>Шевченко Ольга Володимирівна</i>	доктор хімічних наук, професор, завідувачка кафедри органічної та фармацевтичної хімії, Одеського національного університету імені І. І. Мечникова
<i>Шиян Надія Іванівна</i>	доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка
<i>Авдєєва Ольга Юріївна</i>	доктор філософії з галузі Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка
<i>Большаніна Світлана Борисівна</i>	кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії Сумського державного університету
<i>Денисюк Роман Олександрович</i>	кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка
<i>Диченко Тетяна Василівна</i>	кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії Сумського державного університету
<i>Євдоченко Олена Сергіївна</i>	доктор філософії з галузі Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка
<i>Камінський Олександр Миколайович</i>	кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка
<i>Марушко Лариса Петрівна</i>	кандидат хімічних наук, доцент, декан факультету хімії, екології та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки
<i>Пономарьова Людмила Миколаївна</i>	кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії Сумського державного університету
<i>Пшеничний Роман Миколайович</i>	кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії Сумського державного університету

<i>Снігур Денис Васильович</i>	кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри аналітичної та токсикологічної хімії, Одеського національного університету імені І. І. Мечникова
<i>Чайка Микола Володимирович</i>	кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка
<i>Щербакова Тетяна Михайлівна</i>	кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри аналітичної та токсикологічної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова
<i>Яновська Ганна Олександрівна</i>	кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії Сумського державного університету
<i>Писаренко Сніжана Василівна</i>	доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, ст. викладач кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка
<i>Свиридюк Катерина Петрівна</i>	асистент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

ЗМІСТ

<i>СЕКЦІЯ 1: НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ ТА ХІМІЧНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО</i>	12
Барановська Т. Г., Кусяк Н. В. ОСОБЛИВОСТІ БІОРОЗКЛАДНИХ КВАНТОВИХ КОМПОЗИТІВ	13
Блашко Н. М., Марчук О. В. СИНТЕЗ ТА КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА ХАЛЬКОГЕНІДІВ $Nd_3Fe_{0.1}Ga_{1.6}S(Se)_7$	14
Вовченко М. М., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Томашик В. М., Камінський О. М., Писаренко С. В. РОЗЧИНЕННЯ $Zn_{0.1}Cd_{0.9}Te$ ТРАВНИКАМИ СИСТЕМИ HNO_3 - KI (DMFA)-ЛАКТАТНА КИСЛОТА	17
Галушко Ю. М., Авдєєва О. Ю. ЛАМЕЛЯРНІ ЕМУЛЬСІЇ, ЯК ОСНОВА ВИГОТОВЛЕННЯ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ	19
Гоменюк В. В., Лисенко О. В. Пшеничний Р. М., Омельчук А. О. ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ СКЛАДУ $Ba_{1-x}La_xF_{2+x} - 1,1SnF_2$	21
Муха А. М., Даценко В. В. ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД	24
Омельчук А. О., Кичкирук О. Ю., Чайка М. В. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНО-ОРГАНІЧНИХ КОМПОЗИТІВ	27
Подоляк У. О., Кусяк Н. В. ФЕНОМЕН «УЛЬТРАМАРИНОВОЇ ХВОРОБИ»	28
Порхун Л. В., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Томашик В. М. КІНЕТИКА ВЗАЄМОДІЇ ЙОДВИДЛЯЮЧИХ РОЗЧИНІВ З ТВЕРДИМ РОЗЧИНОМ $Cd_{0.2}Hg_{0.8}Te$	29
Старко І. Ю., Татарчук Т. Р. ВПЛИВ ІОНІВ $La(III)$ НА АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ $Ni-Co$ ФЕРИТІВ: ВИДАЛЕННЯ БАРВНИКА КОНГО ЧЕРВОНОГО ТА АНТИБІОТИКА ОКСИТЕТРАЦИКЛІНУ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ	31
Тетерук І. В., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Томашик В. М., Камінський О. М., Писаренко С. В. ВПЛИВ РОЗВЕДЕННЯ ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ НА КІНЕТИКУ РОЗЧИНЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ $Zn_xCd_{1-x}Te$ В ЙОДВИДЛЯЮЧИХ ТРАВНИКАХ	32
Чайка М. В., Басюк В. О., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Панасюк Д. Ю. ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ $CdTe$ ТА ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ НА ЙОГО ОСНОВІ ЯК ФАКТОР, ЩО ВИЗНАЧАЄ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ	34
Ясько Г. В., Осокін Є. С., Іванченко М. В. СИНТЕЗ КРИСТАЛІЧНОГО π -КОМПЛЕКСУ КУПРУМ(I) МАЛЕАТУ	36
<i>СЕКЦІЯ 2: АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ ТА ХІМІЯ ДОВКІЛЛЯ</i>	38
Авраменко Ю. Ю., Кичкирук О. Ю. ПОЛІМЕР-НЕОРГАНІЧНІ КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ БЕНТОНІТУ ДЛЯ АДСОРБЦІЇ ІОНІВ ТОКСИЧНИХ МЕТАЛІВ ІЗ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ	39
Барладян Д. В., Жуковецька О. М., Гузенко О. М., Снігур Д. В. СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ $Ge(IV)$ ПІСЛЯ МІЦЕЛЯРНОЇ ЕКСТРАКЦІЇ ЙОГО КОМПЛЕКСУ З 6,7-ДИГІДРОКСИ-2,4-ДИФЕНІЛБЕНЗОПРИЛІЄМ	40
Вініченко А. І., Пономарьова Л. М., Пономарьов О. М. МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ СПОЛУКАМИ CO_2 ТА NO_2 У М.СУМИ	41
Демчук А. В., Снігур Д. В. ДИСПЕРСІЙНА РІДИННА ЕКСТРАКЦІЯ КОМПЛЕКСІВ $V(IV)$ ТА $V(V)$ З 6,7-ДИГІДРОКСИ-2-ФЕНІЛ-4-МЕТИЛБЕНЗОПРИЛІЙ БРОМІДОМ	43
Корнійчук С. В., Кичкирук О. Ю. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ	44

<i>НА ПРОЦЕС ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ Cu(II) З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ КРЕМНЕЗЕМНИМИ КОМПОЗИТАМИ</i>	
<i>Савченко А. С., Камінський О. М., Тітов Ю. О., Євдоченко О. С., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ КАДМІЮ З РОЗЧИНІВ СУЧАСНИМИ НАНОМАТЕРІАЛАМИ</i>	46
<i>Снігур К. В., Гузенко О. М., Бродарська А. В., Снігур Д. В. МІЦЕЛЯРНО-ЕКСТРАКЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ТА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТАРТРАЗИНУ</i>	48
<i>Якименко Д. Р., Пономарьова Л. М. ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОДИ РІЧКИ СЕЙМ З МЕТОЮ ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧИН ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ</i>	49
<u>СЕКЦІЯ 3: ОРГАНІЧНА, БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ ТА ХІМІЯ ВМС</u>	51
<i>Kryvokhina M. V., Gaidai O. V. STABILITY OF AMINOCUBANE DERIVATIVES UNDER BUCHVALD-HARTWIG REACTION CONDITIONS</i>	52
<i>Варчук Д. Я., Варваренко С. М. ОТРИМАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОПОЛАКРИЛАМІДНОГО ГІДРОГЕЛЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ СКЛОПАКЕТІВ</i>	55
<i>Горобей К. М., Листван В. В. ФОСФОНІЄВІ СОЛІ: ОТРИМАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ</i>	57
<i>Горпинюк А. О., Дяченко О. Д. ЕФЕКТИВНИЙ СИНТЕЗ ПОХІДНИХ 2-ГІДРОКСИНІКОТИНОВИЙ КИСЛОТИ</i>	59
<i>Дьоміна О. О., Щербакова Т. М., Снігур Д. В., Барбалат Д. О. СИНТЕЗ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПОХІДНИХ ПЕРХЛОРАТУ 7,8-ДИГІДРОКСИБЕНЗОПІРИЛІО</i>	60
<i>Жураховський І. С., Бутова К. Д. СИНТЕЗ 4-БРОМО-7-(БРОММЕТИЛ)-ХІНОЛІНУ</i>	61
<i>Капацїла С. М., Самарик В. Я. АЛЬГІНАТ-ХІТОЗАНОВІ КСЕРОГЕЛІ: АБСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ У МОДЕЛЬНИХ БІОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ</i>	63
<i>Киричук Ю. Т., Тарас Р. С. ПСЕВДОПОЛІАМІНОКИСЛОТИ ПОЛІЕСТЕРНОГО ТИПУ НА ОСНОВІ ПОХІДНИХ ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ ТА ПОЛІЕСТЕРДІОЛІВ ДЛЯ ІНКАПСУЛЯЦІЇ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК</i>	66
<i>Лук'яненко В. В., Бурлачук А. Р., Бутова К. Д. СИНТЕЗ НОВИХ ПОХІДНИХ 2,3-ДИГІДРО-1Н-ПРОЛІЗИНУ</i>	68
<i>Ольховик А. В., Диченко Т. В. ВПЛИВ СИКАТИВІВ НА СУШІННЯ АЛКІДНИХ ЕМАЛЕЙ</i>	70
<i>Поліщук О. А., Листван В. В. ОСНОВИ ШФФА, ЇХ ОДЕРЖАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ</i>	71
<i>Радченко О. І., Яновська Г. О. ВПЛИВ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МЕМБРАН СФОРМОВАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОСПІНІНГУ</i>	73
<i>Ткаченко К. Є., Фокін А. А., Левченко В. Д. СИНТЕЗ КАРКАСНИХ БІЦИКЛІЧНИХ НАСИЧЕНИХ АМІНІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У МЕДИЧНІЙ ХІМІЇ</i>	76
<i>Усік О. А. СИНТЕЗ 4-ЗАМІЩЕНИХ-ПРОЛО[3.2d]ПІРИМІДИН-6-КАРБОНОВИХ КИСЛОТ</i>	78
<i>Цикунков С. С., Носова Н. Г. ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ НАНОШАРІВ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ПОВЕРХНІ ПОЛІПРОПІЛЕНУ</i>	79
<i>Юрова Т. А., Салєба Л. В., Канівець І. С. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ АМІННОГО СКРУБЕРУ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ БІОГАЗА ДО БІОМЕТАНУ</i>	81
<u>СЕКЦІЯ 4: ФІЗИЧНА ХІМІЯ ТА ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ</u>	83
<i>Dzhavadov T. A., Bondarchuk S. V. FEATURES OF THE MECHANISM AND AN EMPIRICAL MODEL FOR PREDICTING THERMOLYSIS TEMPERATURES OF NITRO-FREE ENERGETIC MATERIALS</i>	84

Laguta A. ZINC FERRO- AND FERRI-CYANIDES STRUCTURES AS TOOL IN ORDER TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL TOLL	86
Laguta A., Ronco-Campaña A., Goddard A. D. ANALYSIS OF STYRENE MALEIC ACID LIPID PARTICLES FOR RATIONAL CHOICE AND MODIFICATION OF NANODISCS	87
Torhalo P. S., Bondarchuk S. V. PREDICTION OF ENTHALPIES OF FORMATION OF ENERGETIC SALTS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS	88
Zhykhareva A., Laguta A., Gumenna M., Stryutsky O. PHYSICOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF SUPRAMOLECULAR AGGREGATES OF FUNCTIONALIZED OLIGOMERIC SILSESQUIOXANES IN AQUEOUS MEDIUM	90
Блищик М. О., Тітов Ю. О., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Писаренко С. В. ПРОЦЕСИ ВИЛУГОВУВАННЯ ТИТАНУ З ІЛЬМЕНІТУ ОРГАНІЧНИМИ КИСЛОТАМИ	91
Бурківська І. В., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Томашик В. М., Писаренко С. В. КІНЕТИКА АДСОРБЦІЇ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЬОГО З РОЗЧИНІВ ПОВЕРХНЕЮ ЦИНКОВОГО ФЕРИТУ	93
Ванельчук І. М., Камінський О. М., Тітов Ю. О., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Євдоченко О. С., Свиридюк К. П. ПРОЦЕСИ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКІВ ПОВЕРХНЯМИ НАНОФЕРИТІВ	95
Заблоцький О. Я., Камінський О. М., Віленський В. О., Чайка М. В., Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. СИНТЕЗ СУЧАСНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ШПІНЕЛЕЙ	97
Зав'язун С. А., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ПРОЦЕСИ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКІВ ШПІНЕЛЛЮ, ЩО МІСТИТЬ МАНГАН	99
Зозуля В. П., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ЩОДО МЕХАНІЗМІВ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКІВ НАНОМАТЕРІАЛАМИ	100
Качан В. Ю., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Томашик В. М., Чайка М. В., Писаренко С. В., Євдоченко О. С., Панасюк Д. Ю. ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ КАДМІЙ АЛЮМІНАТУ ЕКСИКАТОРНИМ МЕТОДОМ	102
Качан В. Ю., Басюк В. О., Ньюкало В. О., Довбня А. І., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Панасюк Д. Ю. ФОТОКАТАЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ АЛЮМІНАТІВ	104
Костиціна А. М., Камінський О. М., Віленський В. О., Чайка М. В., Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ІЧ-ФУР'Є СПЕКТРОСКОПІЯ СИНТЕТИЧНИХ БАРВНИКІВ	106
Крижанівська В. В., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Романишина Л. М., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. АДСОРБЦІЯ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЬОГО З РОЗЧИНІВ ШПІНЕЛЛЮ, ЩО МІСТИТЬ МАГНІЙ	108
Литвинчук А. П., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Чумак В. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ КОБАЛЬТОВОГО АЛЮМІНАТУ	110
Мартинюк С. П., Камінський О. М., Тітов Ю. О., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Євдоченко О. С., Свиридюк К. П. АДСОРБЦІЯ КАТІОННИХ БАРВНИКІВ НАНОШПІНЕЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ	112
Мординський І. С., Камінський О. М., Тітов Ю. О., Євдоченко О. С., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ПРОЦЕСИ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКІВ НІКЕЛЕВИМИ ШПІНЕЛЯМИ	114
Невмержицька Г. В., Чайка М. В., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Панасюк Д. Ю. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ХІМІЧНОГО РОЗЧИНЕННЯ	116

НАПІВПРОВІДНИКІВ ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ УМОВ	
Олексюк О. Ю., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Євдоченко О. С., Свиридюк К.П., Панасюк Д. Ю. АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТОЧУТЛИВИХ НАНОШПІНЕЛЕЙ	118
Панченко Т. В., Камінський О. М., Євдоченко О. С., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. АДСОРБЦІЙНА АКТИВНІСТЬ НІКЕЛЕВОГО НАНОФЕРИТУ, МОДИФІКОВАНОГО ГІДРОКСИАПАТИТОМ	120
Прокопенко В. С., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Тітов Ю. О., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТОМОЇ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ ІТРІЄВИХ ГРАНАТІВ ЕКСИКАТОРНИМ МЕТОДОМ	122
Севрук Є. С., Камінський О. М., Тітов Ю. О., Євдоченко О. С., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ	124
Свиридюк А. В., Камінський О. М., Чумак В. В., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКОВАНИХ ФЕРИТІВ МЕТОДАМИ ІЧ-ФУР'Є СПЕКТРОСКОПІЇ	126
Хімчик О. С., Камінський О. М., Тітов Ю. О., Євдоченко О. С., Денисюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. «ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК КУПРУМ ФЕРИТУ	128
Ходюк О. В., Тітов Ю. О., Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Камінський О. М. ПРОЦЕСИ ВИЛУГОВУВАННЯ ТИТАНУ(IV) З ЛЬМЕНІТУ РІЗНИМ ЗА СКЛАДОМ ЛУЖНИМ ВИЛУГОВУВАЧЕМ	130
<u>СЕКЦІЯ 5: ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ХІМІЇ (ФАРМАЦЕВТИЧНА, КОСМЕТИЧНА, ХАРЧОВА, КРИМІНАЛІСТИЧНА, КОМП'ЮТЕРНА, МЕДИЧНА ХІМІЇ, АГРОХІМІЯ)</u>	132
Naumenko K., Snigur D. PREPARATION AND CHARACTERISATION OF BETA-GLUCAN FROM YEAST CELL WALLS	133
Lukaniuk L., Mykutyk I., Prokipchuk I. DETERMINATION OF THE PZC OF ENTEROSORBENTS	134
Бідовська К. В., Авдєєва О. Ю. ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА КОСМЕТИЧНІ ЗАСОБИ ПІНОМИЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	136
Вигівська К. Р., Авдєєва О. Ю. ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ У ВИГОТОВЛЕННІ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ	137
Галатонов В. І., Рацук М. Є. РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ БАЛЬЗАМУ ДЛЯ ГУБ ІЗ СОНЦЕЗАХИСНИМ ЕФЕКТОМ	139
Галушко Ю. М., Чайка М. В., Камінський О. М., Денисюк Р. О., Томашик В. М. ВПЛИВ БАГАТОАТОМНИХ ОРГАНІЧНИХ СПИРТІВ НА ЗАКОНОМІРНОСТІ ХІМІЧНОГО РОЗЧИНЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ CdTe ТА ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ НА ЙОГО ОСНОВІ У БРОМВИДЛЯЮЧИХ ТРАВНИКАХ	140
Давидчук Р. В., Авдєєва О. Ю. ОСОБЛИВОСТІ РЕЦЕПТУР ШАМПУНІВ ДЛЯ ДІТЕЙ	142
Єременко І. О., Авдєєва О. Ю. ВИКОРИСТАННЯ ТИТАН ДІОКСИДУ В КОСМЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ	144
Забродський І. О., Авдєєва О. Ю. ВИКОРИСТАННЯ ЛІКАРСЬКОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В КОСМЕТОЛОГІЇ	145
Зав'язун С. А., Авдєєва О. Ю. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІКИ СКЛАДАННЯ ПАРФУМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ	148
Зозуля В. П., Авдєєва О. Ю. НАНОТЕХНОЛОГІЇ В КОСМЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ	150
Костенко Н. С., Авдєєва О. Ю. АЛЕРГЕНИ В КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБАХ	152
Крупська А. М., Большанина С. Б. ДОСЛІДЖЕННЯ КАТІОННОЇ ЄМНОСТІ ҐРУНТІВ У ВОРОНКАХ ВІД СНАРЯДІВ	153

Лакізіук Д. С., Камінський О. М., Тітов Ю. О., Євдоchenko О. С., Денісюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В., Панасюк Д. Ю. МЕДИКО-БІОЛОГІЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ФЕРИТОВИХ ШПІНЕЛЕЙ, ЩО МІСТЯТЬ НІКЕЛЬ	155
Оникійчук О. В., Євдоchenko О. С. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СКЛАДУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	157
Павлюк О. О., Віленський В. О. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ХІМІЇ: MM+ ТА MD ОЛІГОМЕРНИХ ПРОДУКТІВ ХЛОРОПРЕНУ ТА БУТАДІЕНУ n=10 З ЗАЛУЧЕННЯМ МОЛЕКУЛЯРНОГО ДИЗАЙНУ АТОМУ МЕТАЛУ НА ПОДВІЙНОМУ ЗВ'ЯЗКУ	160
Подоляк У. О., Авдєєва О. Ю. ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ КОМПОНЕНТІВ КОСМЕТИЧНОГО ЗАСОБУ З ПОВЕРХНЕЮ ОКА	162
Поліщук О. А., Авдєєва О. Ю. ХІМІЧНІ СКЛАДОВІ СОНЦЕЗАХИСНИХ КРЕМІВ	164
Свиридюк А. В., Чумак В. В., Камінський О. М., Денісюк Р. О., Чайка М. В., Писаренко С. В. ВИКОРИСТАННЯ НАНОШПІНЕЛЕЙ У МЕДИЧНІЙ ПРАКТИЦІ	166
Сергійчук О. О., Авдєєва О. Ю. ПОБІЧНІ ДІЇ, СПРИЧИНЕНІ ВИКОРИСТАННЯМ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ	168
Хімчик О. С., Авдєєва О. Ю. ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ МИЛА В ДОМАШНІХ УМОВАХ	170
Чайка М. В., Чайка Ю. Ю., Камінський О. М., Денісюк Р. О. «ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК: ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ МЕДИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ	172
Чайка Ю. Ю., Чайка М. В., Камінський О. М., Денісюк Р. О. ЕРГОЛІТИЧНІ ЗАСОБИ В СПОРТІ: ВІД ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ДО МЕХАНІЗМУ ДІЇ	175
Черкас Ю. В., Самарик В. Я. ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЇ ТА ДЕСОРБЦІЇ ЗНЕБОЛЮВАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ АЛЬГІНАТНИМИ ГІДРОГЕЛЕВИМИ ПЛАСТИНАМИ	177
Шаран Т. О., Авдєєв С. В. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ	179
Шокаленко О. В., Большаніна С. Б. МЕБРАННИЙ ЕЛЕКТРОЛІЗ РОЗЧИНІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ІОНАМИ КАДМІЮ	181
<u>СЕКЦІЯ 6: ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ В ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ТА ВИЩОЇ ОСВІТИ</u>	183
Авраменко Ю. Ю., Авдєєва О. Ю. «ПЕРЕВЕРНУТЕ НАВЧАННЯ» В ХІМІЇ: ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ОСВІТИ У ВИЩІЙ ШКОЛІ	184
Блищик М. О., Авдєєва О. Ю. ЕЛЕКТРОННІ ІГРИ З ХІМІЇ – ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ЗАСВОЄННЯ ЗНАНЬ	186
Бурківська І. В., Авдєєва О. Ю., Авдєєв С. В. ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ДИДАКТИЧНИХ ІГОР ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ В ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ	188
Гошовець К. В., Анічкіна О. В. ОНОВЛЕННЯ МЕТОДИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВЧИТЕЛЯ ДЛЯ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ НА БАЗОВОМУ РІВНІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ КОНЦЕПЦІЇ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ	190
Груздюк К. В., Анічкіна О. В. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ САМОСТІЙНОСТВОРЕНИХ ЕЛЕКТРОННИХ РЕСУРСІВ НА УРОЦІ ХІМІЇ В ОФЛАЙН ФОРМАТІ	192
Вовченко М. М., Авдєєва О. Ю. ІНТЕРАКТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ХІМІЇ ЯК ЕЛЕМЕНТ STEM-ОСВІТИ	194
Костиціна А. М., Авдєєва О. Ю. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ У ВИЩІЙ ШКОЛІ	196
Котляр С. С., Анічкіна О. В. ХІМІЧНА СКЛАДОВА ІНТЕГРОВАНОГО КУРСУ	198

"ПРИРОДНИЧІ НАУКИ", ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ НА ПРОФІЛЬНОМУ РІВНІ	
Крижанівська В. В., Авдєєва О. Ю., Авдєєв С. В. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІГРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ	201
Литвинчук А. П., Авдєєва О. Ю. ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ GOOGLE В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ	203
Ліщук М. П., Анічкіна О. В. МЕТОДИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ ХІМІЇ, ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ	205
Мельничук О. А., Анічкіна О. В. ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОГО СТАВЛЕННЯ ДО ЖИТТЯ ЗАСОБАМИ ВИВЧЕННЯ ХІМІЇ В ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	207
Оникійчук О. В., Авдєєва О. Ю. ІННОВАЦІЙНІСТЬ, ЯК ОЗНАКА СУЧАСНОСТІ	210
Павлюк О. О., Авдєєва О. Ю. ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ХІМІЇ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ	212
Панченко Т. В., Авдєєва О. Ю. МУЛЬТИМЕДІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЯК ЗАСІБ ІНТЕРАКТИВНОГО НАВЧАННЯ ХІМІЇ: АКТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ТА ІННОВАЦІЇ	214
Порхун Л. В., Авдєєва О. Ю. ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ХІМІЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ	216
Прокопенко В. С., Авдєєва О. Ю. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ДИДАКТИЧНИХ ІГОР НА УРОКАХ ХІМІЇ	218
Раєць В. В., Авдєєва О. Ю. СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ: АНАЛІЗ ДОСТУПНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ	221
Раєць В. В., Анічкіна О. В. МОЖЛИВОСТІ ВИБІРКОВИХ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТІВ ІЗ ХІМІЇ У ФОРМУВАННІ УСВІДОМЛЕННЯ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЩОДО НЕОБХІДНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА	223
Свиридюк А. В., Авдєєва О. Ю. ВІРТУАЛЬНА ХІМІЧНА ЛАБОРАТОРІЯ ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЗНАТЬ ІЗ ХІМІЇ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	226
Ходюк О. В., Авдєєва О. Ю., Авдєєв С. В. ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ В УМОВАХ РЕАЛІЗАЦІЇ СУЧАСНОЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ	228
Хоменко Л. В., Авдєєва О. Ю. ПОЗАКЛАСНА РОБОТА З ХІМІЇ, ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ	230
Хом'як М. О., Євдоченко О. С. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ GOOGLE ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ В ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	233
Храмченко К. Р., Авдєєва О. Ю. ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ GOOGLE ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ	235
Храмченко К. Р., Романишина Л. М. ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИБІРКОВИХ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ХІМІКІВ	237
Чисніков І. С., Авдєєва О. Ю., Авдєєв С. В. ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ В УЧНІВ НА УРОКАХ ХІМІЇ ТА В ПОЗАКЛАСНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	240
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	242

СЕКЦІЯ 1:

Неорганічна хімія та хімічне матеріалознавство

ОСОБЛИВОСТІ БІОРОЗКЛАДНИХ КВАНТОВИХ КОМПОЗИТІВ

Барановська Тетяна Григорівна,
здобувач вищої освіти II курсу, tetyanagolovchenko222@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Кусяк Наталія Володимирівна,
кандидат хімічних наук, доцент, nkusyayk@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Біорозкладані матеріали привертають все більшу увагу дослідників і виробників полімерів і композитів [1]. Такі матеріали охоплюють різні аспекти, включаючи механічні, термічні та бар'єрні властивості, здатність до біодеградації, екологічну стійкість та можливість відновлення та переробки, застосування у будівельних конструкціях, автомобілях, медичних пристроях та виготовленні пакувальних матеріалів. Останні досягнення у підготовці та характеристиці біодеградабельних полімерних матриць та їх композитів направлені, головним чином, на розуміння їх взаємозв'язку між процесом, структурою і властивостями на нано-, мікро- та макромасштабі.

Біодеградабельні композити (БК) включають широкий спектр принаймні двофазних гібридних матеріалів, у яких або наповнювачі, або матриця, або обидва повинні бути такими, що розкладаються в умовах біосередовища. Здебільшого матриці на основі біорозкладаних полімерів добре розпізнаються як біодеградабельні. З іншого боку, наповнювачі, які є меншою фазою, виконують зміцнюючу функцію в більшості таких композитів.

Як звичайні біорозкладані полімери, так і біорозкладані композити, а також новітні БК, посилені наночастинками та нанонаповнювачами, Одними із наповнювачів БК, які останнім часом активно досліджуються, є квантові точки (КТ). Незважаючи на те, що КТ продемонстрували помітні оптичні властивості, ці властивості самі по собі не зробили їх реальною заміною традиційним органічним барвникам, що використовуються в діагностиці [2]. Крім того, через наявність ядра важкого металу, матеріалам на основі КТ характерна токсичність і нестабільність. На початкових етапах досліджень було помічено, що інтеграція нанокompозитів позитивно впливає на властивості КТ. Відкриття цих нанокompозитів було мотивовано дивовижними властивостями, які демонструють біокompозити, знайдені в природі. Нещодавні відкриття пролили світло на потенційне використання КТ, пропонуючи потенційний шлях для підвищення ефективності сучасних фармацевтичних препаратів і відкриваючи шлях для створення інноваційних терапевтичних підходів. На сьогодні активно досліджується застосування КТ як сенсорних нанозондів так і в різноманітних системах доставки ліків [2]. Особлива увага спрямована на одержання та використання КТ/полімер БК.

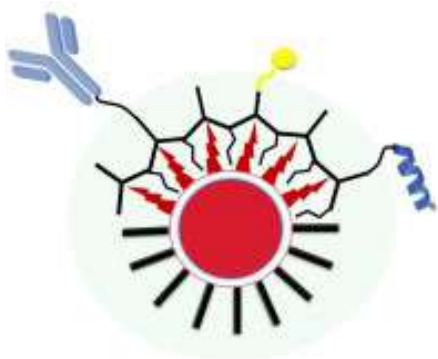


Рис. Орієнтовна схема КТ/полімер [2].

1. Samir, A., Ashour, F.H., Hakim, A.A.A. et al. Recent advances in biodegradable polymers for sustainable applications. *Mater. Degrad.* 2022. V. 6 (68).
2. Babu A., Raja M., Zehravi M. et al. An overview of polymer surface coated synthetic quantum dots as therapeutics and sensors applications. *Prog. Biophys. Mol.* 2023. V. 184. P. 1-12.

СИНТЕЗ ТА КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА ХАЛЬКОГЕНІДІВ $Nd_3Fe_{0.1}Ga_{1.6}S(Se)_7$

Блашко Назарій Миколайович,
старший лаборант, Blashko.Nazarii@vnu.edu.ua
Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна

Марчук Олег Васильович,
кандидат хімічних наук, доцент, Marchuk.Oleg@vnu.edu.ua
Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна

У роботі вперше представлено результати комплексного дослідження кристалічної структури халькогенідів складу $Nd_3Fe_{0.1}Ga_{1.6}S(Se)_7$, що кристалізуються в структурному типі La_3CuSiS_7 (ПГ $R\bar{6}_3$) [1] як перспективних матеріалів, що можуть генерувати нелінійно-оптичні та електричні властивості за рахунок нецентросиметричної структури.

Синтез зразків масою один грам кожен для дослідження кристалічної структури $Nd_3Fe_{0.1}Ga_{1.6}S(Se)_7$ проводили з простих речовин із вмістом основного компонента не менше 99.99 мас. % в електричній муфельній печі з програмним управлінням технологічними процесами МП-30. Синтез у вакуумованих ($1.33 \cdot 10^{-2}$ Па) кварцевих ампулах здійснювали згідно технологічного режиму: нагрів до температури 700 °С зі швидкістю 40 °С/год; витримка за температури 700 °С (10 годин); нагрів до температури 1100 °С зі швидкістю 12 °С/год; витримка за температури 1100 °С (2 години); охолодження до температури 500 °С зі швидкістю 6 °С/год; гомогенізуючий відпал за температури 500 °С впродовж 500 годин; гартування синтезованих зразків у воду кімнатної температури без попереднього розбивання ампул.

Розрахунок основних параметрів структури синтезованих фаз проводили за дифрактограмами, що були одержані в межах $2\Theta = 10 - 100^\circ$ на рентгенівській установці ДРОН 4-13 з параметрами зйомки: CuK_α -випромінювання ($\lambda = 1.54185 \text{ \AA}$); крок сканування – $0,05^\circ$, експозиція у кожній точці – 10 с. Розрахунок та візуалізацію кристалічної структури виконано за допомогою програм WinCSD [2] та VESTA [3].

Уточнення координат та ізотропних теплових параметрів атомів у структурі синтезованих фаз (таблиця 1) призвело до відносно задовільних значень факторів розбіжності. Спостережувані, розраховані та різницеві між ними дифрактограми халькогенідів представлені на рисунку 1.

Вихідними сполуками для синтезу $Nd_3Fe_{0.1}Ga_{1.6}S(Se)_7$ є тернарні дефектні халькогеніди $Nd_3Ga_{1.67}S(Se)_7$ [4-5]. В цих сполуках кристалографічну позицію атомів галію $2a$ ($0\ 0\ z$) з коефіцієнтом зайнятості простору 67 % заміщували атомами статистичних сумішей $R \{0.1\ Fe + 0.6\ Ga\}$. Елементарну комірку та координаційні поліедри $[Nd\ 7S(Se)]$, $[R\ 6S(Se)]$ та $[Ga\ 4S(Se)]$ у структурі одержаних халькогенідів зображено на рисунку 2. Атоми неодиму знаходяться у положенні $6c$ ($x\ y\ z$) і центрують тригональні призми з одним додатковим атомом сульфуру або селену. Тригональні призми утворюють “блоки” $3 [Nd\ 7S(Se)]$ в яких вони між собою з’єднані ребрами. Незначні величини коефіцієнтів дисторсії (χ) свідчать про високу симетричність цих призм. Атоми статистичних сумішей заселяють позицію $2a$ ($0\ 0\ z$) і мають октаедричне оточення. Більш деформовані октаедри є у сульфурвмісній фазі ($\chi = 0.07415$). Октаедри $[R\ 6S(Se)]$ в напрямку головної осі утворюють колони та сполучені між собою гранями. Атоми галію локалізовані в позиції $2b$ ($1/3\ 2/3\ z$) і разом з $S(Se)$ формують тетраедри $[Ga\ 4S(Se)]$. В обох структурах тетраедри є ізольовані один від одного і характеризуються високою симетрією. Розраховані величини середніх довжин зв’язків добре узгоджуються з сумами відповідних йонних радіусів [6]. При переході $S \rightarrow Se$ параметри поліедрів, елементарної комірки та довжини зв’язків прогнозовано збільшуються.

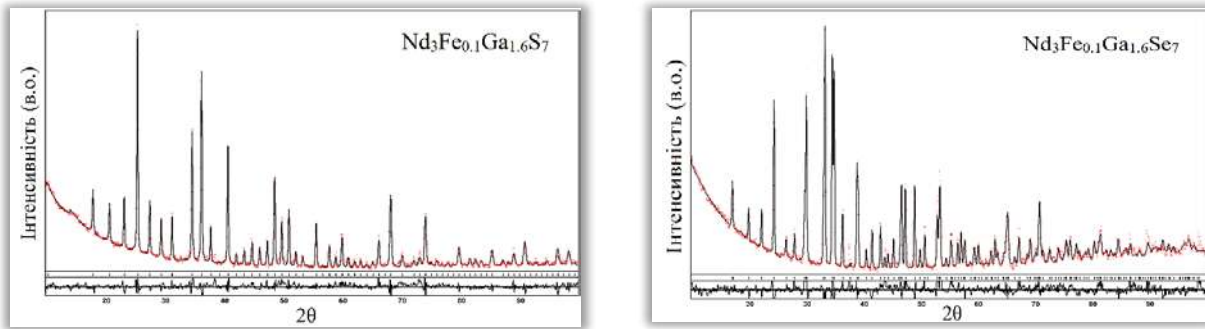


Рис. 1. Спостережувані, розраховані та різницеві між ними дифрактограми халькогенідів $\text{Nd}_3\text{Fe}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{S}(\text{Se})_7$

Таблиця 1. Координати та ізотропні параметри теплового коливання атомів у структурі халькогенідів $\text{Nd}_3\text{Fe}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{S}(\text{Se})_7$

$\text{Nd}_3\text{Fe}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{S}_7$ ($a = 9.9071(5) \text{ \AA}$, $c = 6.0690(6) \text{ \AA}$, $V = 515.87(9) \text{ \AA}^3$, $R_I = 7.47\%$, $R_P = 21.48\%$)					
Атоми	ПСТ	x/a	y/b	z/c	$B_{130} \times 10^2 (\text{ \AA}^2)$
Nd	6 c	0.3777(2)	0.1488(4)	0.234(2)	0.26(6)
R1	2 a	0	0	-0.014(8)	0.8(5)
Ga	2 b	1/3	2/3	0.159(2)	0.3(4)
S1	6 c	0.0938(10)	0.511(3)	0.009(4)	0.6(5)
S2	6 c	0.1366(11)	0.242(2)	0.290(3)	0.4(4)
S3	2 b	1/3	2/3	0.531(7)	0.3(8)
$\text{Nd}_3\text{Fe}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ ($a = 10.2817(4) \text{ \AA}$, $c = 6.3819(4) \text{ \AA}$, $V = 584.26(8) \text{ \AA}^3$, $R_I = 9.39\%$, $R_P = 24.09\%$)					
Атоми	ПСТ	x/a	y/b	z/c	$B_{130} \times 10^2 (\text{ \AA}^2)$
Nd	6 c	0.3782(4)	0.2222(4)	0.2093(9)	0.48(8)
R2	2 a	0	0	0.025(4)	1.9(7)
Ga	2 b	1/3	2/3	0.136(2)	0.1(4)
Se1	6 c	0.1043(6)	0.2441(5)	0.2729(13)	0.3(2)
Se2	6 c	0.5166(6)	0.0870(5)	0.4880(13)	0.2(2)
Se3	2 b	1/3	2/3	0.499(3)	0.1(3)
R1(R2) – 0.1 Fe + 0.6 Ga					

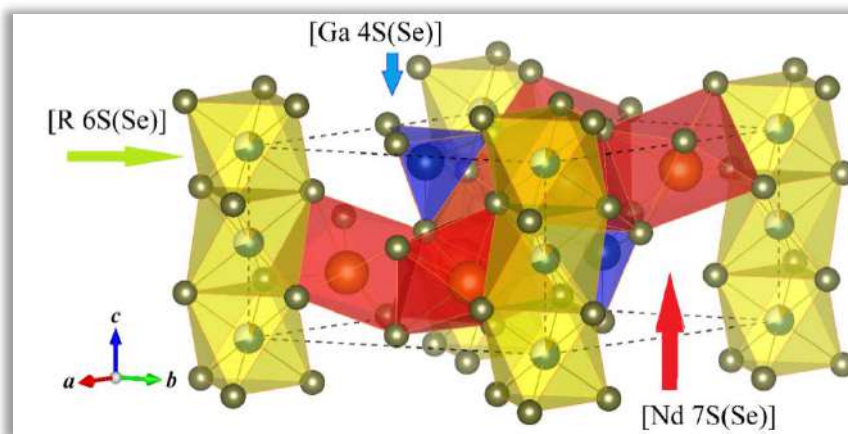


Рис. 2. Елементарна комірка та координаційні поліедри атомів у структурі халькогенідів $\text{Nd}_3\text{Fe}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{S}(\text{Se})_7$

Заміщення атомів галію Ga1 (ПСТ 2a) Ga2 (ПСТ 2b) у структурі сполук $\text{Ln}_3\text{GaGa}_{0.67}\text{X}_7$

(Ln – РЗМ; X – S, Se) атомами d-елементів дозволяє корегувати геометричні характеристики поліедрів (таблиця 2), тим самим прогнозувати посилення або послаблення різних фізичних властивостей, а саме: магнітних, оптичних, термоелектричних і т.д.

Таблиця 2. Параметри поліедрів у структурі халькогенідів $\text{Nd}_3\text{Fe}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{S}(\text{Se})_7$

Параметри	$\text{Nd}_3\text{Fe}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{S}_7$	$\text{Nd}_3\text{Fe}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$
Тригональні призми [Nd 7S(Se)]		
$\delta[\text{Nd-S(Se)}]_{\text{мін}} - \delta[\text{Nd-S(Se)}]_{\text{макс}}, \text{Å}$	2.78(3) – 2.98(3)	2.921(10) – 3.135(9)
Середня довжина зв'язку, $\delta[\text{Nd} - \text{S(Se)}]_{\text{сер}}, \text{Å}$	2.8842	3.0150
Об'єм поліедра, Å^3	33.3240	38.1259
Коефіцієнт дисторсії (χ)	0.02368	0.01560
Октаедри [R 6S(Se)]		
$\delta[\text{R-S(Se)}]_{\text{мін}} - \delta[\text{R-S(Se)}]_{\text{макс}}, \text{Å}$	2.40(3) – 2.78(4)	2.690(16) – 2.713(17)
Середня довжина зв'язку, $\delta[\text{R} - \text{S(Se)}]_{\text{сер}}, \text{Å}$	2.5898	2.7018
Об'єм поліедра, Å^3	22.7803	26.2732
Коефіцієнт дисторсії (χ)	0.07415	0.00418
Тетраедри [Ga 4S(Se)]		
$\Delta[\text{Ga-S(Se)}]_{\text{мін}} - \delta[\text{Ga-S(Se)}]_{\text{макс}}, \text{Å}$	2.26(5) – 2.276(19)	2.31(3) – 2.404(9)
Середня довжина зв'язку, $\delta[\text{Ga} - \text{S(Se)}]_{\text{сер}}, \text{Å}$	2.2715	2.3807
Об'єм поліедра, Å^3	5.9701	6.8889
Коефіцієнт дисторсії (χ)	0.00302	0.01480

1. Guittard M., Julien-Pouzol M. Les composés hexagonaux de type $\text{La}_3\text{CuSiS}_7$. *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1972, 3, 2207-2209.
2. Grin Y., Akselrud L. WinCSD: Software package for crystallographic calculations (Version 4). *J. Appl. Cryst.* 2014, 47(2), 803-805.
3. Momma K., Izumi. F. VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *J. Appl. Cryst.* 2011, 44(6), 1272-1276.
4. Keiserukhskaya L., Luzhnaya N., Karaev Z. The system of $\text{Nd}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3$. *Inorganic Materials.* 1970, 6(10), 1869-1871.
5. Efendiev G.Kh., Karaev Z.Sh., Nasibov I.O. About the interaction of selenides $\text{A}^{\text{III}}_2\text{B}^{\text{VI}}_3$ of neodymium and gallium. *C.R. Acad. Sci.* 1969, 268, 1136-1138.
6. Wiberg N, Wiberg E, Holleman A. Lehrbuch der Anorganischen Chemie. *Walter de Gruyter.* 102. Auflage, 2007, 2003-2004.

РОЗЧИНЕННЯ $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ ТРАВНИКАМИ СИСТЕМИ HNO_3 - KI (DMFA)-ЛАКТАТНА КИСЛОТА

Вовченко Марія Миколаївна,
здобувач II (магістерського) рівня вищої освіти vovchenkoallo19@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович
кандидат хімічних наук, доцент denisuk@zu.edu.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович
кандидат хімічних наук, доцент laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Томашик Василь Миколайович
доктор хімічних наук, професор tomashyk@isp.kiev.ua
Інститут Фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України

Камінський Олександр Миколайович
кандидат хімічних наук, доцент alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

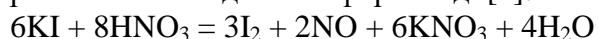
Писаренко Сніжана Василівна
доктор філософії з галузі знань «Хімічна та біоінженерія» snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тверді розчини на основі CdTe, в тому числі складу $Zn_xCd_{1-x}Te$ слугують матеріалами для виготовлення сонячних елементів, детекторів X- та γ -випромінювання, мають ряд переваг у порівнянні з аналогічними приладами, що використовують як активні елементи в кремнієвих p- і n-діодах [1]. З метою хімічної обробки поверхні часто використовуються галогенвиділяючі травильні суміші, в яких окисником сполук галогенів виступає нітратна кислота [1, 2]. В літературі зустрічаються відомості про використання солей, що розчинені в органічних розчинниках, які використовуються як основа для травильних сумішей [2].

Дослідження спрямоване на розробку та вдосконалення складу травних розчинів на основі нітратної кислоти та калію йодиду з метою досягнення низьких швидкостей розчинення матеріалу $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ та формування на його поверхні якісного полірованого шару.

Дослідження проводилося на зразках твердого розчину $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ розміром приблизно 0,5 см² та товщиною від 1,5 до 2 мм. Як травні середовища були обрані потрібні системи, що складаються з нітратної кислоти, калію йодиду та лактатної кислоти. Для визначення швидкості травлення використовували метод вимірювання товщини за допомогою годинникового індикатора ПЧ-1 з точністю $\pm 0,5$ мкм.

В ході взаємодії між компонентами в травильній суміші виділяється вільний йод, який розчиняється в диметилформаміді [2]:



З метою розведення травника, зниження швидкості полірування поверхні монокристалу $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ та введення лігандів, які сприяють комплексоутворенню додано 80% розчин лактатної кислоти.

Експериментально встановлено, що швидкість розчинення напівпровідника коливається від 0,5 до 4,0 мкм/хв. Визначено, що найвищу швидкість травлення демонструють розчини з підвищеним вмістом нітратної кислоти та додаванням незначного

об'єму лактатної кислоти. Додавання водного розчину лактатної кислоти до складу травної суміші призводить до зниження швидкості травлення матеріалу, однак при цьому якість поверхні зразка залишається на високому рівні.

Використовуючи метод симплексних ґраток Шефе-Гіббса побудовано діаграму, яка демонструє залежність кінетики розчинення від складу травника (рис. 1).

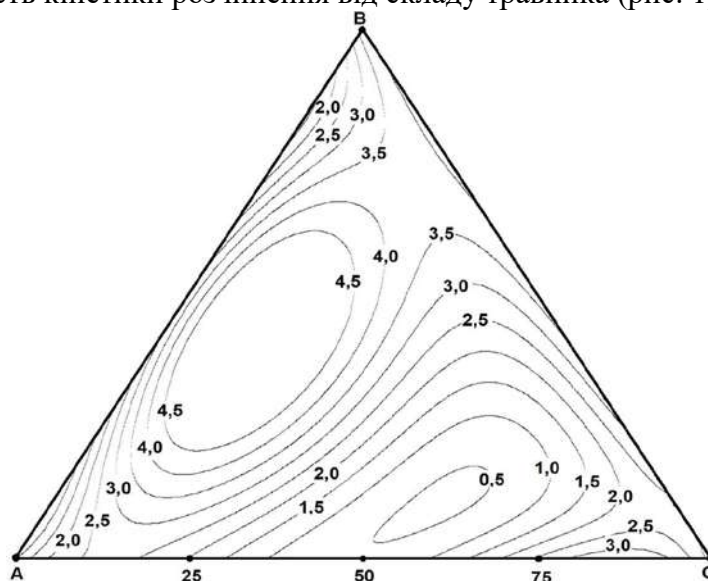


Рис. 1. Поверхня однакових швидкостей травлення (мкм/хв) $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ ($T = 293K$, $\gamma = 80 \text{ хв.}^{-1}$) при об'ємному співвідношенні $HNO_3 : KI(\text{ДМФА}) : C_3H_6O_3$ у вершинах А, В, С відповідно: А – 6 : 94 : 0; В – 14 : 86 : 0; С – 8 : 52 : 40.

Встановлено, що для досягнення гладкої полірованої поверхні монокристалу $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ ефективно може бути використано хіміко-динамічне полірування в більшості запропонованих розчинів. Оптимальні умови процесу є температура $20^\circ C$ та швидкість обертання диску 80 об/хв. , що забезпечують швидкість полірування в межах $1,0\text{-}4,0 \text{ мкм/хв.}$ Після завершення процесу травлення напівпровідника поверхню необхідно ретельно промити $0,2 \text{ M}$ розчином натрію тіосульфату з метою нейтралізації залишків травника, а потім промити дистильованою водою для видалення солей.

1. Hvozdiyevskiy Ye.Ye., Denysyuk R. O., Tomashyk V. M., Malanych G.P, Tomashyk Z. F. Interaction of $HNO_3 - HI - citric$ acid aqueous solutions with $CdTe$, $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$, $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ and $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ semiconductors. *Functional Materials*. 2018. V. 25 (3). P. 471-476.

2. Денисюк Р., Томашик В., Камінський О., Шелюк І., Писаренко С., Марценюк О. Хімічне травлення монокристалів $CdTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ та $Cd_xHg_{1-x}Te$ розчинами $HNO_3 - KI - \text{диметилформамід}$. *Український журнал природничих наук*. 2023. Вип. 3. С. 155-166.

ЛАМЕЛЯРНІ ЕМУЛЬСІЇ, ЯК ОСНОВА ВИГОТОВЛЕННЯ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Галушко Юлія Миколаївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, yliia.galushko2@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/ Педагогіка, доцент,
avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Косметичні засоби – це речовини, які наносяться на тіло людини з метою зміни, корекції зовнішності, очищення, захисту або збереження шкіри в гарному стані. Найпоширенішими продуктами в даному аспекті є різні за призначенням косметичні креми. Нині використовують такі класифікації кремів:

- *за складом* – жирові (з жироподібним станом, що походить від жирів та подібних речовин), емульсійні (зі співвідношенням жирів та води), суспензійні (з концентрацією твердої дисперсної фази), комбіновані (з використанням суспензійних кремів і емульсій як дисперсійного середовища) та безжирові (без жирів та жироподібних речовин);
- *за призначенням* – гігієнічні, лікувально-профілактичні та декоративні.

Емульсійні косметичні продукти, які є найпопулярнішими на ринку краси, мають можливість ефективно доставити корисні компоненти та активні речовини до найглибших шарів шкіри. Вони забезпечують зволоження та захист від негативного впливу навколишнього середовища, покращують тон та текстуру шкіри, а також запобігають ранній появі зморшок та інших ознак старіння. Завдяки унікальній формулі, емульсії легко наносяться на шкіру, майже блискавично поглинаються і не залишають жодного сліду жирного блиску, що робить їх доскональними для повсякденного догляду за обличчям [1].

Емульсії розрізняють за такими типами як «жир у воді» і «вода в жирі», та множинні емульсії [2]. Також використовуються емульсії змішаного типу, коли в ній водночас знаходяться обидва типи: «жир у воді» та «вода в жирі». Беручи до уваги природне співвідношення речовин жир:вода = 10 : 70 у шкірі людини, найкращими для використання вважаються рецептури кремів типу «жир у воді» з вмістом жиру до 10 %. Такі види кремів найчастіше використовуються як засоби для повсякденного догляду. Креми з типом емульсій «вода в жирі» зазвичай мають не більше 50 % води і використовуються як догляд за дуже сухою шкірою, як сезонні живильні креми, захисні креми [3].

Ліпіди – це різні групи природних сполук, наприклад гліцериди жирних кислот, жири, тритерпенові спирти тощо, вони в свою чергу виступають будівельним матеріалом клітинної мембрани. При довготривалому впливі агресивних хімічних речовин, сюди ж можуть входити і ПАВІ, здійснюється вимивання ліпідів шкіри, що зумовлює різноманітні проблеми зі шкірою (відбувається пошкодження захисного бар'єру, прискорюється старіння шкіри). Для відновлення ліпідного складу епідермісу використовуються кілька методів, таких як стимуляція синтезу ліпідів, підвищення активності гідролітичних ферментів, введення цих ферментів ззовні, введення епідермальних ліпідів та їх аналогів. Щоб вирішити недоліки емульсій на основі жиру та води, була розроблена спеціальна формула косметичної основи, яка має структуру, схожу за складом і структурою з ліпідами шкіри людини – ламелярна емульсія. Створення такої основи дозволяє наслідувати структуру епідермісу та створювати нові косметичні засоби для відновлення шкіри.

Ламелярна емульсія – це тип емульсії, яка містить ліпіди у формі пластин або ламел, і практично імітує структуру рогового шару. Дослідження показали, що вони можуть відновлювати і посилювати бар'єрну функцію шкіри навіть без використання інших

природних компонентів або активів. Під час нанесення на шкіру, ліпіди, що містяться в емульсії, вбудовуються в ушкоджені ділянки рогового шару, ущільнюють пошкодження і відновлюють його цілісність, повертаючи нормальний стан шкіри.

Ламелярна емульсія впливає на шкіру у трьох основних напрямках:

1. при нанесенні на шкіру, така емульсія утворює захисну дихаючу плівку, яка довгий час залишається на її поверхні та перешкоджає випаровуванню вологи зі шкіри;

2. ламелі вважаються своєрідним депо, де знаходяться активні речовини емульсії. Завдяки такій структурі активні компоненти повільно проникають у шкіру, вивільняючись із фосфоліпідних структур;

3. ламелярна емульсія відновлює пошкоджений ліпідний бар'єр, до складу якого входять кераміди, фосфоліпіди та вільні жирні кислоти. Синтез цих компонентів може порушуватись з різних причин, і ламелярна емульсія допомагає «залатати» ці пошкодження [3-4].

Ламелярна емульсія застосовується для створення ефективних, професійних і спеціалізованих косметичних засобів. Крім того, косметика на основі ламелярної емульсії використовується для догляду за шкірою навіть у дитячому віці, під час вагітності та у процесі лікування шкірних проблем. Ламелярні емульсії широко використовуються в лікуванні різних дерматозів, таких як: псоріаз, екзема, atopічний і себорейний дерматит, ірритантний дерматит та нейродерміти.

До прикладу, було проведено дослідження, в якому було досліджено використання емульсій для покращення стану шкіри при такому захворюванні як atopічний дерматит. Завдяки своїм властивостям емульсії покращують стан шкірного бар'єру, що в подальшому полегшує стан хворого [5].

Процес створення емульсії може бути виконаний за допомогою ультразвуку, гомогенізації або високого тиску. Для створення ламелярних емульсій часто використовують природні емульгатори, такі як різні види ліпідів, до яких можуть додаватися ненасичені жирні кислоти та ефіри холестерину без застосування синтетичних загущувачів та емульгаторів [2].

Отже, проаналізувавши літературні джерела, можемо пересвідчитись у тому, що ламелярні емульсії вважаються косметичними засобами нового покоління, які найбільше відповідають вимогам безпеки та ефективно впливають на стан шкіри.

1. Що таке ламелярна емульсія. URL: <https://tituel.com/ua/blog/lamellyarnaya-emulsiya>

2. Cameron, N.R. and D.C. Sherrington, 1996, High internal phase emulsions structures, properties and use in polymer preparation, Adv. Polym. Sci. 126, 163-21.

3. Cho, W.-G., 1997, Ph.D. Thesis, Forces between liquid surfaces and emulsion stability, University of Hull, UK. Choi, J.S., B.C. Chun and S.J. Lee, 2003, Effect of rubber on microcellular structures from high internal phase emulsion polymerization, Macromol. Res. 11, 104-109.

4. Duke, J.R., M.A. Hoisington, D.A. Langlois and B.C. Benicewicz, 1998, High temperature properties of poly(styrene-coalkylmaleimide) foams prepared by high internal phase emulsion polymerization, Polymer 39, 4369-4378.

5. Efficacy of a Multi-lamellar Emulsion Containing a Synthetic Sphingosine Kinase 1 Activator and Pseudoceramide in Patients with Atopic Dermatitis: A Randomized Controlled Trial So Yeon Lee Jin Seo Park Daehwan Kim Wonseok Jeong Chnghwan Hwang Hye One Kim Chun Wook Park Bo Young Chung. Dermatol Ther (Heidelb). <https://doi.org/10.1007/s13555-024-01254-5>

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ СКЛАДУ $0,9\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x} - 1,1\text{SnF}_2$

Гоменюк Віталій Володимирович,
здобувач освіти II курсу магістратури, vitalii.gomeniuk@gmail.com
Сумський державний університет, Україна

Лисенко Олег Володимирович,
аспірант, lysenkooleh34@gmail.com
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України, Україна

Пшеничний Роман Миколайович,
кандидат наук, доцент, r.pshenychnyi@chem.sumdu.edu.ua
Сумський державний університет, Україна

Омельчук Анатолій Опанасович
доктор хімічних наук, професор, omelchuk@ionc.kiev.ua
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України, Україна

Розвиток та використання відновлюваної енергетики потребує впровадження ефективних технологій акумулювання енергії. Останнім часом досліджуються альтернативні технології зберігання енергії, зокрема акумуляторів на основі фтору, які завдяки високому окисно-відновному потенціалу та низькій атомній масі мають перспективу досягти вищої теоретичної об'ємної та гравіметричної енергетичної густини. Для їх реалізації потрібні тверді електроліти з високою провідністю фтору та хімічною стабільністю.

Серед відомих матеріалів із високою фторидною провідністю найбільший інтерес викликають нестехіометричні фториди перехідних металів. Особливо виділяються тверді розчини на основі фторидів стануму (II) та барію. Вони демонструють високі значення електропровідності за рахунок неподіленої пари електронів на зовнішній електронній орбіталі Sn^{2+} , яка впливає на розташування аніонів фтору та підвищує їхню рухливість у підґратці [1], а також характеризуються низькою електронною провідністю. Іонну провідність твердих розчинів можна підвищити шляхом включення гетеровалентних замісників у структуру твердого розчину, що збільшує кількість дефектів у кристалічній решітці та кількість рухомих іонів фтору. Наприклад, в структуру BaSnF_4 було включено ітрії (Y), що збільшило електропровідність з $1,80 \cdot 10^{-5}$ до $1,53 \cdot 10^{-3}$ См/см при 353 K [2].

В даній роботі досліджено вплив замісника La^{3+} на електропровідність системи $(\text{BaF}_2)_{1-x}-(\text{SnF}_2)_{1+x}$ у вигляді твердих розчинів складу $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x} - \text{SnF}_2$ та оцінено вклад електронної провідності.

В попередніх дослідженнях було проведено аналіз системи $(\text{BaF}_2)_{1-x}-(\text{SnF}_2)_{1+x}$ [3]. Як вихідний твердий розчин для дослідження потрібної системи із лантаном обрано $\text{Ba}_{0,9}\text{Sn}_{1,1}\text{F}_{4,0}$. Він демонструє кращі електропровідні властивості, ніж BaSnF_4 , та має мінімум дефектів, що дозволяє включити лантан у структуру.

Синтез зразків для досліджень здійснювали згідно методики описаної в роботі [2].

Для аналізу структури синтезованих фторидпровідних фаз застосовували рентгенофазовий аналіз (РФА). Електропровідність зразків була досліджена зміннострумовим методом. Внесок електронної складової в загальну електропровідність визначали хроноамперометричними вимірюваннями за методом Хебба-Вагнера [4].

Чистоту отриманих фаз контролювали методами рентгенофазового аналізу структури. За результатами аналізу встановлено, що синтезовані тверді розчини $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ мають кубічну кристалічну ґратку (пр. гр. $\text{Fm}\bar{3}\text{m}$) та ізоструктурні BaF_2 (JCPDS № 00-004-0452), а лінійне зменшення розмірів елементарної комірки від вмісту замісника вказує на успішне включення лантану до структури [5]. Тверді розчини $\text{Ba}_{0,9-x}\text{La}_x\text{Sn}_{1,1}\text{F}_{4+x}$ утворювалися в

концентраційному інтервалі $0 < x \leq 0,12$ та мають тетрагональну кристалічну ґратку (пр. гр. $P4/nmm$) та є ізотипними до $BaSnF_4$ (JCPDS № 00-038-0738)[5].

Залежність електропровідності синтезованих зразків від температури представлено на рисунку 1а, а також від вмісту катіонів лантану у їх складі при 323 К, що відображено на рисунку 1б. Катіони лантану підвищують провідність, збільшуючи концентрацію міжвузлових фторид-іонів. Особливо інтенсивно електропровідність зростає при заміщенні барію лантаном на рівні понад 5 мол. %. Максимальні значення провідності були досягнуті для фази складу $Ba_{0,78}La_{0,12}Sn_{1,10}F_{4,12}$, яка має провідність $9,22 \cdot 10^{-3}$ См/см при 623 К та $4,26 \cdot 10^{-3}$ См/см при кімнатній температурі. Це значно перевищує вихідний $Ba_{0,9}Sn_{1,1}F_4$, провідність якого $1,46 \cdot 10^{-3}$ за 624 К та $2,94 \cdot 10^{-5}$ за 282 К, забезпечуючи зростання у 6,3 рази за високої температури та на кілька порядків за кімнатної температури.

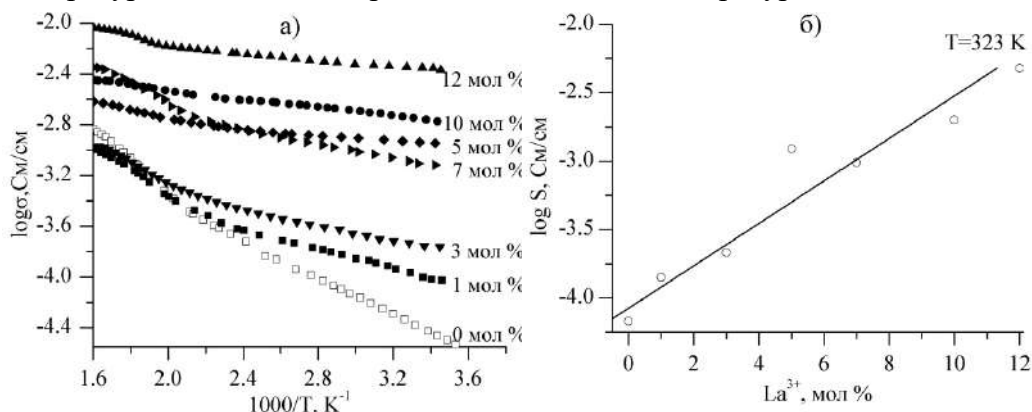


Рис. 1 Залежність електропровідності твердих розчинів $Ba_{0,9-x}La_xSn_{1,1}F_{4+x}$ з різним вмістом мол % замісника від температури (а) та від його вмісту (б)

Енергія активації фторид-іонної провідності синтезованих фаз нижча за вихідну фазу $Ba_{0,9}Sn_{1,1}F_4$. Загалом спостерігається зменшення енергії активації зі збільшенням вмісту замісника (рис. 2). Ця закономірність притаманна як для високотемпературної, так і для низькотемпературної областей.

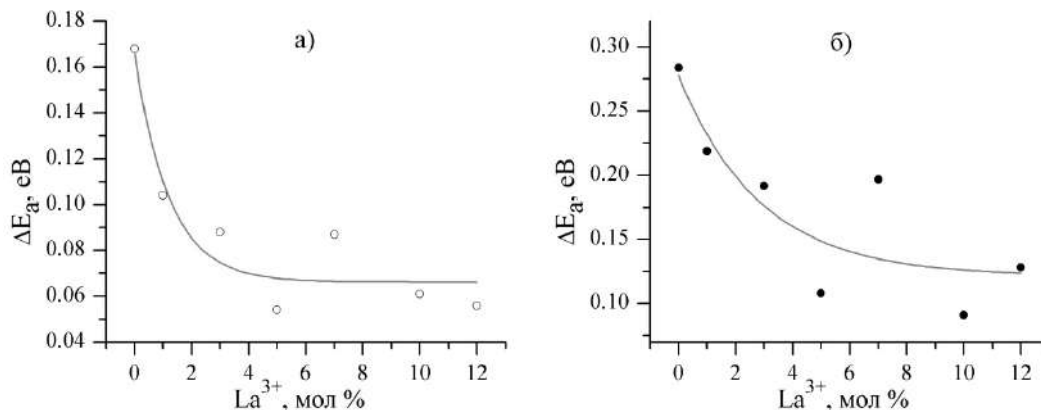


Рис. 2 Залежність енергії активації провідності твердих розчинів $Ba_{0,9-x}La_xSn_{1,1}F_{4+x}$ від вмісту лантану в низькотемпературній (а) та високотемпературній (б) областях

Важливим параметром для твердих електролітів є низька електронна провідність. Тому даний параметр визначали для зразка з найкращою іонною провідністю $Ba_{0,78}La_{0,12}Sn_{1,10}F_{4,12}$, шляхом дослідження вольтамперних залежностей отриманих хроноамперометричними вимірюваннями за методом Хебба-Вагнера. Дослідження проводили за двоелектродною схемою з використанням платинових блокуючих електродів в інтервалі потенціалів 0,6-3,2 В при температурі 473К.

Якщо до комірки з зразком прикласти постійну напругу, то фторид-іони рухаються в електричному полі від катоду до аноду, де накопичуються в анодному просторі. Даний процес супроводжується падінням струму на вольтамперограмі, а при досягненні певного

значення концентрації електронів в твердому електроліті струм досягає якогось мінімального стаціонарного значення в якому провідність реалізується виключно електронами (рис. 3а). Було встановлено, що при певних значеннях напруги існує область стаціонарних значень струму (рис. 3б). Для даної області стаціонарних значень струму електронну провідність можна визначити з рівняння: $I_s = \frac{RTS\sigma_n}{Fl}$.

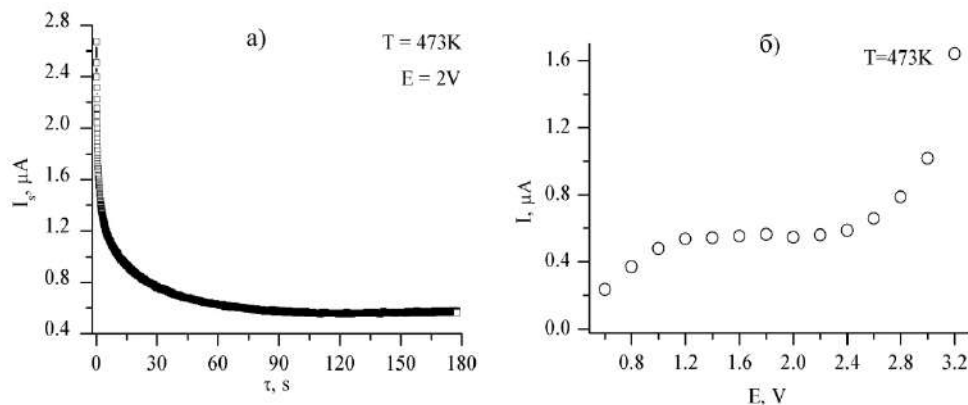


Рис. 3. Хроноамперометрія твердого електроліту $\text{Ba}_{0,78}\text{La}_{0,12}\text{Sn}_{1,10}\text{F}_{4,12}$: залежність сили струму від часу поляризації (а) та прикладеної напруги (б)

Електронна провідність зразка $\text{Ba}_{0,78}\text{La}_{0,12}\text{Sn}_{1,10}\text{F}_{4,12}$ складає $3,80 \cdot 10^{-6}$ См/см. Порівнюючи значення електронної провідності з загальною, можна припустити, що провідність даного твердого електроліту реалізується переважно аніонами фтору. Що дає підстави вважати даний електроліт перспективним до впровадження в системи електричного накопичення енергії нового покоління.

Висновки. Твердофазним синтезом було успішно синтезовано зразки твердих розчинів складу $\text{Ba}_{0,9-x}\text{La}_x\text{Sn}_{1,1}\text{F}_{4+x}$ ($x < 0,12$) шляхом спікання твердих розчинів $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{F}_{2+x}$ ($x < 0,12$) з SnF_2 . Отримані матеріали мають тетрагональну структуру кристалічної та є ізоструктурними до BaSnF_4 .

Найбільша провідність спостерігається у зразка складу $\text{Ba}_{0,78}\text{La}_{0,12}\text{Sn}_{1,10}\text{F}_{4,12}$, який досягає $9,22 \cdot 10^{-3}$ См/см при 623 К та $4,26 \cdot 10^{-3}$ См/см за кімнатної температури, що є значно більше за вихідний $\text{Ba}_{0,9}\text{Sn}_{1,1}\text{F}_4$. Енергія активації провідності синтезованих зразків менша у порівнянні з вихідною структурою, що є доказом кращих електропровідних властивостей.

Встановлено, що зразок $\text{Ba}_{0,78}\text{La}_{0,12}\text{Sn}_{1,10}\text{F}_{4,12}$ характеризується низькою електронною провідністю ($3,80 \cdot 10^{-6}$ См/см при 473 К) на декілька порядки нижче від загальної, що вказує провідність в даному твердому електроліті реалізується переважно аніонами фтору

1. G. Dénès et al. Variations of BaSnF_4 fast ion conductor with the method of preparation and temperature *Hyperfine Interactions*. 2007. Vol. 170, no. 1-3. P. 145–158.

2. Pshenychnyi R.M., Lysenko O.V., Pavlenko T.V., Omelchuk A.O. Conductive properties of solid solutions of the system $x\text{YF}_3-(1-x)\text{BaF}_2\text{-SnF}_2$. *Functional Materials*. 2023. Vol. 30, no. 1. P. 18-23

3. Гоменюк В.В., Лисенко О.В., Пшеничний Р.М., Електрофізичні властивості твердих фторид-провідних фаз в системі $(\text{BaF}_2)_x-(\text{SnF}_2)_{1-x}$ ($0 < x < 0,2$). *Сучасні технології у промисловому виробництві*: матеріали XI Всеукр. наук.-технічн. конф., м. Суми, 23–26 квітня 2024. С. 284-285.

4. Liu L. et al. Nd^{3+} doped BaSnF_4 solid electrolyte for advanced room-temperature solid-state fluoride ion batteries. *Ceram. Int.* 2020, Vol. 46 P. 20521-20528.

5. Лисенко О.В., Пшеничний Р.М., Гоменюк В.В., Омельчук А.О., Синтез та транспортні властивості фторидпровідних фаз $\text{Ba}_{0,9-x}\text{La}_x\text{Sn}_{1,1}\text{F}_{4+x}$. *Сучасні аспекти електротехніки*. Колективна монографія. Київ: МПБП «Гордон», 2024. С. 62-63.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД

Муха Андрій Миколайович

здобувач вищої освіти III курсу, mushkaa2005@gmail.com
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

Даценко Віта Василівна,

канд. хім. наук, доцент, dacenkovita14@gmail.com
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Однією з найбільш актуальних екологічних проблем промислових підприємств, що мають у своєму технологічному циклі гальванічні процеси, є проблема утворення значних обсягів рідких та твердих відходів [1]. Для таких підприємств, кардинальним вирішенням екологічних проблем є не знешкодження концентрованих відпрацьованих розчинів з отриманням гальваношламів, які часто є джерелами вторинного забруднення навколишнього середовища, а створення технологій, що включають регенерацію відпрацьованих розчинів та утилізацію їх цінних компонентів [2]. Вибір методів регенерації відпрацьованих травільних розчинів в гальванопромисловості визначається головним чином ступенем їх забрудненості та вмістом важких металів (ВМ), що впливають швидкість розчинення металу. Попадання неочищених або недостатньо очищених стічних вод та інших видів відходів, що містять ВМ, у водні об'єкти завдає економічної та природоохоронної шкоди не тільки через втрати металів, що використовуються у виробництві, а й внаслідок величезного негативного впливу на навколишнє природне середовище [2, 3]. Тому, регенерація є найбільш значним методом технології обробки відпрацьованих травільних розчинів, так як забезпечує значне збільшення терміну служби електроліту та суттєво скорочує кількість хімікатів, що витрачаються на коригування та приготування свіжого робочого розчину, а також на знешкодження залпових скидів [4, 5].

Для порівняльної характеристики ефективності методів регенерації концентрованих розчинів вибрано найбільш поширені хімічні методи регенерації – реагентні: кристалізація, цементация та осадження. Ці способи прості у виконанні, не вимагають складного технологічного обладнання, а тому є найперспективнішими для підприємств з невеликими обсягами виробництва.

Спосіб кристалізації. Спосіб заснований на висолуванні сполук міді сульфатною кислотою та натрій сульфатом з одночасним охолодженням розчину. Метод кристалізації визначається основними стадіями: поділ іонів міді та цинку в регенерованому розчині кристалізацією шляхом висолування та охолодження; поділ осаду та елюату; електрохімічне виділення цинку та залишкової кількості іонів міді з елюату; повернення в технологічний процес електрохімічного травлення латунів елюату, що містить сульфат-іони; використання на виробництві в якості мідного купоросу осаду, що містить іони міді з невеликою домішкою іонів цинку.

Поділ іонів міді та цинку спостерігається при спільному додаванні сульфатної кислоти та сульфату натрій. Посилення висолування сульфату міді досягається шляхом охолодження розчину, що регенерується, до температури +5.0 °С протягом 5 діб. При співвідношенні осаджувачів $\text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{SO}_4 = 1 : 3$ концентрації іонів металів становлять, г/л: в елюаті – $C_{\text{Cu}^{2+}} = 15.7$ і $C_{\text{Zn}^{2+}} = 64.8$; в осаді – $C_{\text{Cu}^{2+}} = 10.1$ і $C_{\text{Zn}^{2+}} = 12.1$.

Встановлено склад та структуру отриманого в результаті кристалізації осаду. Основними компонентами у вихідному зразку є $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ і $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Вміст фаз за результатами уточнення за методом Рітвельда, %: $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – 61, $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 39. У перерахунку на вміст міді та цинку в кристалогідратах $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ і $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$: Cu – 18.24 %, Zn – 14.16 %. Елементний склад зразка осаду згідно з електронно-зондовим мікроаналізом становить, %: Cu – 32.8; Zn – 5.4; O – 40.9; S – 20.9. Розбіжність результатів рентгенофазового та електронно-зондового аналізів складу зразка осаду можна пояснювати тим, що сполуки

$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ спочатку осідає в аморфному стані. У часі можлива його кристалізація. Сполука $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ відразу осідає в кристалічному стані.

Спосіб витіснення (цементація). Контактне витіснення міді цинковим пилом проводили у модельних розчинах при постійній температурі та перемішуванні.

Спосіб регенерації сульфатного мідно-цинкового розчину способом цементації визначається основними стадіями: поділ іонів міді та цинку в регенованому розчині витісненням міді за допомогою порошку металевого цинку; поділ осаду та елюату; електрохімічне виділення цинку з елюату та повернення його в процес цементації; повернення в технологічний процес електрохімічного травлення латунів елюату, що містить сульфат-іони. Підвищення ефективності процесу досягається протягом 15 хв. при використанні як цементатор цинкового пилу з діаметром частинок 0.063–0.2 мм та співвідношенні $\text{Cu}^{2+} : \text{Zn}^0 = 1 : 1.36$. Більш повне вилучення міді з розчину, що регенується, відбувається при температурі 298 К. Доцільність підтримання температури 298 К при проведенні процесу доводить незначну зміну величини ΔG при температурах вище рекомендованої.

Рентгенофазовим аналізом та електронно-зондовим мікроаналізом вивчено склад та структуру отриманого в результаті цементації осаду. Основними компонентами у зразку є Cu, куприт Cu_2O і $(\text{Zn}(\text{OH})_2)_3(\text{ZnSO}_4)(\text{H}_2\text{O})_5$. Елементний склад зразка осаду згідно з електронно-зондовим мікроаналізом становить, %: Cu – 97.27; Zn – 2.44; S – 0.29, що практично повністю збігається з результатами рентгенофазового аналізу.

Спосіб осадження. Вибраний реагентний спосіб ґрунтується на реакції Фентона – реакції взаємодії пероксиду водню з іонами заліза. Спосіб осадження ВМ із сульфатного мідно-цинкового розчину визначається основними стадіями: нагрівання регенованого розчину до необхідної температури; додавання водорозчинної солі двовалентного заліза; осадження іонів ВМ лугом; обробка осаду, отриманого після осадження ВМ, розчином пероксиду водню; поділ осаду та елюату; повернення фільтрату як лужного реагенту в технологічний процес.

Для ефективності проведення процесу окислення пероксидом водню як каталізатор обрана розчинна сіль $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Додавання цієї солі в процес осадження в кількості 0.06–0.08 на одиницю вмісту іонів Cu^{2+} та Zn^{2+} у розчині дозволяє одержати екологічно безпечні продукти за мінімальної витрати реагенту.

Проведено оцінку ефективності вилучення іонів ТМ при осадженні ТМ розчином NaOH. При досягненні $\text{pH} = 9$ залишкова концентрація іонів металів в елюаті після осадження становить, мг/л: $C_{\text{Cu}^{2+}} = 0.04$; $C_{\text{Zn}^{2+}} = 0.07$; $C_{\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+})} = 0.17$. При $\text{pH} = 10.5$ склад елюату змінюється, мг/л: $C_{\text{Cu}^{2+}} = 0.15$; $C_{\text{Zn}^{2+}} = 0.12$; $C_{\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+})} = 0.05$. Як видно, при спільному осадженні металів при однаковому значенні pH вдається підвищити індивідуальне осадження одного або декількох металів, однак досягти їх повного спільного осадження неможливо. Тому процес осадження ВМ рекомендується проводити розчином гідроксиду натрій до встановлення $\text{pH} = 9\text{--}10.5$.

Отриманий після осадження осад вивчили методом рентгенофазового аналізу. Встановлено, що його склад представлений в основному сполуками міді та цинку у вигляді $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (57.5 %) і ZnO (42.5 %). Наявність в осаді ZnO , а не $\text{Zn}(\text{OH})_2$, свідчить що саме частки ZnO є кінцевим продуктом реакції взаємодії між $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ і NaOH, а $\text{Zn}(\text{OH})_2$ – це проміжна сполука, яка при нагріванні та певному молярному співвідношенні реагентів розкладається. У досліджуваному осаді відсутні частки $\text{Fe}^{+2}(\text{Fe}^{+3})$, так як знаходяться у вигляді гідроксиду у зваженому стані в елюаті.

Проведений рентгенофазовий аналіз зразка осаду після обробки H_2O_2 представлений переважно модифікаціями оксидів цинку (ZnO 49.5 %), міді (CuO 48.7 %) і заліза (Fe_2O_3 1.8 %). Поява частинок Fe_2O_3 в осаді після обробки його розчином H_2O_2 , підтверджує той факт, що ферум гідроксид до обробки пероксидом водню у вигляді колоїдних частинок знаходився в елюаті.

Розглянуті реагентні способи регенерації сульфатних концентрованих мідно-цинкових

розчинів дозволяють проводити очищення промислових сточних вод від іонів ВМ, здійснювати регенерацію і передбачають повернення реагентів в технологічний процес гальванічного виробництва (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняльна характеристика ефективності регенерації концентрованих відпрацьованих розчинів реагентними методами

Спосіб регенерації	Залишковий вміст іонів ВМ в елюаті після регенерації, г/л		Ступінь вилучення, %		ГДК _в , г/л	
	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺
кристалізація	6.9	38.7	73.6	27.4	10 ⁻³	10 ⁻³
цементація	0.2·10 ⁻² –0.4·10 ⁻⁴	1.47	97	95		
осадження	0.04·10 ⁻³ –0.15·10 ⁻³	0.07·10 ⁻³ –0.12·10 ⁻³	99	99		

З наведених даних видно (табл. 1), що найбільш ефективним способом регенерації концентрованих промислових сточних вод є осадження. Концентровані сульфатні мідно-цинкові розчини після очищення цим способом знешкоджуються на 99%. Технологія переробки одержаного аморфного осаду у вигляді гідроксолей ВМ включає їх переведення в кристалічний осад у вигляді оксидів (49,5 % ZnO, 48,7 % CuO і 1,8 % Fe₂O₃). Згодом цей осад може бути використаний в отриманні цілого ряду товарних продуктів (розкислювальної добавки для металургійних підприємств, пігментних паст та ін.).

1. Minelgaite, A.; Liobikiene, G. Waste problem in European Union and its influence on waste management behaviours. *Science of The Total Environment*, 2019, 667, 86–93. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.02.313](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.313)

2. Datsenko, V.; Khimenko, N.; Egorova, L.; Svishchova, Ya.; Dubyna, O.; Budvytska, O.; Lyubymova, N.; Pasternak, V.; Pusik, L. Construction of the algorithm for assessing the environmental safety of galvanic sludges. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, 6, 10(102), 42–48. DOI: [10.15587/1729-4061.2019.188251](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.188251).

3. Larin, V.; Datsenko, V.; Egorova, L.; Hraivoronska, I.; Herasymchuk, T. Physical and chemical properties of copper-zinc galvanic sludge in the process of thermal treatment. *French-Ukrainian J. of Chem*, 2020, 8(1), 66–75. ISSN: 2312-3222

4. Datsenko V., Larin V. Evaluating the methods used for the regeneration process of copper-zinc solutions. *Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological chemistry*. 2021. Vol. 16, №1. P. 88-98. DOI: [dx.doi.org/10.19261/cjm.2021.793](https://doi.org/10.19261/cjm.2021.793)

5. Ларін, В.І., Даценко, В.В.; Єгорова, Л.М. Розробка та оптимізація стадій технологічного процесу очищення відпрацьованих травильних розчинів від іонів міді та цинку. *Voprosy khimii i khemicheskha tekhnologii*, 2020, 4, 88–95. DOI: [10.32434/0321-4095-2020-131-4-88-95](https://doi.org/10.32434/0321-4095-2020-131-4-88-95)

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНО-ОРГАНІЧНИХ КОМПОЗИТІВ

Омельчук Анна Олександрівна

здобувач I курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти,
annaomelchuk2002@ukr.net

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Кичкирук Ольга Юрївна

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, ranova_o_yu@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Мінерально-органічні композити (МОК) є унікальними матеріалами, що поєднують у собі властивості мінеральних і органічних компонентів: мають розвинену пористу структуру і значну кількість активних центрів на поверхні, що забезпечує високу здатність до адсорбції токсичних іонів металів. Їх переважно отримують шляхом адсорбції комплексоутворюючих полімерів або методом гетерофазної *in situ* полімеризації неорганічних матриць цими ж полімерами.

Для аналізу складу, структури та властивостей МОК використовують різноманітні фізико-хімічні методи дослідження, зокрема термогравіметричний аналіз, метод низькотемпературної адсорбції-десорбції азоту, інфрачервону (ІЧ) спектроскопію та інші.

Термогравіметричний аналіз (ТГА) використовується для оцінки стабільності матеріалу під дією високих температур. В його основі лежить нагрівання зразка в контрольованих умовах та постійне вимірювання його маси на кожному етапі температурної програми. При підвищенні температури, залежно від типу матеріалу, відбуваються різні процеси, такі як випаровування, розкладання, окиснення, дегідратація чи виділення газів, які супроводжують зміну маси. ТГА-аналізатор фіксує ці зміни у вигляді термогравіметричної кривої, де на вертикальній осі відображається зміна маси зразка, а на горизонтальній осі — температура або час.

Метод низькотемпературної адсорбції-десорбції азоту є одним із основних фізико-хімічних методів для дослідження пористої структури матеріалів, зокрема для визначення їх питомої поверхні, розподілу пор за розмірами та загального об'єму пор. Суть методу полягає у вимірюванні кількості азоту, що адсорбується на поверхні та в порах зразка при різних відносних тисках азоту та низькій температурі (зазвичай $T=77\text{ K}$).

Інфрачервона (ІЧ) спектроскопія – це розділ молекулярної оптичної спектроскопії, що оснований на взаємодії сполуки з електромагнітним випромінюванням в ІЧ діапазоні. Метод є чутливим для виявлення функціональних груп у композитах, оскільки різні групи поглинають ІЧ-випромінювання на своїх специфічних частотах. Крім того, кожна молекула утворює унікальний спектр, який називають "відбитком пальця". Це дає змогу ідентифікувати молекули мінерально-органічних сполук при порівнянні ІЧ-спектрів вихідної речовини, органічного носія та отриманого композиту. В результаті можуть з'являтися нові смуги поглинання або зникати наявні. Таким чином це є підтвердженням закріплення органічного модифікатора на потенційному неорганічному носії.

Ще одним популярним методом дослідження поверхні композитів є скануюча електронна мікроскопія. Вона дозволяє отримати високоякісні зображення поверхні композиту на нанорівні та використовується для аналізу морфології поверхні, виявлення розподілу фаз і структурних особливостей.

ФЕНОМЕН «УЛЬТРАМАРИНОВОЇ ХВОРОБИ»

Подоляк Уляна Олегівна,
здобувач вищої освіти IV курсу, ulanapodolak47@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Кусяк Наталія Володимирівна,
кандидат хімічних наук, доцент, nkusyak@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Ультрамарин (від лат. *Ultramarinus*, «над» + «морем», «за морем», оскільки пігмент імпортувався італійськими торговцями із шахт Афганістану) є неорганічним пігментом яскраво-синього кольору, стійкий до високих температур. Природний ультрамарин був відомий ще задовго до нашої ери, складається переважно з мінералу на основі цеоліту, що містить невелику кількість полісульфідів. Він зустрічається в природі як найближчий компонент лазуриту. Синтетичний натрій алюмосилікат з додаванням натрій полісульфідів загальною формулою $n(\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3m\text{SiO}_2) = \text{Na}_2\text{S}_x$ ($n=2-3$; $m=2-3$; $x=1-5$).

В образотворчому мистецтві існує багато видів фарб. Так, найдавнішими в історії є темперні фарби. Ще більше трьох тисяч років тому давньоєгипетські художники розписували стіни гробниць і саркофаги такими фарбами. Використовували їх і в іконописі. Серед майстрів темперного живопису Леонардо да Вінчі, Корреджо, Мікеланджело, Рафаель. Сполучною емульсією при змішуванні з пігментом при виготовленні таких фарб, як правило був, віск, а пізніше жовток. Ці фарби, зокрема і ультрамарин, зберегли насиченість та глибину і до сьогодні. Ультрамарин був найкращим і найдорожчим синім пігментом, який використовували художники епохи Відродження.

Але на заміну темперним фарбам прийшли олійні і ситуація в XVI–XVIII століттях змінилась. Взаємодія ультрамарину з олією запускала хімічні процеси, які не можна було контролювати. І картини почали «хворіти». Так, фарби на основі ультрамарину, наприклад, лазурит, змішаний з лляною олією демонструють явище деградації, відоме як «ультрамаринова хвороба», яке різко змінює естетику та цілісність витвору мистецтва, демонструючи тріщини, відшарування та зміну кольору. Дослідження групи вчених [1] було спрямоване на розуміння механізму деградації ультрамаринової фарби та визначення засобів виявлення та запобігання початку такої деградації. Було встановлено, що збіднення синього кольору ультрамарину є результатом прискореної деградації сполучної емульсії (наприклад, нафти), що каталізується ультрамарином (або лазуритом). Вчені визначали потенційну каталітичну активність лазуриту щодо розкладання нафти, вплив приготування пігменту на властивості лазуриту та його каталітичну активність щодо реакцій, пов'язаних з нафтою. Була проведена тестова реакція - дегідратація метанолу до диметилового етеру з ультрамаринним пігментом і без нього в мікрореакторі з мас-спектрометрією газової хроматографії [1]. Встановлено, що вихід диметилового етеру зростає у присутності ультрамаринового пігменту, підтверджуючи, що останній має каталітичні властивості, подібно до силіцій оксиду та алюміній оксиду.



1. Schnetz K., Gambardella A. et al. Evidence for the catalytic properties of ultramarine pigment // *Journal of Cultural Heritage*. 2020. V. 45. P.25-32.

КІНЕТИКА ВЗАЄМОДІЇ ЙОДВИДІЛЯЮЧИХ РОЗЧИНІВ З ТВЕРДИМ РОЗЧИНОМ $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$

Порхун Ліна Василівна,
здобувач вищої освіти II курсу, linaporhun51@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович
кандидат хімічних наук, доцент denisuk@zu.edu.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович
кандидат хімічних наук, доцент laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Томашик Василь Миколайович
доктор хімічних наук, професор tomashyk@isp.kiev.ua
Інститут Фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України

Дослідження впливу органічних розчинників на кінетику взаємодії йодвиділяючих розчинів із твердими розчинами типу $CdHgTe$, який є перспективним напівпровідниковим матеріалом завдяки унікальним електронним і оптичним характеристикам, що роблять його важливим для застосування у фотоелектронних пристроях та детекторах [1].

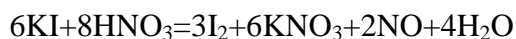
Метою цього дослідження є аналіз впливу органічних розчинників на швидкість та механізми реакцій між йодвиділяючими розчинами і твердими розчинами типу $CdHgTe$, що дозволить вдосконалити процеси синтезу та обробки матеріалів [2].

Для проведення експерименту необхідно підібрати відповідні розчини для хіміко-динамічного полірування. Йодвиділяючі розчини містять йод, який важко розчиняється у воді, тому частіше за все його розчиняють в органічних розчинниках, що мають неполярну природу або містять неполярні групи в молекулі. Для досягнення якісного полірування поверхні потрібні в'язкі розчини, що уповільнюють швидкість реакції та дифузії продуктів у рідке середовище. Було обрано етиленгліколь, оскільки він здатний утворювати комплексні сполуки з продуктами реакції напівпровідників з йодом. Використання водних розчинів може призвести до гідролізу деяких продуктів, зокрема TeI_4 , що спричиняє утворення важкорозчинних оксигеновмісних сполук телуру [1].

Для створення йодвиділяючого розчину обрано калій йодид і нітратну кислоту, оскільки вони є більш доступними за вартістю порівняно з компонентами відомих травильних сумішей. Спочатку калій йодид розчиняли у водному розчині органічного розчинника або в чистому органічному компоненті. Додавання нітратної кислоти сприяло розчиненню виділеного йоду в надлишку калій йодиду та органічному середовищі, а надлишковий йод випадав в осад.

На основі літературних даних було визначено мінімальну концентрацію йоду, необхідну для розчинення поверхні напівпровідників. Встановлено оптимальне співвідношення калій йодиду та нітратної кислоти для отримання потрібної концентрації йоду.

Було обрано травильні суміші, здатні розчиняти досліджувані напівпровідникові сполуки та гомогенні за структурою. Для проведення травлення використовували 20 мл етиленгліколю як середовище, де відбуватиметься розчинення виділеного в ході реакції йоду за схемою [2]:



Дослідження показали, що збільшення концентрації нітратної кислоти понад 10 об.% призводило до утворення нерозчинного осаду. Для експерименту використано водний

розчин етиленгліколю у співвідношенні 1 : 1 в якому розчиняли калій йодид до 20 мас.%. Залежність швидкості розчинення CdTe та Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te від концентрації нітратної кислоти показала, що швидкість травлення знаходиться в межах від 0,3 до 1,5 мкм/хв. Поліруючими властивостями володіють травильні суміші, що містять близько 10 об.% нітратної кислоти (рис. 1).

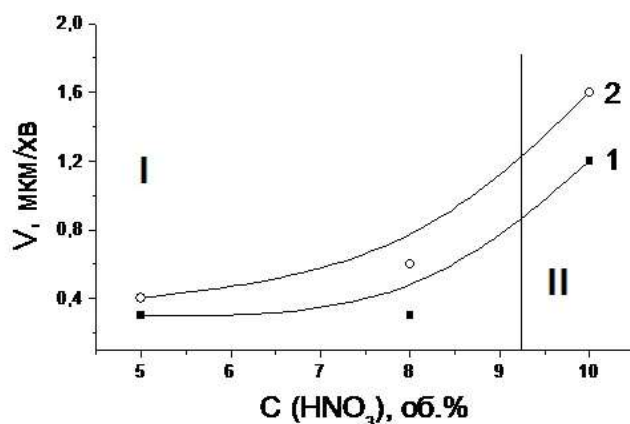


Рис. 1. Залежність швидкості розчинення CdTe (1) та Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te (2) від концентрації нітратної кислоти в 50%-му етиленгліколі, що містить 20 мас.% калій йодиду з позначенням не поліруючих (I) та поліруючих (II) областей

Із зростанням концентрації нітратної кислоти підвищується швидкість розчинення напівпровідникового матеріалу та покращується якість поверхні. Однак надлишок нітратної кислоти призводить до двофазності розчину. У всіх випадках швидкість розчинення Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te вища, ніж для кадмій телуриду, що можна пояснити більш щільною упаковкою кристалічної решітки в останньому.

Особлива увага приділялася міжопераційній обробці поверхні напівпровідника для нейтралізації активних компонентів травильного розчину. Було запропоновано промивати протравлені зразки у 0,2М розчині натрій тіосульфату та великій кількості води.

Отримані результати можуть бути використані для подальшої оптимізації травильних сумішей та процесів обробки напівпровідників CdTe та Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te.

1. Hvozdiyevskiy Ye.Ye., Denysyuk R. O., Tomashyk V. M., Malanych G.P, Tomashyk Z. F. Interaction of HNO₃ – HI – citric acid aqueous solutions with CdTe, Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te, Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te and Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te semiconductors. *Functional Materials*. 2018. V. 25 (3). P. 471-476.

2. Денисюк Р., Томашик В., Камінський О., Шелюк І., Писаренко С., Марценюк О. Хімічне травлення монокристалів CdTe, Zn_xCd_{1-x}Te та Cd_xHg_{1-x}Te розчинами HNO₃ – KI – диметилформамід. *Український журнал природничих наук*. 2023. Вип. 3. С. 155-166.

ВПЛИВ ІОНІВ La(III) НА АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ Ni-Co ФЕРИТІВ: ВИДАЛЕННЯ БАРВНИКА КОНГО ЧЕРВОНОГО ТА АНТИБІОТИКА ОКСИТЕТРАЦИКЛІНУ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Старко Ірина Юріївна,

аспірант IV року навчання, starkoiryna93@gmail.com

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

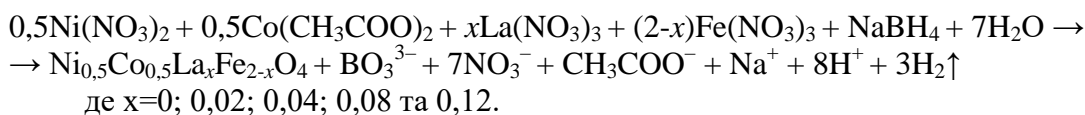
Татарчук Тетяна Романівна,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, директор навчально-наукового центру хімічного матеріалознавства та нанотехнологій, tatarchuk.tetyana@gmail.com

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

Важливою проблемою сьогодення є забруднення стічних вод. З усіх забруднювачів, що містяться в стічних водоймах, барвники та антибіотики є найбільш небажаними, оскільки спричиняють серйозні проблеми для навколишнього середовища [1,2]. Магнітні ферити зі структурою шпінелі знайшли широке використання для очищення води, як адсорбенти та каталізатори [3]. Тому метою даного дослідження було синтезувати Ni-Co ферити доповані іонами La³⁺ вдосконаленим методом відновного співосадження та дослідити адсорбційні властивості отриманих наноферитів в процесах видалення барвника Конго Червоного та антибіотика окситетрацикліну з водного розчину.

Синтез наноферитів складу Ni_{0,5}Co_{0,5}La_xFe_{2-x}O₄ (де x=0; 0,02; 0,04; 0,08; 0,12) проводився методом відновного співосадження, в якому в якості відновника використовувався 0.4 М розчин натрій боргідриду (NaBH₄). Вихідними речовинами для синтезу феритів були нікель нітрат гексагідрат (Ni(NO₃)₂·6H₂O), кобальт ацетат тетрагідрат (Co(CH₃COO)₂·4H₂O), лантан нітрат наонагідрат (La(NO₃)₃·9H₂O) і ферум нітрат наонагідрат (Fe(NO₃)₃·9H₂O). Рівняння для синтезу нікель-кобальтових феритів, легованих іонами La(III), можна записати так:



Структурні та морфологічні властивості синтезованих феритів охарактеризовано за допомогою X-променевого дифракційного аналізу, скануючої електронної мікроскопії (SEM), інфра-червоної спектроскопії, методу адсорбції/десорбції азоту (БЕТ), визначення точки нульового заряду (pH_{ТНЗ}). Дослідження адсорбційних властивостей феритів проводилися при різних концентраціях органічних поліютантів (Конго червоного, окситетрацикліну) і порівнювалися на основі визначення адсорбційної ємності зразків. Концентрації поліютантів в розчині аналізувалися спектрофотометричним методом.

X-променевий аналіз досліджуваних зразків підтвердив утворення структури кубічної шпінелі з просторовою групою Fd3m. Збільшення кількості іонів La(III) призводить до зменшення розмірів кристалітів феритів з 14 до 5 нм. З даних ІЧ аналізу спостерігалися коливальні смуги при ~400 см⁻¹ і ~580 см⁻¹, які характерні для шпінельних структур. SEM фотографії показали, що всі частинки мають сферичну форму та агломеровані. Розмір агломератів зменшується з 1,58 до 1,21 мкм зі збільшенням кількості La. Ізотерми адсорбції/десорбції N₂, отримані на всіх досліджуваних феритах, належать до IV типу, що характерно для мезопорситих матеріалів. Площа питомої поверхні для Ni_{0,5}Co_{0,5}Fe₂O₄ становить S_{БЕТ} = 83 м²/г, а введення іонів La призводить до збільшення питомої поверхні, яка є найбільшою для зразка Ni_{0,5}Co_{0,5}La_{0,08}Fe_{1,92}O₄ (S_{БЕТ} = 151 м²/г). Найвище значення поверхні мезопор становить 104 м²/г для зразка Ni_{0,5}Co_{0,5}La_{0,04}Fe_{1,96}O₄. При збільшенні концентрації іонів La(III) радіус пор зменшувався з 14,7 до 5,3 нм.

Введення іонів La(III) вплинуло на величину заряду поверхні адсорбентів, зумовлюючи

її зростання із 7.61 (для $\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$) до 8.25 (для $\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{La}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_4$). Отже, поверхня отриманих феритів позитивно заряджена в умовах експериментів, це свідчить про те, що отримані наноферити можуть легко адсорбувати аніонні полютанти з нейтральних водних розчинів. Показано, що найкращим адсорбентом для Конго червоного є зразок $\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{La}_{0.04}\text{Fe}_{1.96}\text{O}_4$ ($q = 243$ мг/г), тоді як для окситетрацикліну – зразок $\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{La}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_4$ ($q = 396$ мг/г). Для розуміння механізму адсорбції на поверхні феритів було залучено три моделі: модель Ленгмюра, модель Фрейндліха та модель Дубініна-Радушкевича. Для обох полютантів найкраще підійшла модель Ленгмюра, що вказує на сприятливу моношарову адсорбцію Конго Червоного та окситетрацикліну на поверхні отриманих феритів. З аналізу моделі Дубініна-Радушкевича було пораховано енергію адсорбції, яка становить >20 кДж/моль для Конго Червоного та >14 кДж/моль для окситетрацикліну. Це вказує, що між адсорбентами та адсорбатами спостерігається явище хемосорбції. Отже, отримані La доповані Ni-Co ферити є перспективними адсорбентами щодо видалення барвника Конго Червоного та окситетрацикліну з водних розчинів.

1. Yaneva Z.L., Georgieva N. V. Insights into Congo Red Adsorption on Agro-Industrial Materials - Spectral, Equilibrium, Kinetic, Thermodynamic, Dynamic and Desorption Studies. A Review. International Review of Chemical Engineering. 2012. 4. P.127–146.

2. Mpelane S., Mketi N., Bingwa N., Nomngongo P.N., Synthesis of mesoporous iron oxide nanoparticles for adsorptive removal of levofloxacin from aqueous solutions: Kinetics, isotherms, thermodynamics and mechanism. Alexandria Engineering Journal. 2022. 61. P.8457–8468. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.02.014>.

3. Starko I., Tatarchuk T., Naushad M., Danyliuk N., Enhanced Activity of La-Substituted Nickel–Cobalt Ferrites in Congo Red Dye Removal and Hydrogen Peroxide Decomposition. Water, Air, and Soil Pollution. 2024. 235. P.1–18. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07329-5>.

ВПЛИВ РОЗВЕДЕННЯ ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ НА КІНЕТИКУ РОЗЧИНЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ В ЙОДВИДЛЯЮЧИХ ТРАВНИКАХ

Тетерук Іван Володимирович

здобувач II курсу магістерського рівня вищої освіти, ivanteteruk15@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович

кандидат хімічних наук, доцент denisuk@zu.edu.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович

кандидат хімічних наук, доцент laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Томашик Василь Миколайович

доктор хімічних наук, професор tomashyk@isp.kiev.ua
Інститут Фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України

Камінський Олександр Миколайович

кандидат хімічних наук, доцент alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

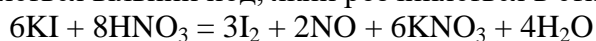
Писаренко Сніжана Василівна

доктор філософії з галузі знань «Хімічна та біоінженерія» snezhunka1107@gmail.com

Монокристалічні тверді розчини на основі CdTe, в тому числі складу $Zn_xCd_{1-x}Te$ слугують матеріалами для виготовлення сонячних елементів, детекторів рентгенівського та гамма-випромінювання, мають ряд переваг у порівнянні з аналогічними приладами, що використовують як активні елементи в кремнієвих *p*- і *n*-діодах. Якість та надійність приладів, що містять зазначені детектори залежить від якості механічної, хімічної та хіміко-механічної обробки поверхні монокристалів. З метою хімічної обробки поверхні часто використовуються галогенвмісні травильні суміші, в яких галогени у чистому вигляді розчинені в органічних розчинниках, таких як метанол та диметилформамід [2]. В якості більш активних травильних сумішей використовуються галогенвиділяючі розчини, в яких утворюються атомарні галогени, що розчиняються в органічному розчиннику, наприклад етиленгліколі [3].

У роботі досліджено вплив концентрації органічного розчинника в складі травника на кінетику хімічної взаємодії в ході хіміко-динамічної обробки поверхні монокристалічних напівпровідників складу $Zn_xCd_{1-x}Te$. В якості травильної суміші використано систему $HNO_3 - KI - C_2H_4(OH)_2$. Використано 15 мас.% розчин калій йодиду в етиленгліколі, який розводився водою, до якого додавалась 70% нітратна кислота з розрахунку 10 об.% на травник.

В ході взаємодії виділяється вільний йод, який розчиняється в етиленгліколі [1]:



Отримані травильні суміші залишали для встановлення рівноваги на дві години. Процес травлення реалізували на установці для хіміко-динамічного полірування за температури 293 К із швидкістю обертання диску 82 оберти за хвилину. Важливим є етап між операційної обробки поверхні, який полягає у нейтралізації галогену водним розчином $Na_2S_2O_3$ з концентрацією 0,2 М та промиванням великої кількості води. Швидкість травлення визначали за зменшенням товщини досліджуваного напівпровідника.

Кінетичні залежності хімічної взаємодії монокристалів $Zn_xCd_{1-x}Te$ від ступеня розведення етиленгліколю показано на рис. 1. Встановлено, що швидкість розчинення поверхні досліджуваних напівпровідників знаходиться в межах від 0,3 до 2,2 мкм/хв. Поверхня монокристалів в більшості випадків вкрита сірим нальотом, для CdTe спостерігається утворення круглих ямок травлення. Встановлено, що із збільшенням вмісту води в травильній суміші зростає швидкість взаємодії з поверхнею напівпровідника, що може бути пов'язано з кращою здатністю розчинятись продуктів взаємодії у водних розчинах, а не в органічних розчинниках. З метою полірування поверхні можуть бути використані розчини, що містять співвідношення води та етиленгліколю 1 : 1 для CdTe та $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$.

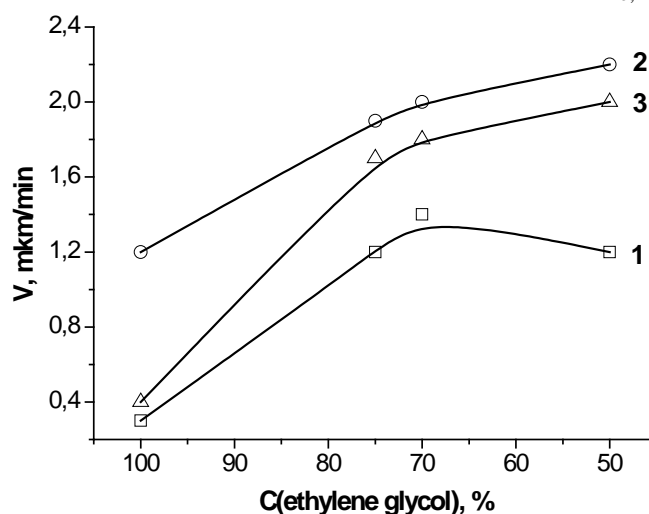


Рис. 1. Залежність швидкості хіміко-динамічного травлення ($T = 293K$, $\gamma = 82$ об/хв) CdTe (1), $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ (2) та $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ (3) від ступеня розведення етиленгліколю водою в розчинах, що містить 15 мас.% KI та 10 об.% HNO_3 .

Спостерігається залежність кінетики розчинення напівпровідників від вмісту цинку в монокристалі. Найповільніше взаємодіє чистий кадмій телурид, а при додаванні цинку в склад твердого розчину швидкість взаємодії зростає, що пов'язано із розу порядкуванням кристалічної ґратки монокристалу.

З метою полірування напівпровідників складу CdTe та $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ може бути використаний розчин, що містить 15 мас% KI, 10 об.% HNO_3 та етиленгліколь з водою в співвідношенні 1 : 1 з швидкістю полірування 0,9-1,9 мкм/хв. Після травлення поверхню необхідно промити 0,2 М водним розчином $Na_2S_2O_3$ та великою кількістю води. Розведення етиленгліколю водою призводить до збільшення швидкості травлення, що пов'язано з більшою розчинністю продуктів реакції у воді.

1. Денисюк Р., Томашик В., Камінський О., Шелюк І., Писаренко С., Марценюк О. Хімічне травлення монокристалів CdTe, $Zn_xCd_{1-x}Te$ та $Cd_xHg_{1-x}Te$ розчинами $HNO_3 - KI -$ диметилформамід. *Український журнал природничих наук*. 2023. Вип. 3. С. 155-166. <https://doi.org/10.35433/naturaljournal.3.2023.155-166>

2. Malanych, G., Tomashyk, V., Korchovyi, A., Sabov, T. Chemical interaction of the GaAs, GaSb, InAs, and InSb single crystals surface with $I_2 + DMF$ (methanol) etchants. *Applied Nanoscience (Switzerland)*, 2023, 13(10), P. 7047–7056. <https://doi.org/10.1007/s13204-023-02870-x>

3. Chayka M. V., Tomashyk Z. F., Tomashyk V. M., Malanych G. P., Korchovyi A. A. Optimization of bromine-emerging etching compositions $K_2Cr_2O_7 - HBr -$ ethylene glycol for forming a polished surface of CdTe, $Zn_xCd_{1-x}Te$ and $Cd_xHg_{1-x}Te$. *Functional Materials*. 2019. V. 26. № 1. P. 189–196. <https://doi.org/10.15407/fm26.01.189>.

ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ CdTe ТА ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ НА ЙОГО ОСНОВІ ЯК ФАКТОР, ЩО ВИЗНАЧАЄ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ

Чайка Микола Володимирович,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Басюк Владислав Олександрович,

здобувач вищої освіти I курсу магістерського рівня, bosikbasuk9@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, denisuknet@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,

асистент кафедри хімії, dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Кадмій телурид та його тверді розчини є одними з найбільш перспективних матеріалів

у сфері оптоелектроніки завдяки їх особливій хімічній структурі та унікальним фізико-хімічним властивостям. Ці матеріали широко використовуються у виробництві сонячних елементів, рентгенівських детекторів, фотодіодів та інфрачервоних сенсорів. Дослідження та врахування закономірностей хімічної будови монокристалів CdTe та твердих розчинів на його основі є важливим етапом для подальшої оптимізації їхніх властивостей і розширення сфер використання.

Монокристали CdTe мають кристалічну структуру, що належить до кубічної решітки цинкового типу (структура сфалериту) [1]. Телур і кадмій займають певні позиції в кристалічній решітці, утворюючи чітку структуру, що забезпечує високу стабільність матеріалу.

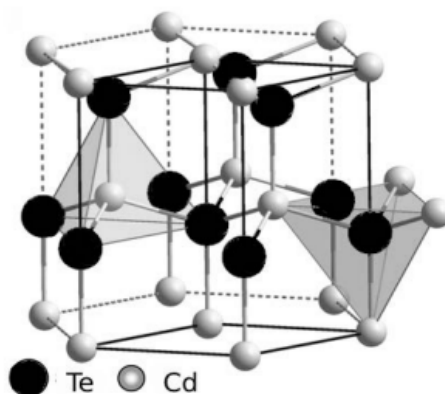


Рис. 1. Кристалічна структури типу сфалериту [1]

CdTe є вузькозонним напівпровідником із шириною забороненої зони близько 1,5 eV при кімнатній температурі, що робить його ефективним для перетворення світла в електричний струм [2].

Тверді розчини CdTe з додаванням інших елементів, наприклад Hg або Zn, дозволяють змінювати ширину забороненої зони і оптичні властивості [3-4]. Це робить їх привабливими для створення матеріалів з певними електричними та оптичними характеристиками.

Синтез твердих розчинів на основі CdTe потребує дотримання чітко визначених умов, щоб забезпечити рівномірне розподілення домішкових елементів у кристалічній решітці. Співвідношення кадмію до телуру, а також введення домішок впливають на кристалічну структуру та фізичні властивості.

Введення до кристалічної структури Hg або Zn змінює електронні та структурні властивості, що розширює спектр застосувань матеріалу [2-4]. Наприклад, додавання Zn збільшує заборонену зону, покращуючи температурну стабільність, а Hg навпаки.

Щодо взаємозв'язку між хімічною будовою та прикладними можливостями монокристалів CdTe і твердих розчинів на його основі, то сфери їх використання такі:

✓ **Фотовольтаїка:** CdTe є основним матеріалом для створення тонкоплівкових сонячних елементів завдяки своїй вузькій забороненій зоні, яка ідеально підходить для перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію. CdTe забезпечує високу ефективність перетворення і є економічно вигідним для масового виробництва.

✓ **Детектори рентгенівського та гамма-випромінювання:** Завдяки високому атомному номеру кадмію і телуру, CdTe є ефективним для поглинання високочастотного випромінювання. Це дозволяє використовувати його для створення компактних детекторів, які широко застосовуються в медицині, безпекових системах і наукових дослідженнях.

✓ **Інфрачервоні сенсори та оптоелектроніка:** Тверді розчини на основі CdTe, зокрема ZnCdTe, широко використовуються в інфрачервоних сенсорах, що дозволяє створювати прилади для тепловізійної техніки та пристроїв нічного бачення.

✓ **Напівпровідникові прилади:** Застосування CdTe у вигляді монокристалів у напівпровідниковій техніці дозволяє створювати стабільні елементи з високою електронною мобільністю та низьким рівнем шуму, що є важливим для фотодетекторів, фотодіодів і транзисторів.

Монокристали CdTe та тверді розчини на його основі є багатофункціональними матеріалами, які відкривають широкі можливості для сучасної оптоелектроніки завдяки своїй унікальній хімічній будові та електронним властивостям. Подальші дослідження щодо оптимізації структури та вивчення впливу природи твердих розчинів дозволять розширити сферу використання монокристалів CdTe і твердих розчинів на його основі та підвищити ефективність приладів на його основі.

1. A.J. Boyce, C.D. Barrie, I.M. Samson, A.E. Williams-Jones Aspects of the geochemistry of zinc – a journey to sphalerite. Current perspectives on zinc deposits / ed. by S.M. Archibald, S.J. Piercey. Dublin: Irish Association for Economic Geology, 2015. P. 17-35.

2. Capper P. Properties of Narrow Gap Cadmium-based Compounds (EMIS DATAREVIEWS SERIES) / P. Capper. London: Institution of Electrical Engineers, 1994. P. 39.

3. P. Capper, J. Garland Mercury Cadmium Telluride: Growth, Properties and Applications. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2011. 590 p.

4. Haynes W.M. CRC Handbook of Chemistry and Physics: 92nd edition / W.M. Haynes. Boca Raton: CRC Press, 2011. 2656 p.

СИНТЕЗ КРИСТАЛІЧНОГО π -КОМПЛЕКСУ КУПРУМ(I) МАЛЕАТУ

Ясько Гліб Володимирович,
здобувач середньої освіти учень 9-го класу,
ТОВ «Дніпровський ліцей Primus Inter Pares School», Україна

Осокін Євген Сергійович,
доктор філософії спеціальності 102 Хімія, вчитель біології та хімії, osokin@cf.dnu.dp.ua
ТОВ «Дніпровський ліцей Primus Inter Pares School», Україна

Іванченко Марія Валеріївна,
вчитель біології та хімії, revama86@gmail.com
ТОВ «Дніпровський ліцей Primus Inter Pares School», Україна

Особливе місце в хімії координаційних сполук займають π -комплекси купруму(I) через свої багатофункціональні можливості, зокрема, каталітичні, протиракові та бактерицидні. В літературі є відомості [1], що потужні бактерицидні властивості проявляють π -комплекси з ненасиченими карбоновими кислотами.

Але залишається відкритим питання з оптимізації кристалічного синтезу π -комплексів купруму(I) з малеїною та фумаровою кислотами з водного розчину.

Метою даної роботи був синтез π -комплексів купруму(I) малеату в кристалічному стані. В роботі були використані наступні реагенти: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ марки ч.д.а., малеїнова та аскорбінова кислоти марки ч.д.а.

На першому етапі готували розчин CuSO_4 з концентрацією $C = 0,0027$ моль/л, потім додавали малеїнову кислоту з концентрацією $0,027$ моль/л і після розчинення обох компонентів додавали аскорбінову кислоту в еквімолярній кількості по відношенню до CuSO_4 . Підбір саме таких кількостей реагентів був обумовлений тим, що при цих співвідношеннях можливе максимальне розчинення транс-аналогу малеїнової кислоти –

фумарової кислоти, з якою будуть проводитись синтетичні дослідження в майбутньому.

Після додавання аскорбінової кислоти до робочого розчину спостерігалась поступова зміна (протягом 5 хв) блакитного забарвлення на зелений, а потім жовтий, що свідчило про відновлення іонів Cu^{2+} до Cu^+ . При цьому подальше відновлення до атомарної міді не спостерігалось ні в момент експерименту, ні протягом двох тижнів після. Надалі ніяких змін не спостерігалось. І лише через тиждень на стінках посуду почали з'являтися дрібні яскраво-жовті кристали.

Зростання кристалів продовжувалось протягом місяця, після чого таке зростання припинилося. Отримана кристалічна сполука була відфільтрована. Утворені кристали мали розмір близько 1 мм.

На фотографії з мікроскопу видно (рис. 1), що утворена сполука є кристалом індивідуальної речовини (рівномірно просвічується на світлі) і, вірогідно, є π -комплексом, як це і передбачають попередні квантово-хімічні розрахунки [2].

Наразі, невідомим залишається кристалічна будова π -комплексу і яку кількість кристалічної води він містить.

Тому в подальших роботах планується проведення більш конструктивного аналізу, зокрема дериватографічні дослідження, а також проведення кристалографічного та елементного аналізу.



Рис. 1. Мікрофотографія синтезованого купрум(I) малеату

Використана література

1. Vargalyuk V. F., Polonsky V. A., Sklyar T. V., Stets N. V., Laguta O. V. Physico-chemical and bactericidal properties of copper-containing composites based on maleinate complexes Cu^+ *Journal of Chemistry & Technologies*. 2023. Vol. 31(2). P. 208–215.
2. Vargalyuk V. F., Osokin Y. S., Polonsky V. A., Glushkov V. N. Features of $(d\pi-p\pi)$ -binding of Cu(I) ions with acrylic, maleic and fumaric acids in aqueous solution *Journal of Chemistry and Technologies*. 2019. Vol. 27. P. 148–157.

СЕКЦІЯ 2:

Аналітична хімія та хімія довкілля

ПОЛІМЕР-НЕОРГАНІЧНІ КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ БЕНТОНІТУ ДЛЯ АДСОРБЦІЇ ІОНІВ ТОКСИЧНИХ МЕТАЛІВ ІЗ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Авраменко Юлія Юріївна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу, yulia03avramenko@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Кичкирук Ольга Юріївна,
кандидат хімічних наук, доцент, panova_o_yu@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

З кожним роком дедалі більше зростає інтерес до створення нових екологічно чистих сорбентів із природного бентоніту для очищення води від вмісту іонів токсичних металів, оскільки глинисті мінерали схильні до дисперсійного ефекту [1] у водних середовищах.

Адсорбційна активність бентоніту визначається особливостями його кристалічної будови, а також хімічним і мінералогічним складом. Фізична сорбція зумовлена наявністю надлишкового негативного заряду на гранях кристалів і поверхневих гідроксидних груп основної природи, здатних до іонізації, що зумовлюють малу схильність до аніонного обміну.

Модифікація природного бентоніту зазвичай призводить до зміни його структури, хімічного складу та сорбційних властивостей. Модифіковані сорбенти на основі природного бентоніту є дрібнопористими (наноструктурними) об'єктами, де переважають пори розміром 1,4-8,2 нм. Величина питомої поверхні сорбентів залежить від кількості введеного модифікуючого компонента [2]. Тож, актуальним є синтез і застосування композитів на його основі. Відомо, що бентоніт з *in situ* іммобілізованим поліаніліном проявляє гарну сорбційну здатність щодо аніонних форм Хрому, Молибдену, Вольфраму та Ванадію [3].

У роботі досліджували сорбцію іонів Купруму та Кадмію немодифікованим бентонітом та композитом на його основі, модифікованим нітрогенвмісним полімером шляхом фізичної адсорбції.

Процес синтезу композиту складався з кількох стадій: синтезу азобарвника та хлорангідриду метакрилової кислоти, одержання мономеру шляхом метакрилювання барвника, розчинення мономеру в динітрилазобісізомаляній кислоті (ДИНІЗ) з утворенням кополімеру, який наносили на поверхню бентоніту методом фізичного просочення.

Структуру поверхні модифікованого бентоніту досліджували методами термогравіметричного аналізу, маспектроскопії та скануючої електронної спектроскопії.

Дослідження сорбційних властивостей здійснювали в статичному режимі з нейтрального середовища. Сорбційну ємність оцінювали шляхом побудови ізотерм адсорбції катіонів на поверхні адсорбентів після вимірювання вмісту іонів в розчині методом полум'яної атомно-абсорбційної спектроскопії.

Встановлено, що максимальна сорбційна ємність немодифікованого бентоніту щодо катіонів Cu(II) та Cd(II) становить 0,1012 та 0,4444 ммоль/г відповідно. Модифікування поверхні бентоніту незначно покращує його сорбційну здатність по відношенню до іонів Cu(II) та Cd(II). Про це свідчать результати дослідження: максимальна сорбційна ємність на основі бентоніту з фізично закріпленим нітрогенвмісним полімером становить 0,1096 та 0,0469 ммоль/г відповідно.

1. Yuan Lin, Huaitao Qin, Jin Guo, Jiawang Chen Rheology of bentonite dispersions: Role of ionic strength and solid content. 2021. URL: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2021.106275>

2. Khamroev J. Kh., Fayzullaev N. I., Khaidarov G. Sh., Temirov F. N., Jalilov M. Kh. Texture and Sorption Characteristics of Bentonite-Based Sorbents. Annals of R.S.C.B. 2021. P. 828-849.

3. Ryabchenko K., Yanovska E., Melnyk M., Sternik D., Kichkiruk O., Tertykh V. Adsorption Properties of Bentonite with In Situ Immobilized Polyaniline Towards Anionic Forms of Cr(VI), Mo(VI), W(VI), V(V). Materials Science (Medžiagotyra). 2016. P. 249–255.

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ Ge(IV)
ПІСЛЯ МІЦЕЛЯРНОЇ ЕКСТРАКЦІЇ ЙОГО КОМПЛЕКСУ З 6,7-
ДИГІДРОКСИ-2,4-ДИФЕНІЛБЕНЗОПІРИЛІЄМ**

Барладян Дмитро Віталійович,
здобувач вищої освіти, rentinchibs@gmail.com
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Жуковецька Олена Михайлівна,
доктор філософії, старший викладач, rentinchibs@gmail.com
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Гузенко Олена Михайлівна,
кандидат хімічних наук, доцент, guzenko@onu.edu.ua
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Снігур Денис Васильович,
кандидат хімічних наук, доцент, snigur@onu.edu.ua
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

До арсеналу сучасних методів визначення Германію(IV) входять атомно-емісійна та мас-спектроскопія із індуктивно-зв'язаною плазмою, електротермічна та полумнева атомно-абсорбційна спектроскопія, зокрема з гідридною генерацією, а також різноманітні електрохімічні методи. Проте зазначимо, що найбільш поширеним, простим й достатньо чутливим методом визначення Германію(IV) є спектрофотометрія. В останньому випадку найбільш поширеними є аналітичні форми на основі комплексів із триоксифлуоронами, о-гідроксиазосполуками й подібними лігандами, а також формування та екстракція іонних асоціатів із катіонними барвниками або утворення гетерополікислот.

Дану роботу присвячено оптимізації умов міцелярно-екстракційного концентрування та подальшого спектрофотометричного визначення Германію(IV) з солями 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілбензопірилію (ДФДОХ).

Реагент синтезували шляхом конденсації еквімолярних кількостей пірогалолу А та дибензоїлметану в присутності відповідної мінеральної кислоти (для бромиду, перхлорату) або пропускаючи струм сухого хлороводню (для хлориду). Індивідуальність та чистоту підтверджували методом тонкошарової хроматографії, а структуру – методами мас-, ІЧ- та ЯМР спектроскопії. Комплексоутворення Германію(IV) з солями ДФДОХ вивчали класичними спектрофотометричними методами: молярних відношень, зсуву рівноваги та Комаря. Виявлено, що природа аніону-протийону суттєво не впливає на хіміко-аналітичні характеристики продукту взаємодії. При рН 1,5 Германій(IV) з ДФДОХ утворює комплекс складу 1:2 із молярним коефіцієнтом світлопоглинання 26000.

Оптимізовано умови утворення та екстракції в міцелярну фазу Тритону X-100 аналітичної форми Германію(IV) з ДФДОХ із 30 мл розчину: 2,5 мл 10 об.% тритону X-100; 0,5 мл 0,001М розчину ДФДОХ, а для ініціювання утворення міцелярної фази вводили 3,5 мл 0,5 М розчину бензоату амонію та 1 М розчин сульфатної кислоти до рН 1,0. Зсув оптимального рН комплексоутворення в більш кислу область обумовлено солубілізацією міцелами Тритону X-100. Для відділення міцелярної фази, що утворилася, необхідно центрифугування при 2000 обертів протягом 5 хвилин. Водну фазу видаляли декантацією, а для зменшення в'язкості міцелярної фази її розчиняли в ацетонітрилі так, щоб загальний об'єм досягав 5 мл. Градувальний графік лінійний ($R^2 = 0,996$) в інтервалі концентрації Германію(IV) 4,8 – 72,6 мкг/л.

Запропоновану методику апробовано при аналізі стандартних зразків геологічних матеріалів та встановлено, що вона вільна від систематичних похибок.

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ СПОЛУКАМИ CO₂ ТА NO₂ У М.СУМИ

Вініченко Анастасія Ігорівна

здобувач повної вищої освіти I курсу, nastya.vinichenko.03@ukr.net
Сумський державний університет, Україна

Пономарьова Людмила Миколаївна

доцент, l.ponomarova@chem.sumdu.edu.ua
Сумський державний університет, Україна

Пономарьов Олександр Миколайович

pgdsumy@meteo.gov.ua

Український гідрометеорологічний центр в м.Суми, Україна

З кожний прийдешнім роком стан атмосферного повітря стає все гіршим, а рівень речовин-забруднювачів у ньому зростає. Погіршення атмосферного повітря напряму впливає на повсякденне життя усього людства, саме тому моніторинг стану повітря є важливим для контролю та вирішення даної проблеми.

Джерелами речовин-забруднювачів можуть бути ті, що створені рукою людини, так і те що було створено природою та регулюється нею. Прикладами штучних джерел забруднювачів – це транспорт, промислові заводи та виробництва, сільське господарство. Прикладами природних джерел є пожежі у лісах та степах, виверження вулканів і розкладання живих організмів.

Для цього на законодавчому рівні був затверджений Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом створили на державному рівні системи, яка проводить моніторингові спостереження, дослідження та оцінюють вплив забруднень на навколишнє середовище. Також дана система здійснює контроль, прогнозування та інформування населення щодо забруднення навколишнього середовища забруднювачами. Крім того, Кабінет Міністрів України прийняв Постанову № 343 від 9 березня 1999 року «Про затвердження Порядку організації та здійснення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [1]. Ця постанова передбачає систему моніторингу повітря і встановлює перелік забруднюючих речовин та їх допустимі концентрації в повітрі та компонентах атмосферних опадів. У місті Суми цей моніторинг здійснює лабораторія моніторингу забруднення повітря, яка є частиною Сумського регіонального гідрометеорологічного центру. Зразки відбираються чотири рази на день у трьох точках міста. Аналізи проводяться на такі забруднюючі речовини: пил, сульфур(IV) оксид, вуглекислий газ, нітроген(IV) оксид, нітроген(II) оксид, розчинні сульфати, амоніак, формальдегід та важкі метали. Процес підготовки та аналізу виконується згідно стандарту РД 52.04.186-89 «Керівництвом з контролю забруднення атмосфери» [2].

Згідно з наданого стандарту для вимірювання рівнів цих забруднювачів використовуються наступні методи:

- Методи, що вимірюють масу частинок, які не проходять через рукавний фільтр;
- Методи, які захоплюють частинки, що знаходяться в повітрі, на плівкові хемосорбенти та вимірюють іони фотометрично;
- Електрохімічні методи з використанням газоаналізаторів;
- Турбідиметричні методи вимірювання маси;
- Методи вилучення формальдегіду з повітря розчином сірчаної кислоти та вимірювання його фотометричними методами [3].

Але в даних тезах більш детально розглянемо забруднення атмосферного повітря такими речовинами-забруднювачами, як карбон (IV) оксид та нітроген (IV) оксид і порівняємо отримані дані за 2023 з даними за попередні роки.

Для того, щоб визначити концентрацію нітроген (IV) оксиду аналіз проб атмосферного повітря проводять методом виловлювання домішки плівковим сорбентом і проводять аналіз проб

фотометричним методом, а визначення концентрацій сполук карбон (IV) оксиду проводять електрохімічним методом.

Усі отримані дані про концентрації в пробах атмосферного повітря, що були проаналізовані в 2019-2023 роках, їх гранично допустимі концентрації були занесені до таблиці 1 і візуалізовані на діаграмах (рисунок 1, 2).

Таблиця 1. Значення концентрацій NO₂ та CO₂ в повітрі у період 2019-2023 рік у м.Суми.

Речовина-забруднювач	Рік					Гранично допустимі концентрації
	2019	2020	2021	2022	2023	
NO ₂	0,064	0,07	0,075	0,072	0,078	0,04
CO ₂	2	2	2	2	1,8	3,0

Середньомісячні та середньорічні концентрація NO₂ в атмосферному повітрі у 2023 році та порівняння цих даних з даними за попередні роки, були зображені у вигляді діаграм та наведені на рисунку 1 (а, б).

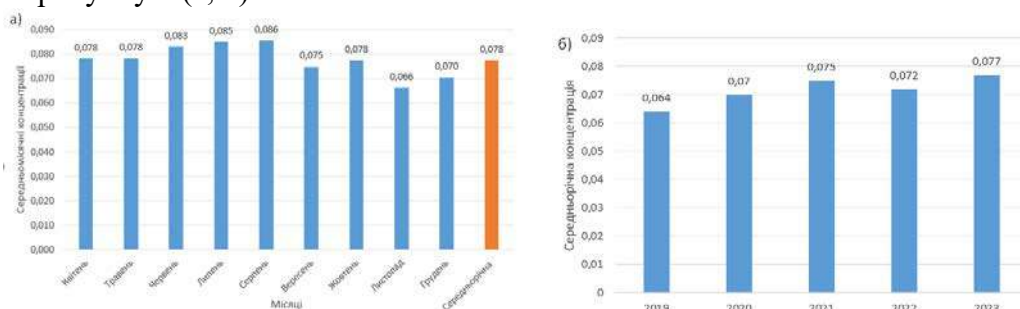


Рисунок 1. А) Середньомісячні та середньорічна концентрація у повітря м. Суми нітроген (IV) оксиду. Б) Порівняння отриманих даних з попередніми роками.

На рисунку 2 (а, б) зображені діаграми концентрацій карбон (IV) оксиду в зразках повітря за 2023 рік та порівняльна діаграма отриманих даних з попередніми роками.

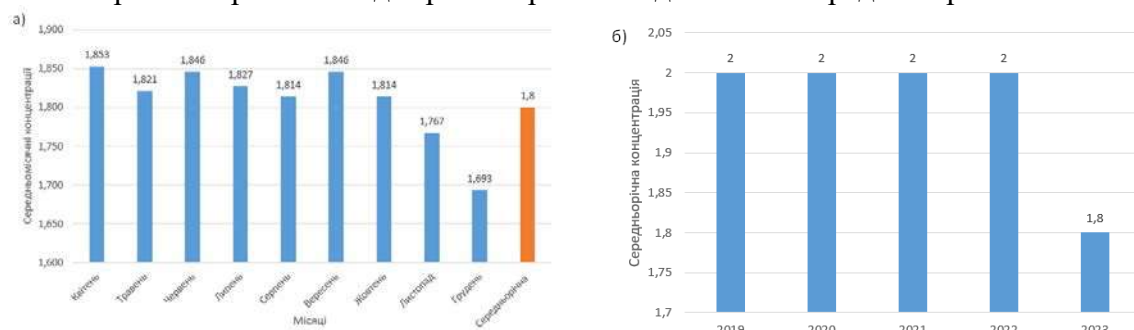


Рисунок 2. А) Середньомісячні та середньорічна концентрація у повітря м. Суми карбон (IV) оксиду. Б) Порівняння отриманих даних з попередніми роками.

З діаграм ми можемо прийти до висновку, що концентрація нітроген (IV) оксиду знаходиться поза межами норми і перевищує гранично допустиму концентрацію. З кожним наступним роком спостерігається збільшення концентрації NO₂ в повітрі. Щодо карбон (IV) оксиду, то значення концентрації даного речовини-забруднювача у повітрі міста знаходиться в межах норми і останні 5 років є стабільним.

1. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ : станом на 8 жовт. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>.

2. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова Каб. Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 : станом на 21 черв. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п#Text>.

3. РД 52.04.186-89. Керівництва з контролю забруднення атмосфери. Чинний від 1991-07-01. Вид. офіц. Москва : Держгідромет СРСР, 1991. 695 с. URL: <https://kievlast.com.ua/project/resources/attachments/aLe2hTQs.pdf>.

ДИСПЕРСІЙНА РІДИННА ЕКСТРАКЦІЯ КОМПЛЕКСІВ V(IV) ТА V(V) З 6,7-ДИГІДРОКСИ-2-ФЕНІЛ-4-МЕТИЛБЕНЗОПІРИЛІЙ БРОМІДОМ

Демчук Ангеліна Валеріївна
аспірантка III року навчання, uzymba@gmail.com
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, Україна

Снігур Денис Васильович
кандидат хімічних наук, доцент, 270892denis@gmail.com
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, Україна

Актуальним питанням сучасної аналітичної хімії є створення методик визначення форм елементів, особливо з різними значеннями ступенів окиснення (speciation analysis, речовинний аналіз). Через відмінну токсичність форм Ванадію зростає інтерес до окремого визначення форм V(V) та V(IV), оскільки V(V) у 6-10 разів є більш токсичним за V(IV) [1].

Для визначення форм V(V, IV) нами було використано 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-метилбензопірилій бромід (МФДОХ). Комплекси V(IV) та V(V) з МФДОХ інтенсивно забарвлені у помаранчевий колір та осідають навіть у достатньо низьких концентраціях, а для їх стабілізації у розчині потрібно вводити полівініловий спирт, тритон X-100 або Твін-80.

Комплексоутворення відбувається в слабокислому середовищі, а оптимальним є рН 4. Порядок додавання реагентів не впливає на спектрофотометричне визначення. Склад та константи стійкості комплексів визначали методом зсуву рівноваги. Результати наведені в таблиці. Найбільш ефективно досліджувані комплекси вилучаються за допомогою бензолу та хлороформу, але через більшу зручність останнього для роботи в подальшому використовували хлороформ. В якості дисперсійного розчинника найбільш ефективним виявляється використання метанолу при об'ємному співвідношенні суміші екстракційного та дисперсійного розчинників 3:4. При об'ємі суміші 2,5 см³ виявляється найбільш ефективне вилучення комплексу з 10 см³ вихідного водного розчину. Досліджено вплив природи та кількості донорно-активних розчинників на екстракційне вилучення комплексів V(IV) та V(V) з МФДОХ. При використанні 1 см³ (або 10%) ДМФА помічено пригнічення утворення та екстракції комплексу V(IV).

В оптимальних умовах побудовано градууювальні графіки для спектрофотометричного визначення V(IV) та V(V) з МФДОХ після дисперсійно-екстракційного концентрування. Лінійність обох градууювальних графіків зберігається в інтервалі 12-612 мкг/дм³ V(V, IV). Хіміко-аналітичні характеристики наведено в таблиці.

Таблиця 1. Хіміко-аналітичні характеристики комплексів V(IV) і V(V) з бромідом 6,7-дигідрокси-4-метил-2-фенілбензопірилію

Реагент	Метал	pH _{опт}	М:R	λ _{макс} , нм	ε·10 ⁻⁴
МФДОХ (R ₁ = C ₆ H ₅ , R ₂ = CH ₃)	V(IV)	4	1:3	525	9,24
	V(V)	4	1:3	530	10,15

Таким чином, в даній роботі досліджено комплексоутворення V(IV) та V(V) з МФДОХ, вивчено особливості їх дисперсійної рідинної екстракції та показано, що при уведенні в систему донорно-активних розчинників пригнічується екстракція комплексу V(IV) з МФДОХ.

1. Poucheret P., Verma S., Grynypas M.D., McNeill J.H. Vanadium and diabetes. *Molecular and cellular biochemistry*. 1998. Vol. 188. No. 1-2. P. 73-80. PMID: 9823013

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ $Cu(II)$ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ КРЕМНЕЗЕМНИМИ КОМПОЗИТАМИ

Корнійчук Сергій Віталійович,
здобувач вищої освіти II курсу, korniychuk332@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Кичкирук Ольга Юріївна
доцент, кандидат хімічних наук, panova_ou@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

На сьогоднішній час актуальною є проблема забруднення навколишнього середовища, зокрема водних ресурсів внаслідок людської діяльності. Одним із факторів забруднення води є потрапляння до водних ресурсів іонів важких металів таких як свинець, ртуть, цинк, мідь та інші. Важкі метали мають здібність накопичуватися в організмі людини та призводити до різноманітних проблем зі здоров'ям, тому важливе значення має очистка води від токсичних речовин, зокрема іонів Купруму, як найбільш поширеного з металів, що використовуються у промисловості. Найчастіше застосовують метод адсорбції, в якому у якості адсорбентів використовують речовини природного походження через їхню дешевизну порівняно з речовинами хімічного походження та нетоксичність щодо навколишнього середовища [1].

Силікагель — це сорбент природного походження, який є похідним кремнієвої кислоти, хімічну формулу можна описати як $SiO_2 \cdot nH_2O$ [2]. Використовується в якості сорбента як в чистому вигляді, так і його модифікації.

Таблиця. 1 Залежність сорбції металів силікагелем залежно від значення рН середовища

рН середовища	Типи металів, що сорбуються	Сорбційні властивості	Примітки
1–2	Важкі метали (Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+})	Висока сорбція	У кислому середовищі іони металів часто набувають більш стабільних форм, що полегшує їх адсорбцію на поверхні силікагелю.
3–4	Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+}	Стабільна сорбція металів	Іони металів залишаються досить стабільними, що дозволяє ефективно їх сорбувати. Однак сорбція деяких металів може знижуватися через конкуренцію з іонами H^+ .
5–6	Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+}	Максимальна сорбція для більшості металів	Нейтральне середовище є оптимальним для сорбції іонів металів, оскільки вони стабільні, а поверхня силікагелю має оптимальну електричну зарядженість для взаємодії з іонами.
7	Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+}	Висока сорбція	Силікагель має найкращу сорбційну здатність у нейтральному середовищі для широкого спектра іонів.
8–9	Ni^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+}	Зниження сорбції	Іони металів, зокрема Ni^{2+} , Cr^{3+} , можуть частково іонізуватися, що знижує їх взаємодію з силікагелем. Для деяких металів сорбція залишається достатньо високою.

10–11	Fe ³⁺ , Cr ³⁺ , Mn ²⁺ , Cu ²⁺	Сорбція металів знижується	У лужному середовищі відбувається зменшення кількості вільних іонів металів, що знижує їх сорбцію на силікагелі через осадження або утворення комплексів.
12–14	Fe ³⁺ , Cr ³⁺ , Mn ²⁺	Дуже низька сорбція	Високий рН часто призводить до утворення нерозчинних гідроксидів металів (наприклад, Fe(OH) ₃ , Cr(OH) ₃), які не сорбуються на поверхні силікагелю.

Оскільки сорбційні властивості силікагелю змінюються в залежності від значення рН середовища перевагою його використання є те що найкраще свої сорбційні властивості він проявляє в нейтральному середовищі. Це означає що даний сорбент добре підходить для очищення води від важких металів, зокрема купруму, так як вода має нейтральне середовище.

1. Yao, Z. Y., Qi, J. H., & Wang, L. H. (2010). "Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies on the Biosorption of Cu(II) onto Chestnut Shells." *Journal of Hazardous Materials*, 137-143 с.
2. Pinto, J. F. A. V. (1984). "Silica Gel: Properties, Production and Applications" 5-6 с.

ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ КАДМІЮ З РОЗЧИНІВ СУЧАСНИМИ НАНОМАТЕРІАЛАМИ

Савченко Анастасія Сергіївна,
здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти IV курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старшої науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Очистка води від забруднювачів – важливий технологічний процес. Серед промислових методів очищення води, які на сьогоднішній час існують, належать: коагуляція, фільтрація, іонообмін, анаеробна очистка, поглиблене окислення, електроліз, адсорбція та інші методи. Однак ці методи можуть створити такі проблеми, як недостатнє видалення забруднювачів, труднощі з відновленням адсорбенту та створення великої кількості відходів [1].

Наприклад, у роботі [2] синтезовано порошкоподібні адсорбенти з гілок і листя *Capparis decidua* (CDB) та *Ziziphus mauritiana* (ZML). Одержані матеріали використано для вилучення потенційно токсичних іонів Кадмію (Cd(II)) зі стічних вод. Оцінено вплив різних параметрів, таких як: маса адсорбенту, рН, температура, час контакту та вплив початкової концентрації іонів Кадмію на процес адсорбції. Встановлено, що максимальна адсорбційна здатність CDB та ZML 248,62 мг/г та 235,65 мг/г становить відповідно. Оптимальні умови адсорбції: кімнатна температура, рН = 6,0; маса адсорбенту 0,1 г; час контакту 60 хв та початкова концентрація іонів 249 мг/л відповідно. Кінетику процесу адсорбції описано

моделлю псевдодругого порядку для обох використовуваних адсорбентів. Виявлено, що дані рівноваги добре узгоджуються з ізотермою адсорбції Фрейндліха та Ленгмюра у випадку *C. decidua* та *Z. mauritiana* відповідно. Термодинамічний аналіз показав, що адсорбція Cd(II) на обох біосорбентах мала спонтанний та екзотермічний характер. Приготовані адсорбенти також продемонстрували відмінний потенціал регенерації з незначною втратою адсорбційної здатності після шести циклів.

У дослідженні [3] проведено видалення токсичних іонів Кадмію зі стічних вод за допомогою спіненого магнітного композитного біовугілля на основі твердих відходів на основі сульфоалюмінату (FMSB). Досліджено адсорбційну здатність FMSB для Cd²⁺ (ізотерми адсорбції, кінетику адсорбції та механізм адсорбції, термодинаміку адсорбції).

1. Ivanets, A., et al. Methylene blue adsorption on magnesium ferrite: Optimization study, kinetics and reusability. *Materials Today Communications*. 2022. Vol. 31. 103594. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103594>.

2. Bilal, M., Ihsanullah, I., Shah, M. Ul H., Younas, M. Enhanced removal of cadmium from water using bio-sorbents synthesized from branches and leaves of *Capparis decidua* and *Ziziphus mauritiana*. *Environmental Technology & Innovation*. 2021. Vol. 24. 101922. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101922>

3. Nie, M., Li, Y., Jia, A., et al. Cadmium removal from wastewater by foamed magnetic solid waste-based sulfoaluminate composite biochar: Preparation, performance, and mechanism. *Chemical Engineering Research and Design*. 2022. Vol. 187. P. 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.08.043>

МІЦЕЛЯРНО-ЕКСТРАКЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ТА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТАРТРАЗИНУ

Снігур Кирило Васильович,
аспірант, snigur27@icloud.com

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Гузенко Олена Михайлівна,
кандидат хімічних наук, доцент, guzenko@onu.edu.ua

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Бродарська Анна Віталіївна,
здобувач вищої освіти, anna.brodarskaya@gmail.com

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Снігур Денис Васильович,
кандидат хімічних наук, доцент, snigur@onu.edu.ua

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

На сьогоднішній день синтетичні барвники використовуються значно частіше, ніж природні, а сфера їх застосування надзвичайно широка. Синтетичні харчові барвники широко використовуються у харчовій промисловості, для створення привабливого кольору харчових продуктів. Водорозчинні синтетичні харчові барвники використовуються для фарбування напоїв, кондитерських, хлібобулочних, молочних товарів й іншої продукції. Проте, синтетичні харчові барвники можуть призводити до серйозних порушень і захворювань, а саме до нудоти, головного болю, виразки, раку легенів, анемії, а також негативно впливають на зір, шкіру та слизові оболонки.

Отже, актуальною є задача контролю за вмістом синтетичних харчових барвників в різних об'єктах. Для визначення синтетичних харчових барвників застосовують арсенал фізико-хімічних методів: спектрофотометрію, хроматографію, капілярний електрофорез та інші методи, в тому числі й електроаналітичні. Однак у переважній більшості вони передбачають роботу з токсичними органічними розчинниками і не завжди є досить ефективними, внаслідок чого знайшли застосування тільки для обмеженого кола харчових продуктів. На наш погляд зручним методом виділення визначуваного компонента може бути міцелярна екстракція, оскільки дозволяє поєднати високу ефективність процесу вилучення з спектрофотометричним детектуванням.

Мета даної роботи полягає в оптимізації умов міцелярно-екстракційного вилучення у фазу Тритону Х-100 іонних асоціатів тартразину з кПАР.

За результатами досліджень, встановлені оптимальні умови міцелярно-екстракційного вилучення Тартразину, а саме: рН 2,5-3,5; 2,5 об.% Тритону Х-100. Для формування електронейтральних іонних асоціатів в якості катіону-противоіону доцільно використовувати хлорид цетилпіридинію з концентрацією $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, при чому для стабілізації міцелярної фази необхідно вводити $2,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л саліцилової кислоти, а розшарування фаз відбувається після нагрівання системи до 90°C впродовж 30 хв.

Розраховані основні хіміко-аналітичні характеристики іонних асоціатів Тартразину з кПАР в міцелярній фазі: довжина хвилі максимального світлопоглинання складає 482 нм, а уявний молярний коефіцієнт світлопоглинання сягає 27300. Градувальний графік є лінійним в інтервалі концентрацій барвника 0,2-6,0 мкг/мл. Розраховані межі виявлення та визначення, котрі складають 0,06 та 0,2 мкг/мл відповідно.

ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОДИ РІЧКИ СЕЙМ З МЕТОЮ ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧИН ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

Якименко Дмитро Романович,
здобувач вищої освіти IV курсу
Сумський державний університет, Україна

Пономарьова Людмила Миколаївна,
доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії
Сумський державний університет, Україна

Сейм – річка в рф (в межах Белгородської і Курської областей) та в Україні, в межах Сумської області (Сумський та Конотопський райони) та Чернігівської області (Корюківський і Ніжинський райони). Ліва і найбільша притока р. Десни.

Починаючи від 15-го серпня 2024 року у засобах масової інформації та місцевих інформаційних порталах Сумської області почала з'являтися інформація щодо забруднення річки та виявлення в ній снулої риби біля кордону з рф [1]. ДЕРЖПРОДСПОЖИВСУЖБА встановила що загибель риби спричинена низьким вмістом кисню у воді та перевищенням рівня пестицидів [2]. Від 27го серпня почала з'являтися інформація, що забруднення дісталось Чернігівської області та запроваджено обмеження щодо купання і вилову риби з річки Десна [3], що свідчить про забруднення близько 250 кілометрів вздовж течії. Через свою масовість забруднення набрало масштабів екологічної катастрофи.

За для з'ясування причин забруднення 28го серпня 2024 р. було відібрано зразок води біля м. Путивль Сумської обл. Проведено комплексний аналіз проби води, отримано та опрацьовано перелік результатів, представлених у табл. 1. Серед наведених параметрів, зафіксовано перевищення вмісту йонів амонію і марганцю та перевищення показника перманганатної окислюваності згідно ДСТУ 7525:2014 [4].

Таблиця 1. Данні хімічного аналізу

Назва показника, одиниці вимірювань	Результати випробувань	Нормальне значення	Назва показника, одиниці вимірювань	Результати випробувань	Нормальне значення
рН (водневий показник), одиниці рН	7,78	6,5-8,5	Натрій, мг/дм ³	19,85	200
Електропровідність, мСм/м	65,46	Не нормується	Стронцій, мг/дм ³	0,39	2,0
Перманганатна окиснюваність, мгО/дм ³	19,4	0,75	Марганець, мг/дм ³	2,78	відсутність
Загальна лужність, ммоль/дм ³	6,9	6,5	Нікель, мг/дм ³	< 0,02	відсутність
Сумарний вміст кальцію та магнію (жорсткість), ммоль/дм ³	6,85	7	Мідь, мг/дм ³	< 0,02	відсутність
Сухий залишок, мг/дм ³	474,4	1000	Цинк, мг/дм ³	< 0,02	відсутність

Азотовмісні сполуки (нітрати), мг/дм ³	0,57	5	Алюміній, мг/дм ³	< 0,02	відсутність
Азотовмісні сполуки (іони амонію), мг/дм ³	2,66	відсутність	Берилій, мг/дм ³	< 0,02	відсутність
Хлориди, мг/дм ³	8,51	150	Бор, мг/дм ³	0,16	відсутність
Сульфати, мг/дм ³	15,84	150	Кобальт, мг/дм ³	< 0,02	відсутність
Барій, мг/дм ³	0,05	0,1	Кадмій, мг/дм ³	< 0,02	відсутність
Кальцій, мг/дм ³	88,45	130	Залізо, мг/дм ³	0,11	відсутність
Калій, мг/дм ³	11,1	20	Свинець, мг/дм ³	< 0,02	відсутність
Магній, мг/дм ³	16,9	80	Хром, мг/дм ³	< 0,02	відсутність

Значення перманганатної окислюваності дає можливість оцінити рівень забрудненості води органічними речовинами, такими як продукти розкладання рослинних залишків, пестициди та стічні води, перевищення цього показника в чотири рази свідчить про значне забруднення води органічними відходами. Також забруднення органічними відходами підтверджує підвищений вміст іонів амонію, що з'являються в процесі розчинення амоніаку що утворився в процесі розкладання органічних речовин.

Марганець хоч і відноситься до життєвонеобхідних біогенних елементів, його надлишок може бути небезпечним, оскільки він відноситься до категорії важких металів. Перевищення вмісту марганцю у понад 27 разів свідчить про значне забруднення води, що має значну загрозу для життя та здоров'я тварин і людей [5].

Річка є доволі стабільною екосистемою, що без проблем витримує незначні зміни хімічного складу від різних забруднень, проте значні зміни одного з показників можуть призводити до значних екологічних катастроф. Через це необхідно проводити регулярні моніторингові дослідження для відслідковування цих змін та оперативного реагування щодо недопущення екологічних катастроф.

З метою моніторингу ситуації планується провести ще ряд аналізів, які нададуть змогу оцінити, на скільки екосистема справляється з даним забрудненням.

1. Зафіксовано забруднення річки Сейм поблизу кордону з рф | Голос Конотопа. Голос Конотопа. URL: <https://konotop.in.ua/zafiksovano-zabrudnennya-richki-seym-poblizu-kordonu-z-rf/> (дата звернення: 08.11.2024).

2. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів - Сумщина: виявлено забруднення річки Сейм біля кордону з рф. Головна | ДЕРЖПРОДСПОЖИВСЛУЖБА. URL: <https://dpss.gov.ua/news/sumshchyna-vyavleno-zabrudnennia-richky-seim-bilia-kordonu-z-rf> (дата звернення: 08.11.2024).

3. У Десні на Київщині отруйних речовин не виявили – ОВА. Суспільне Київ. URL: <https://suspilne.media/kyiv/823709-u-desni-na-kiivsini-otrujnih-recovin-ne-viavili-ova/> (дата звернення: 08.11.2024).

4. ДСТУ 7525:2014. ВОДА ПИТНА Вимоги та методи контролювання якості. Чинний від 2014-10-23. Вид. офіц. 2014. 25 с. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672-dstu_voda_pytna.pdf (дата звернення: 08.11.2024).

5. Петринич В. В.; Петринич О. А. Марганець: токсикологічні, гігієнічні та біологічні аспекти. Клінічна та експериментальна патологія, 2017, 16, № 1: 182-184.

СЕКЦІЯ 3:

**Органічна, біоорганічна хімія та
хімія ВМС**

STABILITY OF AMINOCUBANE DERIVATIVES UNDER BUCHWALD-HARTWIG REACTION CONDITIONS

Kryvokhina Marharyta Borysivna,

6th year higher education student, mkrivokhina@gmail.com
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
Enamine Ltd., Ukraine

Gaidai Oleksandr V.,

PhD. Associate Professor (docent), sagggggas@yahoo.com
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
Enamine Ltd., Ukraine

The synthesis of the cubane system was first described by Eaton and Kole in 1964 [1] and since then the chemistry of cubane derivatives has been steadily developing, attracting considerable interest in organic and pharmaceutical chemistry. Today, cubane and its derivatives are considered to be almost ideal bioisosteres of benzene due to the similarity in geometry parameters and substituent arrangement [2,3]. This hypothesis, proposed by Eaton in the 1990s, was confirmed through the synthesis of several cubane bioisosteres of known benzene-containing drugs and a comparative study of these bioisosteres. In this study, 2 out of 5 cubane bioisosteres showed increased activity, while 2 others demonstrated equivalent activity[3]. This work catalyzed a significant increase in research of cubane system, cubane derivatives, and the possibility to synthesize cubane bioisosteres of established biologically active molecules in order to identify more affordable and effective analogs with fewer side effects.

With the growing interest in cubane derivatives, a deeper investigation into the synthetic strategies for obtaining new cubane derivatives became necessary. A particularly important area of research involves studying the stability of the cubane cage under cross-coupling reactions, the main synthetic approach that enables the preparation of a wide variety of structurally diverse derivatives. A primary challenge in cubane cage chemistry is that in the presence of palladium — the most common transition metal used in catalyzing cross-coupling reactions — the cubane molecule can undergo structural isomerization and decomposition [4]. Notably, however, no studies on the application of the Buchwald-Hartwig reaction to cubane derivatives have yet been documented in the literature.

The key starting molecules for the Buchwald-Hartwig reaction on the cubane cage are various cubane amino derivatives. Previous studies have shown the partial instability of free base cuban-1-amine and cubane-1,4-diamine [5,6]; however, the stability of other amino derivatives has not been extensively tested. In this study, several free base cubane amino derivatives (shown in Fig. 1) were prepared to investigate their potential use in the Buchwald-Hartwig reaction.

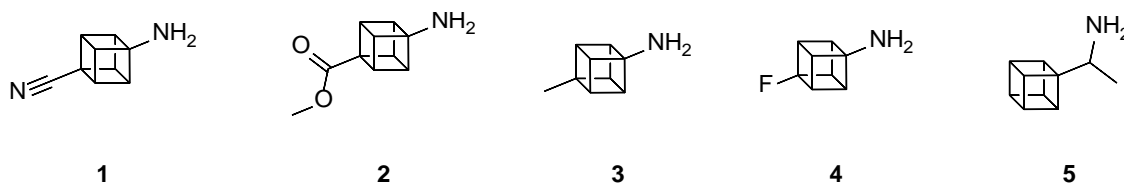


Fig. 1. Obtained cubane amino derivatives

To determine the suitability of the synthesized amines for the Buchwald-Hartwig reaction, their stability was studied under argon atmosphere both at room temperature and upon heating in dry toluene, which are classical solvent for this type of reaction. Table 1 shows the experimental data obtained with heating time and temperature and the conclusion on stability according to the results of ¹H NMR and GC/MS spectroscopy analysis.

Table 1. Cubane amino derivatives stability

Amine	Temperature, °C	Time	Stability
1	20	16 hours	Traces of 1 by ¹ H NMR
2	20	4 days	Stable for 16 hours, then gradual decomposition into several substances by ¹ H NMR with complete disappearance of substance 2 signals after 4 days
	40	4 hours	Gradual growth of decomposition impurities, faster than decomposition at room temperature
	80	1,5 hours	Traces of 2 by ¹ H NMR, decomposition products
3	20	20 hours	Traces of 3 by ¹ H NMR, decomposition products
4	20	7 days	4 by ¹ H NMR, traces of decomposition products
	40	4 hours	4 by ¹ H NMR, decomposition products increase slightly
	80	4 hours	4 by ¹ H NMR and GCMS, decomposition products increase slightly
5	20	7 days	5 by ¹ H NMR, no decomposition products
	80	3 days	5 by ¹ H NMR, no decomposition products
	100	20 h	5 by ¹ H NMR, no decomposition products

The experimental data indicate that only substances **4** and **5** exhibit sufficient stability to be used as starting materials in the Buchwald-Hartwig reaction, as this reaction typically requires a temperature range of 80–120°C.

As a result of this study, promising cubane amino derivatives for use in the Buchwald-Hartwig reaction were identified. The experimental data show that cubane derivatives in which the amino group is directly attached to the cubane framework generally exhibit significant instability when heated and, over time, at room temperature, decomposing into multiple products as observed by ¹H NMR. The structure of these decomposition products requires further investigation. It was also determined that fluoramine **4** exhibits significant stability, so it is promising to further investigate other halogen-substituted amino derivatives for stability and use in the Buchwald-Hartwig reaction.

1. Eaton, P. E., Cole, T. W. Cubane. *J. Am. Chem. Soc.* 1964. V. 85 (15). P. 3157–3158. doi: 10.1021/ja01069a041.
2. Wiesenfeldt M.P., Rossi-Ashton J.A., Perry I.B., Diesel J., Garry O.L., Bartels F., et al. General access to cubanes as benzene bioisosteres. *Nature*. 2023. V. 618. P. 513–518. doi:10.1038/s41586-023-06021-8

3. Chalmers B.A., Xing H., Houston S., Clark Ch., Ghassabian S., Kuo A., et al. Validating Eaton's hypothesis: Cubane as a benzene bioisostere. *Angew. Chem.* 2017. V. 55(11). P. 3580-3585. doi:10.1002/anie.201510675
4. Eaton P.E., Cassar L., Halpern J. Silver(I)- and palladium(II)-catalyzed isomerizations of cubane. Synthesis and characterization of cuneane. *J. Am. Chem. Soc.* 1970. V. 92(21). P. 6366–6368. doi:10.1021/ja00724a061
5. Eaton, P. E., Shankar, B. K. R., Price, G. D., Pluth, J. J., Gilbert, E. E., Alster, J., Sandus, O. Synthesis of 1,4-dinitrocubane. *The Journal of Organic Chemistry.* 1984. V. 49 (1). P. 185–186. doi: 10.1021/jo00175a044
6. Liu Y., Liang B.J.W, Modhiran N., Savage G.P., Watterson D., Williams C.M. Cubane and Cyclooctatetraene Pirfenidones – Synthesis and Biological Evaluation. *Asian Journal of Organic Chemistry.* 2023. V. 12 (8). doi:10.1002/ajoc.202300238.

ОТРИМАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОПОЛІАКРИЛАМІДНОГО ГІДРОГЕЛЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ СКЛОПАКЕТІВ

Варчук Діана Ярославівна,
магістр IV курсу, diana.varchuk.mkhtkhd.2024@lpnu.ua
Національний університет «Львівська політехніка», Україна
Варваренко Сергій Миколайович
доктор хімічних наук, професор, serhii.m.varvarenko@lpnu.ua
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

На сьогоднішній день в будівництві досить часто використовуються скляні конструкції. І зазвичай матеріали зі скла мають низьку вогнестійкість, як наслідок при надзвичайних ситуаціях цей фактор не сприяє збереженню життів. Саме тут вогнетривкий склопакет знаходить своє основне застосування. Це скляна система, що складається з одного або кількох прозорих шарів скла, рами, ущільнювачів та кріпильних матеріалів і повинна відповідати критеріям вогнестійкості. Для підвищення вогнестійкості використовують, як прошарок гідрогелі різної природи. Створення нового покоління прозорих гідрогелевих мінерально-полімерних протипожежних матеріалів з подальшим отриманням на їх основі вогнетривких скляних конструкцій, має вагоме значення, оскільки це дозволяє збільшити час на евакуацію і врятувати найцінніше – людське життя у разі виникнення пожежі.

Пропонується отримати вогнетривкий склопакет з прошарком полімерно-мінерального (гібридного) гідрогелю, який при збільшенні температури понад 100 °С перетворюється на пористу структуру, яка не дає зруйнуватись склу і утворити тріщини з наскрізними отворами (рис.1). Саме це створює теплоізоляційний ефект згідно протипожежних норм.

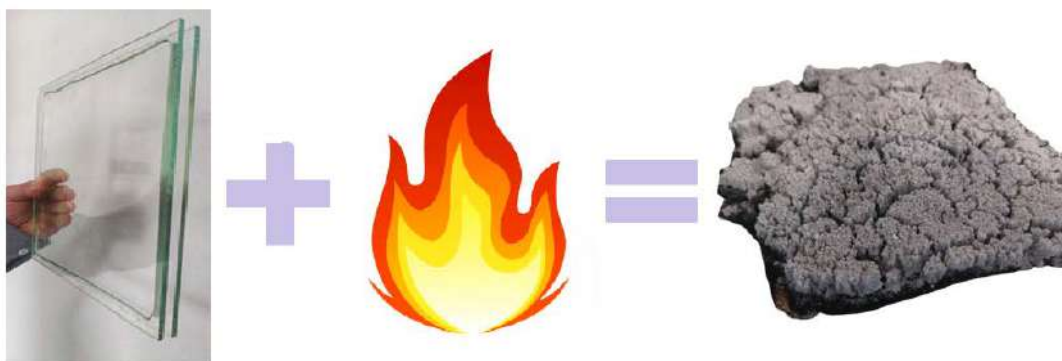


Рис.1 Схема утворення пористої структури.

Утворення гібридного гідрогелю відбувається при взаємодії полімерного гідрогелю (поліакриламідного колімеру і структуруючого агенту - полі-N-(гідроксиметил)акриламід-ко-акрилова кислота-ко-N,N-метиленбісакриламід) з неорганічним полісилікатним гідрогелем, що містить багато мінеральних компонентів.

Метою даної роботи є дослідження умов отримання полімерного гідрогелю на основі ко-акриламід-ко-акрилова кислота-ко-N,N-метиленбісакриламід для подальшого застосування, як складової частини гідрогелевої композиції у складі вогнетривких склопакетів.

Схема одержання полімерного гідрогелю наведена на рис.2 Ковалентні перехресні зв'язки сітки гідрогелю утворюються при взаємодії амідних груп ко-акриламід-ко-акрилова кислота-ко-N,N-метиленбісакриламід та метилольних груп структуруючого агенту на його основі за методом поліконденсації.

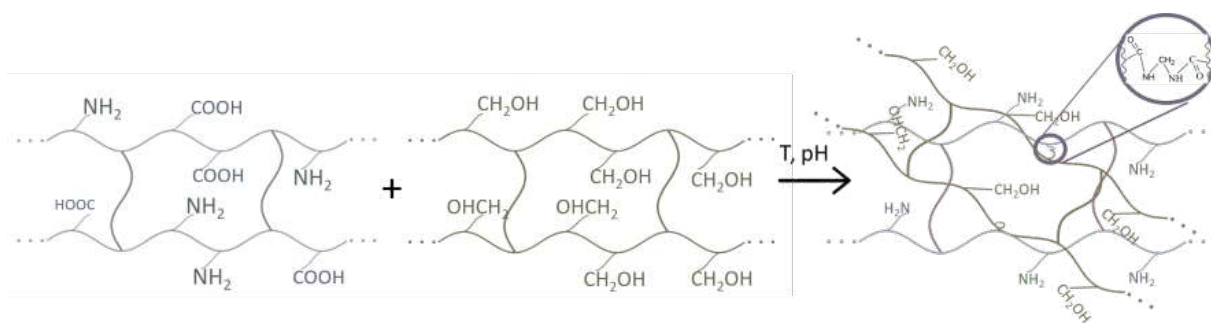


Рис.2. Схема одержання полімерного гідрогелю.

Було проведено ряд досліджень в рамках виконання повнофакторного експерименту, в якому змінними параметри були:

- співвідношення кополімер÷структуруючий агент (V) в межах від 1,25 до 3,25;
- сумарна концентрація форполімерів (K) в межах від 18 % до 22 %;
- температура (T) утворення гідрогелю в межах від 60°C до 80°C.

Отримані відгуки експерименту: світлопропускання – кількість видимого світла, яке пропускає речовина; пружність – властивість гелів відновлювати свою форму і об'єм; гель фракція – частка полімерів гелеутворювачів, що утворили перехресні зв'язки в гідрогелі; механічні властивості – максимальне навантаження на гідрогель, за якого він руйнується; ступінь набрякання – властивість гідрогелів вбирати воду.

Обробка результатів експерименту дозволила отримати адекватні регресійні залежності ряду відгуків (світлопропускання, пружність, гель фракція, механічні властивості, набрякання) від змінних параметрів (концентрація, температура, співвідношення кополімеру і структуруючого агенту). Отримані рівняння дають можливість характеризувати властивості полімерного гідрогелю. Встановлено, що світлопропускання та вміст гель фракції залежать від усіх змінних параметрів (T, K, V). Механічні властивості залежать від зміни температури і концентрації (T, K). Ступінь набрякання змінюється залежить від зміни концентрації та співвідношення кополімер÷структуруючий агент (K, V). За сукупністю отриманих даних були визначені оптимальні умови отримання полімерного гідрогелю:

- максимальне світлопропускання при T = 80 °C, K = 25 - 27 %, V = 2,4 - 2,8;
- найбільший вміст гель фракції при T = 70 °C, K = 19,5 - 20,5 %, V = 2,1 - 2,3;
- найвищі механічні властивості при T = або 60 °C або 80 °C, K = 20 %;
- максимальний ступінь набрякання при V = 1,2 , K = 18 %.

Для отримання вогнетривкого склопакету з прошарком полімерно-мінерального (гібридного) гідрогелю потрібно визначити умови його отримання з метою об'єднання властивостей мінеральної та полімерної складових. Об'єднуючи отримані результати досліджень утворення та властивостей полімерної складової, обрані наступні рекомендації для умов отримання гібридного гідрогелю, а саме T = 80 °C, K = 18 %, V = 2,5.

Подяка

Результати досліджень, наведені в цій публікації, отримані за фінансування Національним фондом досліджень України в рамках виконання проєкту 2022.01/0091 «Розробка гідрогелевої композиції для вогнетривких склопакетів та технології її виготовлення».

ФОСФОНІЄВІ СОЛІ: ОТРИМАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ

Горобей Костянтин Миколайович,
здобувач вищої освіти III курсу, grkosta30@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Листван Віталій Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, listvan@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Фосфонієві солі (і гідроксиди) $[R_4P^+]X^-$ - це сполуки з йонним зв'язком, що містять тетракоординований катіон фосфонію. [1]

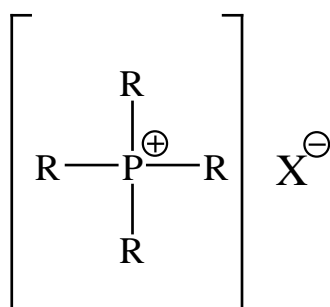
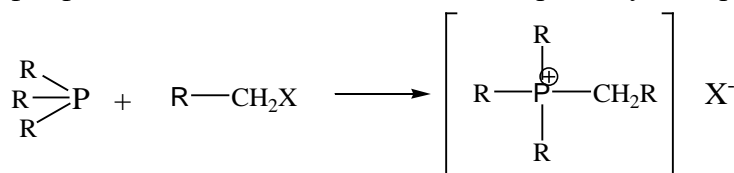


Рисунок 1 Загальна формула фосфонієвих солей [2]

Численні статті доводять, що ці сполуки є цікавими об'єктами для вивчення в різних сферах науки (хімія, фармакологія та ін.). Для синтезу фосфонієвих солей є багато різноманітних методик. Однак, одною з найрозповсюджених є взаємодія органічних галогенопохідних з фосфінами, для цього найчастіше використовують третинні фосфіни. [3]



Фосфонієві солі слугують вихідними речовинами для отримання сполук з подвійними зв'язками. Для цього використовують відому реакцію Віттіга. Реакція Віттіга дозволяє отримати алкен шляхом реакції альдегіду або кетону з ілідом, утвореним із фосфонієвої солі. Геометрія отриманого алкену залежить від реакційної здатності іліду. Якщо R є електроноакцепторною групою, тоді ілід стабілізується і не є таким реакційноздатним, як коли R є алкілом. Стабілізовані іліди дають переважно (E)-алкени, тоді як нестабілізовані іліди призводять до (Z)-алкенів. [4]

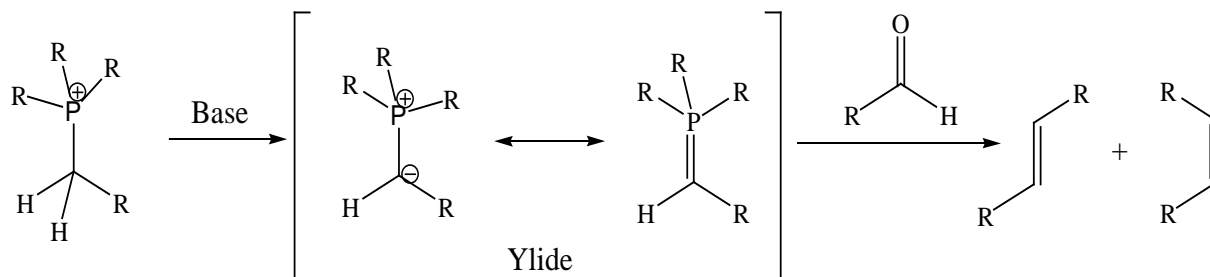


Рисунок 2 Схема реакції Віттіга

Багатьма дослідниками в сфері хімії та фармакології фосфонієвих солей було встановлено, що вони володіють потенційною протимікробною та протипухлинною

активностями.

1. Phosphonium compounds:URL: <https://doi.org/10.1351/goldbook.P04562>
2. Structure of quaternary phosphonium cation: URL: https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-quaternary-phosphonium-cation_fig3_49644174
3. Листван, В.В., Листван, В.М., Малішевська, А.В., Дейнека, С.Є. ФОСФОНІЄВІ СОЛІ ЯК ПОТЕНЦІЙНІ АНТИМІКРОБНІ ЗАСОБИ
4. <https://www.organic-chemistry.org/namedreactions/wittig-reaction.shtm>

ЕФЕКТИВНИЙ СИНТЕЗ ПОХІДНИХ 2-ГІДРОКСИНИКОТИНОВІЙ КИСЛОТИ

Горпинюк Анна Олегівна,
здобувач вищої освіти VI курсу, annagrpnk21@gmail.com
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

Дяченко Олександр Данилович,
кандидат хімічних наук, молодший науковий співробітник, diachenko.o@ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

Серед багатьох біологічно активних сполук з ароматичними фрагментами у структурі, окремої уваги заслуговують похідні нікотинної кислоти. Як представник піридинової кислоти, вона має ряд характерних хімічних властивостей, що робить її хорошим будівельним блоком для синтезу нових біологічно активних речовин. Внесення модифікацій у піридинове кільце суттєво змінює його хімічні властивості, що відкриває можливості до нових перспективних сполук на його основі [1]. Прикладом таких модифікацій є гідроксильовані похідні піридину, наприклад 2-гідроксинікотинова кислота. Присутність гідроксильної групи в орто-положенні як до атому азоту, так і до карбоксильної групи суттєво впливає на реакційну здатність сполуки.

У даній роботі було досліджено синтез 6-заміщених похідних 2-гідроксинікотинової кислоти на прикладі синтезу 6-циклобутил-2-гідрокси-1,2-дигідропіридин-3-карбонової кислоти. Дане дослідження є перспективним напрямом для розробки нових лікарських засобів, особливо для терапії захворювань, що супроводжуються порушенням обміну речовин або функцій нервової системи. Слід зауважити, що підхід, який використовується у роботі дозволяє проводити введення замісників у шосте положення з високою селективністю і виходом продукту.

Першою стадією є амінометилування 1-циклобутилетан-1-ону **1** з утворенням (2E)-1-циклобутил-3-(диметиламіно)проп-2-ен-1-ону **2**. На наступній стадії відбувається гетероциклізація з утворенням 6-циклобутил-2-оксо-1,2-дигідропіридин-3-карбонітрилу **3**, який при додаванні лугу повністю гідролізує, утворюючи цільову 6-циклобутил-2-оксо-1,2-дигідропіридин-3-карбонову кислоту **4**.

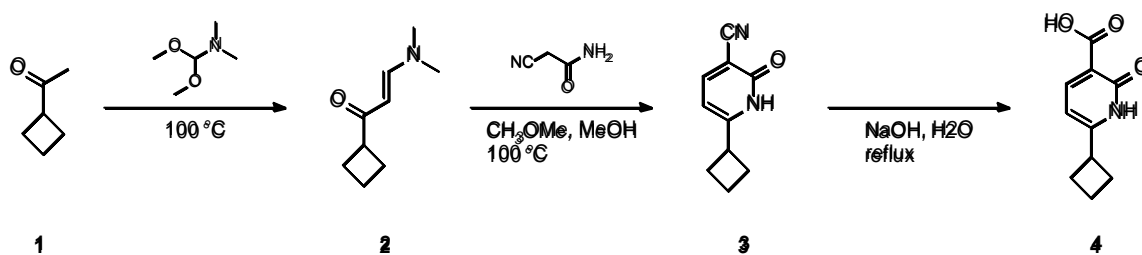


Рис 1. Схема синтезу 6-циклобутил-2-оксо-1,2-дигідропіридин-3-карбонової кислоти

1. Wenner, W., Plati, J. T. Derivatives of 2-pyridone. *The Journal of Organic Chemistry*. 1946. Vol. 11(6). P. 751–759.

СИНТЕЗ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПОХІДНИХ ПЕРХЛОРАТУ 7,8-ДИГІДРОКСИБЕНЗОПІРИЛІЮ

Дьоміна Ольга Олександрівна,
здобувачка вищої освіти, rentinchibs@gmail.com
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Щербакова Тетяна Михайлівна,
кандидат хімічних наук, доцент, odesof@ukr.net
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Снігур Денис Васильович,
кандидат хімічних наук, доцент, snigur@onu.edu.ua
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

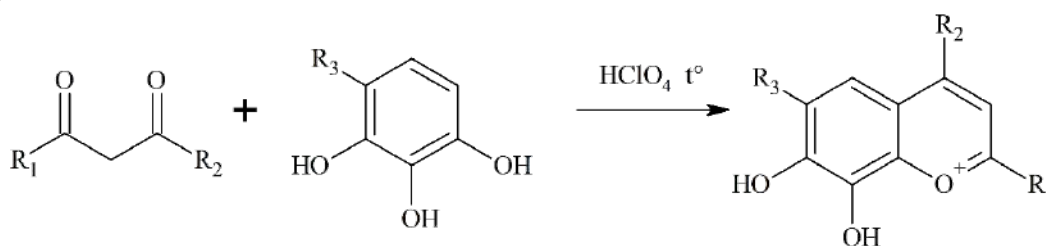
Барбалат Дмитро Олександрович,
доктор філософії, dmitriybar@ukr.net
Фармацевтична компанія «Дарниця», Україна

Винятково важлива роль у хімічному аналізі належить органічним реагентам, оскільки вони мають широкий спектр можливостей, завдяки чому застосовуються як для визначення іонів металів, так і для їх концентрування або розділення. Особливе місце органічні реагенти займають у методах молекулярної спектроскопії при створенні прямих і комбінованих методик визначення слідових кількостей аналітів після їх попереднього концентрування. Пошук нових реагентів, моделювання їх властивостей та цілеспрямований синтез із можливою подальшою модифікацією залишається важливим завданням.

На увагу заслуговують похідні перхлорату 7,8-дигідроксибензопірилію (о-діоксихроменоло – ДОХ). Відомими є ДОХ з алкільними (метильними) та арильними (феніл, гідроксифеніл) замісниками в положеннях 2 і 4, а також з карбоксигрупою в положенні 4. Серед перерахованих ДОХ для спектрофотометричного, екстракційно- і сорбційно-спектрофотометричного визначення ряду іонів металів (Ga(III), In(III), Bi(III), Mo(VI), W(VI)) знайшли застосування хлориди 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілбензопірилію та 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-карбоксилбензопірилію. Інтерес представляє створення нових реагентів на основі похідних бензопірилію з покращеними хіміко-аналітичними характеристиками.

Дану роботу присвячено синтезу та ідентифікації 6-заміщених похідних перхлорату 7,8-дигідрокси-4-метил-2-фенілбензопірилію.

Реагенти синтезували шляхом конденсації еквімолярних кількостей відповідних алкіл-похідних пірогалолу та бензоїлацетону в присутності хлорної кислоти згідно зі схемою.



Індивідуальність та чистоту підтверджували методом тонкошарової хроматографії, а структуру – методами мас-, ІЧ- та ЯМР спектроскопії. Алкілпохідні нормальної будови (C2-C8) синтезовано із виходами 60-70%.

СИНТЕЗ 4-БРОМО-7-(БРОММЕТИЛ)-ХІНОЛІНУ

Жураховський Ігор Сергійович,

здобувач вищої освіти VI курсу, mchikuilo@gmail.com

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

Бутова Катерина Дмитрівна,

кандидат хімічних наук, доцент, ebutova@yahoo.com

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

У останні роки хінолін закріпив своє місце серед важливих гетероциклічних сполук завдяки його універсальному використанню у промисловій та синтетичній органічній хімії. На сьогодні існує значна кількість наукових статей, присвячених синтезу та функціоналізації хіноліну для використання в біологічних і фармацевтичних дослідках. Тому пошук та дослідження нових структур хіноліну з ізольованими функціональними групами є актуальною проблемою, вирішення якої допоможе полегшити пошук біологічно активних речовин на його основі.

У цій роботі запропоновано синтез 4-бromo-7-(бромметил)-хіноліну, як будівельного блоку на основі хіноліну з декількома ізольованими реакційними центрами. Аналізуючи вже відомі методи [1,2] було розроблено зручний масштабуючий метод одержання 4-бromo-7-(бромметил)-хіноліну. Першим етапом є синтез 1,3-диетил 2- [(3-бромфеніл)аміно]метиліден пропанедіоату **2**, який отримують при нагріванні мета-броманіліну **1** з 1,3-диетил 2-етинілпропандіоатом без розчинника. Кип'ятіння отриманої сполуки у дифеніловому етері закриває цикл з утворенням етил 7-бром-4-гідроксихінолін-3-карбоксилату **3**, який у результаті лужного гідролізу перетворюється у 7-бром-4-гідроксихінолін-3-карбонову кислоту, що при подальшому декарбоксілюванні при кип'ятінні у дифеніловому етері дає 7-бромхінолін-4-ол **5**. Подальша дія CO з метанолом у присутності платиного каталізатору піридину призводять до карбонілювання вихідного броміду з утворенням метил 4-гідроксихінолін-7-карбоксилату **6**, який при кип'ятінні з PBr₃ заміщує -OH на -Br утворюючи 4-бромксихінолін-7-карбоксилат **7**. При подальшому відновленні літій алюміній гідридом умови були підібрані таким чином, щоб зменшити кількість побічних реакцій осмолення речовини та збільшити вихід (4-бромхінолін-7-іл)метанолу **8**. Останньою стадією є кип'ятіння утвореного спирту у оцтовому розчині гідроген броміду з утворенням цільової сполуки 4-бromo-7-(бромметил)-хіноліну **9**. Будову усіх сполук було доведено сучасними фізико-хімічними методами.

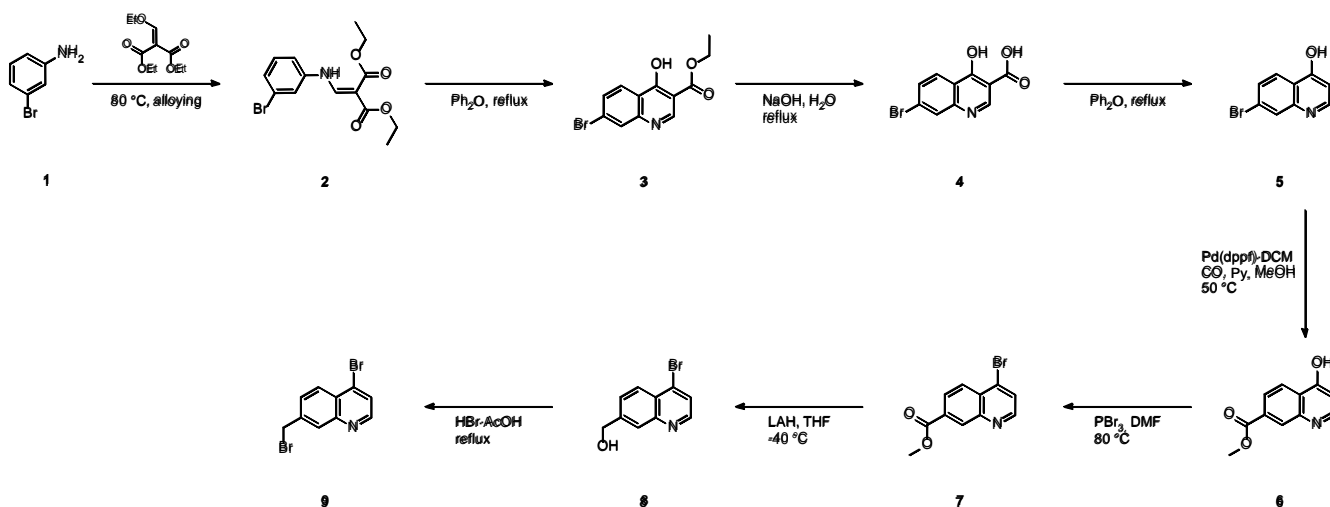


Рис 1. Схема синтезу 4-бromo-7-(бромметил)-хіноліну

1. Abdanne Weyesa; Endale Mulugeta. Recent advances in the synthesis of biologically and pharmaceutically active quinoline and its analogues. Royal Society of Chemistry, Adv., 2020, 10, 20784.
2. De, D., Krogstad, F. M., Byers, L. D., & Krogstad, D. J. Structure–Activity Relationships for Antiplasmodial Activity among 7-Substituted 4-Aminoquinolines. Journal of Medicinal Chemistry, 1998, 41(25), 4918–4926.

АЛЬГІНАТ-ХІТОЗАНОВІ КСЕРОГЕЛІ: АБСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ У МОДЕЛЬНИХ БІОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ

Капаціла Соломія Михайлівна,
аспірант I курсу, kapatsila.s@gmail.com
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Самарик Володимир Ярославович,
доктор хімічних наук, професор, vjsamaryk@gmail.com
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Альгінат натрію (АН) є природним полісахаридом, що добувають з бурих водоростей. Він не перше десятиліття приваблює дослідників у плані створення структурованих кополімерів та гідрогелів для різноманітних виробів медичного призначення, систем доставки лікарських засобів, а також проектуванні біологічно активних добавок [1]. Хітозан (Х) у свою чергу є продуктом переробки океанічних ракоподібних, зокрема креветок, з яких депротейнізують з подальшою алкалізацією хітин [2]. Відомо, що абсорбція ксерогелів (КГ) це вибіркоче поглинання молекул з рідкого середовища модельних біологічних рідин усім об'ємом твердого тіла. Здатність зшитого кополімеру абсорбувати рідину є важливою при проектуванні систем почергового захоплення-вивільнення. Імітаційна сироватка крові (ІСК) є зручним середовищем для проведення таких дослідів, адже за складом вона наближена до багатьох біологічних рідин [3].

Навіть при наявності дисоційованих карбоксильних функціональних груп у розчині альгінату натрію аміногрупи хітозану не створюють стійкі тривимірні структури, здатні до контрольованого набрякання. Для побудови стійкого ковалентного зв'язку синтез кополімеру проводять у низькоконцентрованому водному середовищі із розчиненим в неполярному розчиннику крослінкером – N,N'-дициклогексилкарбодіімідом (ДЦК). Метою цієї роботи було дослідити абсорбційні властивості альгінат-хітозанових полімерів шляхом проведення низки синтезів із наступною оцінкою взаємодії з модельними біологічними рідинами

Серію синтезів (16 дослідів) було проаналізовано на наявність кореляції між параметрами: умовами синтезу та результатами набрякання у імітаційній сироватці крові на 5 хв та 24 год. У середньому набрякання ксерогелю впродовж 5 хв при 25°C становило 8÷9 г рідини/ г КГ, а впродовж 12 год – 20÷28 г рідини/ г КГ. При критерії студента $t_{0,025}^{14} = 2,5096$ критичне значення кореляційної матриці становить $r^{0,025,14} = 0,5570$, тому вже очищена кореляційна матриця матиме вигляд як у таблиці 1.

Таблиця 1. Очищена кореляційна матриця

	Концентрація АН, моль/кг	Концентрація Х, моль/кг	Концентрація ДЦК, моль/кг	Набрякання на 5 хв у ІСК, г р-ни/г КГ	Набрякання на 12 год у ІСК, г р-ни/г КГ	Вихід реакції, %	АН/ДЦК, моль/моль	Початкова швидкість абсорбції ІСК, мл/хв	АН/Х, моль/моль
Концентрація АН, моль/кг	1								
Концентрація Х, моль/кг	0,785	1							
Концентрація ДЦК, моль/кг	0,641	0,567	1						
Набрякання на 5 хв у ІСК, г р-ни/г КГ	-0,692	-0,566	0,597	1					

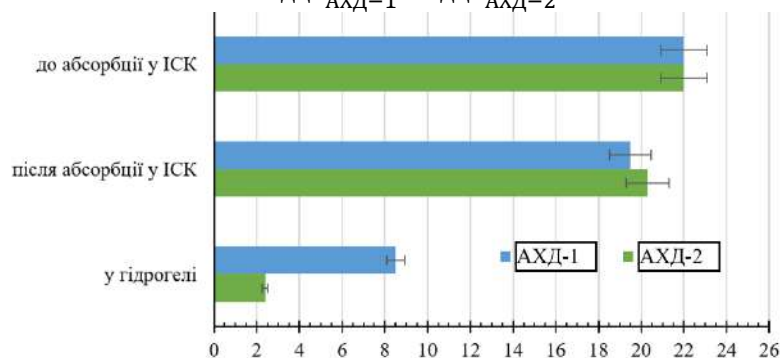
Набрякання на 12 год у ІСК, г р-ни/г КГ	0	0	0	0,769	1				
Вихід реакції, %	0	0	0	0	0	1			
АН/ДЦК, моль/моль	0,625	0	0	0	0	0	1		
Початкова швидкість абсорбції ІСК, мл/хв	-0,692	-0,566	-0,597	1	0,769	0	0	1	
АН/Х, моль/моль	0,572	0	0	0	-0,660	0	0	0	1

Між концентраціями пар речовин альгінат натрію та хітозан, альгінат натрію та ДЦК і хітозан та ДЦК існують тісний, помірний і також помірний симбатні зв'язки відповідно. Набрякання за 24 години пов'язане тісним симбатним зв'язком як із початковою швидкістю набрякання, так із власне значенням набрякання за 5 хв (що практично є тим самим значенням, лише помноженим на час). Чим вища початкова швидкість поглинання рідини (полімер більше абсорбує рідини за 5 хв), тим вищий буде показник набрякання на 24 години.

Здатність полімеру до інтенсивного поглинання рідини у перші секунди контакту є дуже бажаною властивістю. Також спостерігається цікавий помірний антибатний зв'язок між концентраціями основних компонентів та швидкістю набрякання за 5 хв. Підвищення концентрації речовин у реакційній суміші є вагомим чинником збільшення густини зшивки полімерних ланцюгів. У свою чергу це явище зменшує вірогідність утворення губчатоподібної структури з достатньою кількістю пор певного розміру для утримання рідини. Інші коефіцієнти парної кореляції є статистично незначимими.

Рисунок 1. Вміст білків у імітаційній сироватці крові після абсорбції зразками ксерогелів

АХД-1 та АХД-2 ($\frac{АН}{ДЦК_{АХД-1}} < \frac{АН}{ДЦК_{АХД-2}}$) та в гідрогелі



Дослідження абсорбції протеїнів плазми крові альгінат-хітозановими ксерогелями біуретовим методом показує, що кополімер набрякає за рахунок потрапляння в його об'єм таких низькомолекулярних сполук, як вода, первинні аміни та розчинні солі [4]. Білки, які за своєю природою є великими молекулами, переважно залишаються у розчині. Незначна кількість молекул білків залишається на поверхні ксерогелю, що може бути поясненом утриманням слабкими іонними взаємодіями між функціональними групами поверхні та протеїну.

Отже, альгінат-хітозанові ксерогелі, отримані у такий спосіб, вибірково абсорбують низькомолекулярні сполуки із імітаційної сироватки крові. Кореляційний аналіз показав, що можливо впливати на абсорбційну здатність кополімеру зміною умов синтезу. У подальшому планується проведення більш детальних досліджень щодо можливості вибіркового поглинання компонентів цільної крові, а також інших біологічних рідин з ціллю створення абсорбентів з природних матеріалів.

1. Sachan, N. K., Pushkar, S., Jha, A., & Bhattcharya, A. Sodium alginate: the wonder polymer for controlled drug delivery. Journal of Pharmacy Research. 2015. P. 1191–1199.

2. Agarwal, M., Agarwal, M. K., Shrivastav, N., Pandey, S., Gaur, P. A Simple and Effective Method for Preparation of Chitosan from Chitin. SSR Institute of International Journal of Life Sciences. 2018. Vol. 4(2). P. 1721–1728.
3. Srinivasan, A., Rajendran, N. Surface characteristics, corrosion resistance and MG63 osteoblast-like cells attachment behaviour of nano SiO₂-ZrO₂ coated 316L stainless steel. RSC Advances. 2015. Vol. 5(33). P. 26007–26016.
4. Gornall, A. G., Bardawill, C. J., David, M. M. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. Journal of Biological Chemistry. 1949. Vol. 177(2). P. 751–766.

ПСЕВДОПОЛІАМІНОКИСЛОТИ ПОЛІЕСТЕРНОГО ТИПУ НА ОСНОВІ ПОХІДНИХ ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ ТА ПОЛІЕТЕРДІОЛІВ ДЛЯ ІНКАПСУЛЯЦІЇ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК

Киричук Юлія Тарасівна,
магістр V курсу, yuliiakyrychukt@gmail.com
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Тарас Роман Степанович,
кандидат хімічних наук, докторант, roman.taras.90@gmail.com
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Хлібобулочні вироби (ХБВ), які сьогодні виготовляються в Україні, містять у своєму складі різноманітні харчові добавки: консерванти, ферментні комплекси, та інші текстуратори. Метою використання таких харчових добавок є коригування та покращення властивостей борошна, збільшення терміну придатності, задоволення споживчих властивостей, утримання собівартості готових виробів на тлі постійного зростання цін на сировину та енергоносії. Конкуренція між виробниками ХБВ також зумовлює постійний пошук нових видів поліпшувачів, та/або оптимізацію поточних методів виробництва.

Інкапсуляція харчових добавок, зокрема консервантів, є досить привабливою для виробників ХБВ, оскільки дозволяє вирішувати відразу декілька задач, зокрема, збільшення об'єму ХБВ, зменшення кількості пресованих дріжджів чи заквасок, які використовуються для замісу, збільшення терміну придатності готових виробів. Також інкапсуляція дозволяє збільшити термін придатності ферментів, та покращити їх дозування, за рахунок використання їх на носіях. Завдяки зменшенню використання дріжджів, собівартість інкапсульованих консервантів буде не суттєво вища за звичайні харчові консерванти. Найбільш поширеними методами мікро-/наноінкапсуляції є: інкапсуляція в псевдозрідженому шарі, розпилювальне сушіння, екструзійна інкапсуляція, інкапсуляція в міцели та ліпосоми, коацервація, інклюзійне комплексоутворення, іонотропне гелеутворення [1]. Дані методи інкапсуляції дозволяють отримувати частинки різного діаметру, та дозволяють коригувати товщину оболонки залежно від обраного методу [2], див. таблиця 66.

Таблиця 1. Розміри інкапсульованих частинок в залежності від методу одержання

Метод	Розмір частинок
Розпилювальне сушіння	1 мкм ÷ 100 мкм
Сублимаційне сушіння	100 нм ÷ 5 мм
Коацервація	1 мкм ÷ 5 мм
Псевдозріджений шар	10 мкм ÷ 20 нм
Екструзія	1 мм ÷ 5 мм

Лінійні псевдополіамінокіслоти поліестерного типу на основі похідних глютамінової кислоти та поліетердіолів різної молекулярної маси можуть бути перспективними полімерами для інкапсуляції. Такі поліестери можна одержати в м'яких умовах ($t = 15^{\circ}\text{C}$) за реакцією Стегліха [3-4]. Перехресно – зшиті гліцеролом псевдополіамінокіслоти поліестерного типу, було використано для абсорбції ферментного препарату BAN – 480L від компанії Novozymes на модельних зразках. При цьому проводили визначення активності ферментного препарату як в чистому вигляді так і інкапсульованого в полімерні частинки, згідно з класичною методикою [5]. На рис. 1. наведено залежність активності ферментного

препарату в од/г від кількості внесеного ферментного препарату в розрахунку на 1г полімеру.

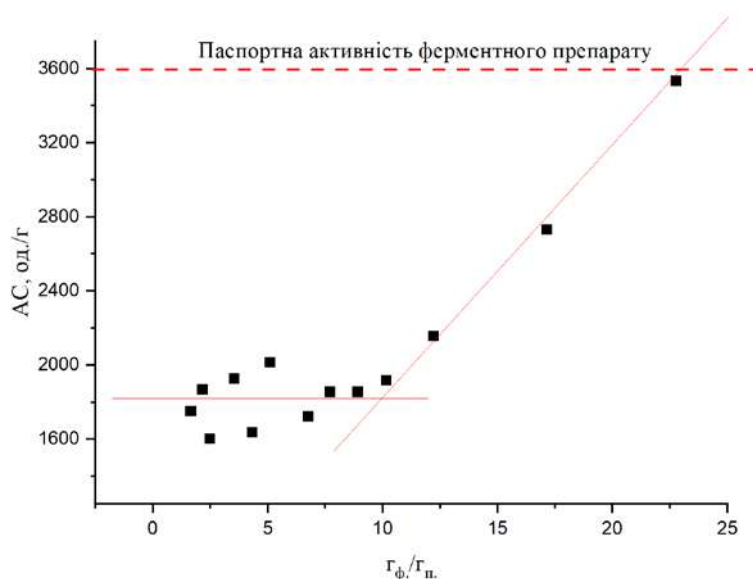


Рис.1 Залежність активності ферментного препарату від співвідношення фермент/ полімер

Паспортна ферментативна активність ферментного препарату кислоти α – амілази становить – 3600 од/г. При співвідношенні ферментного препарату до полімеру в межах від $1,7 \div 9$, активність ферментного препарату становить 1800 ± 200 од/г. При збільшенні співвідношення ферментний препарат/полімер ≥ 10 відбувається прямо пропорційне збільшення активності інкапсульованого ферменту аж до паспортного значення, яке спостерігається при співвідношенні ферментний препарат/полімер ≥ 22 . Низька ферментативна активність при співвідношенні фермент/поліестер ≤ 10 може бути пояснена інкапсуляцією ферментного препарату всередині частинок поліестеру і як наслідок сповільнення дифузійного обміну субстрат – продукти гідролізу, що призводить власне і зменшення ферментативної активності.

Таким чином псевдополіамінокислоти поліестерного типу можна використовувати для інкапсуляції біологічно – активних добавок таких як ферментні препарати. У подальшому планується провести ряд досліджень щодо інкапсуляції таких консервантів як сорбінової кислоти та сорбатів, пропіонової кислоти та пропіонатів.

1. Yakindra P. T., Md. A. H., Benu A. Encapsulation in the Food Industry: A brief Historical Overview to Recent Developments. Food and Nutrition Science, 2020, 11, p.481-508.
2. Tolve R., Bianchi F., Lomuscino E., Sportiello L., Simonato B. Current Advantages in the Application of Microencapsulation in Functional Bread Development. Foods, 2023, 12, 96.
3. Фігурка Н. В. ПОВЕРХНЕВО – АКТИВНІ ПСЕВДО-ПОЛІ(АМІНОКИСЛОТИ) на основі дикарбонівих α – амінокислот та їх колоїдно – хімічні властивості. Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук. НУ «ЛП», Львів. 2013р.
4. Варваренко С. М. Амінофункційні поліестери природніх двоосновних амінокислот і поліетердіолів. Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук. НУ «ЛП», Львів. 2014.
5. Грачева И. М., Мосичев М. С. «Лабораторный практикум по технологии ферментных препаратов. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982, с.57.

СИНТЕЗ НОВИХ ПОХІДНИХ 2,3-ДИГІДРО-1Н-ПІРОЛІЗИНУ

Лук'яненко Віктор Владиславович,
здобувач вищої освіти VI курсу, viktor.lukianenko28@gmail.com
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

Бурлачук Артур Русланович,
завідувач лабораторії, arturburlachuk@outlook.com
ТОВ «НВП «СНАМІН», Україна

Бутова Катерина Дмитрівна,
кандидат хімічних наук, доцент, ebutova@yahoo.com
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

Піролізинове кільце є важливим фрагментом багатьох природних і синтетичних сполук. Похідні піролізину здатні проявляти різноманітну біологічну активність, включаючи протипухлинну, анальгетичну, протизапальну, протималарійну, протисудомну, антибактеріальну та противірусну дії. Наприклад, мітоміцин С, протипухлинний препарат і алкілюючий агент ДНК, був успішно використаний для лікування раку товстої кишки та молочної залози, карциноми верхнього відділу стравоходу та поверхневих пухлин сечового міхура. Клазаміцин А і В, лікофелон, кеторолак є прикладами піролізинових сполук, які мають антибіотичні та протизапальні властивості [1-3]. Крім того, піролізидинові алкалоїди складають основну структуру алкалоїдів, знайдених у понад 600 рослинах[4]. Тому ці сполуки привертають значну увагу дослідників у галузі медичної хімії.

В роботі запропоновано ефективний та зручний метод синтезу 2,3-дигідро-1Н-піролізину через відновлення 2,3-дигідро-1Н-піролізин-1-ону. Першою стадією є спряжене приєднання акрилонітрилу до піролу по атому Нітрогену. Далі сполука **2** вступає в реакцію Губена-Геша, яка включає отримання іміну **3** і його гідроліз з утворенням кетону **4** [5]. Ключовою стадією є відновлення кетону **4** гідридом алюмінію з утворенням цільової сполуки **5**. Умови реакції було оптимізовано, що дозволило звести до мінімуму кількість побічних реакцій осмолення і забезпечити високий препаративний вихід цільового продукту.

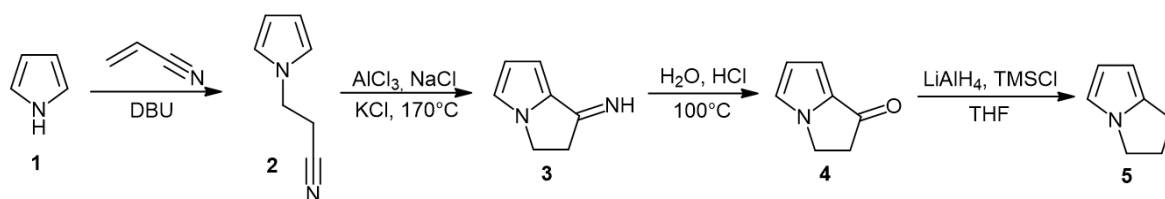


Схема 1. Синтез 2,3-дигідро-1Н-піролізину

Розроблені синтетичні підходи до отримання нових функціональних похідних 2,3-дигідро-1Н-піролізину зображені на схемі 2. 2,3-дигідро-1Н-піролізин **5** легко вступає в реакцію ацилювання трихлорацетилхлоридом з утворенням сполуки **6**. На наступній стадії в результаті лужного гідролізу була отримана 2,3-дигідро-1Н-піролізин-5-карбонова кислота **7**. Бромовання сполуки **6** N-бромсукцинімідом дає речовину **8**, подальший гідроліз якої призводить до утворення 7-бром-2,3-дигідро-1Н-піролізин-5-карбонової кислоти **9**. За допомогою метилату натрію із сполуки **6** було отримано естер **10**, який в умовах реакції Вільсмаєра-Хаака перетворюється на сполуку **11**. В результаті лужного гідролізу відповідний естер **11** перетворився в 7-форміл-2,3-дигідро-1Н-піролізин-5-карбонову кислоту **12**. Також було отримано 5-(метоксикарбоніл)-2,3-дигідро-1Н-піролізин-7-карбонову кислоту **13** через окиснення **11** за Пінніком.

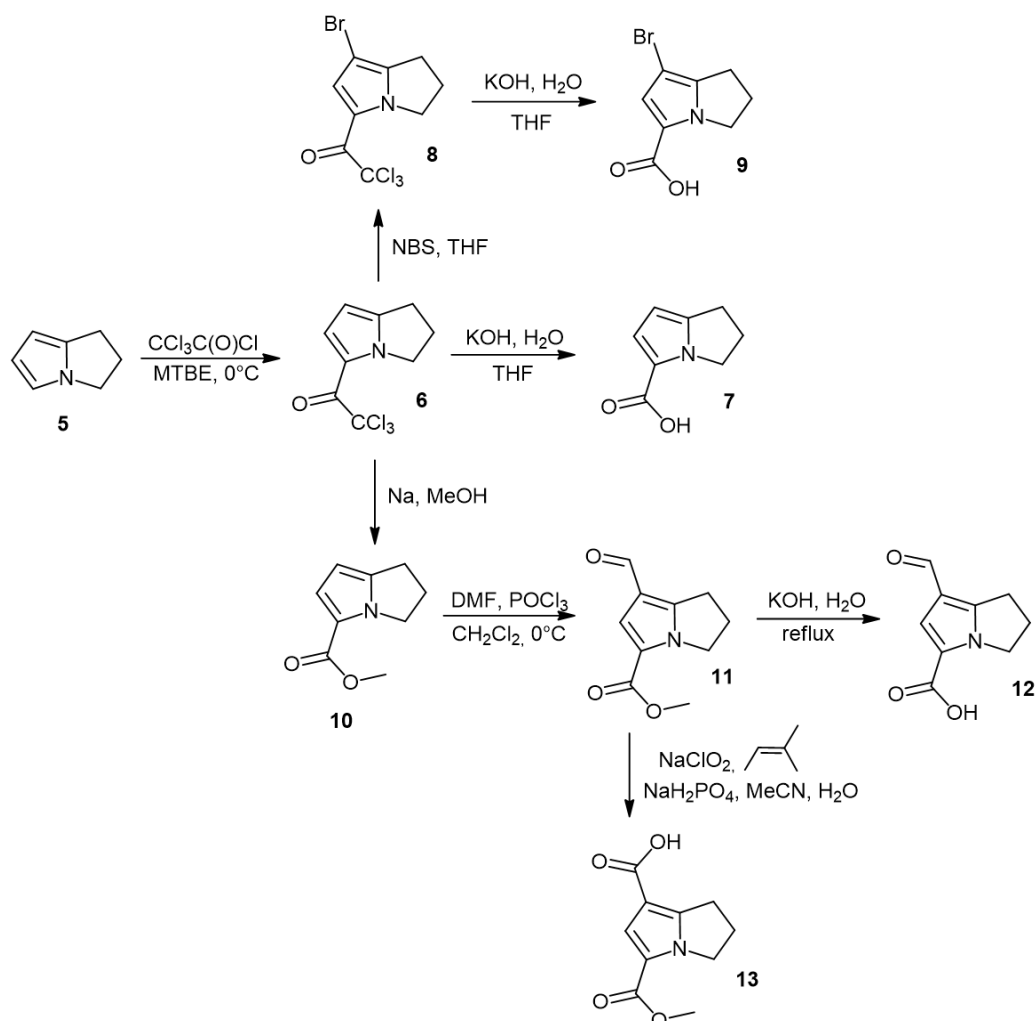


Схема 2. Синтез похідних 2,3-дигідро-1H-піролізину

- Gouda, A. M.; Abdelazeem, A. H.; Arafa, E.-S. A.; Abdellatif, K. R. Design, Synthesis and Pharmacological Evaluation of Novel Pyrrolizine Derivatives as Potential Anticancer Agents. *Bioorg. Chem.* 2014, 53, 1-7.
- Hanna, M. M.; Abdelgawad, N. M.; Ibrahim, N. A.; Mohammed, A. B. Synthesis and Antitumor Evaluation of Some Novel Pyrrolizine Derivatives. *Med. Chem. Res.* 2012, 21, 2349–2362.
- Barsoum, F. F. Synthesis and Molecular Modeling Studies of Anti-inflammatory Active 1H-pyrrolizine-5-carboxamides. *Arch. Pharm. (Weinheim)*. 2011, 344, 56–65.
- Hösch, G.; Wiedenfeld, H.; Dingermann, T.; Röder, E. A New High Performance Liquid Chromatography Method for the Simultaneous Quantitative Analysis of Pyrrolizidine Alkaloids and Their N-oxides in Plant Material. *Phytochem. Anal.* 1996, 7, 284–288.
- Braunholtz, J. T., Mallion, K. B., & Mann, F. G. (1962). 844. The structure and properties of certain polycyclic indole- and quinolino-derivatives. Part XIV. Derivatives of 2,3-dihydro-1-oxo-1H-pyrrolizine. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 4346.

ВПЛИВ СИКАТИВІВ НА СУШІННЯ АЛКІДНИХ ЕМАЛЕЙ

Ольховик Анна Володимирівна,
здобувач вищої освіти IV курсу,
Сумський державний університет, Україна

Диченко Тетяна Василівна,
старший викладач кафедри теоретичної та прикладної хімії, доцент,
Сумський державний університет, Україна

Сикативи – це хімічні речовини, які прискорюють процес висихання фарб, лаків або інших покриттів, що містять масла або олії. Вони є каталізаторами, за рахунок яких швидше твердіють покриття, утворюючи плівку. Це відбувається під час процесів окиснення та полімеризації. Зазвичай сикативи додаються до масляних фарб, щоб зменшити час висихання на поверхні і покращити якість покриття. Такими речовинами можуть бути розчинні в оліях солі важких металів, наприклад, солі кобальту або марганцю, і одноосновних кислот.

Ми досліджували як впливає різний вміст двох типів сикативів на сушіння алкідної емалі та вплив надмірного вмісту сикативу на емаль. За аналізовану речовину ми взяли емаль алкідну ПФ-266 торгової марки «Farbex», до якої додавали два сикативи: 03011 та 06001. Перший сикатив є 8%, у складі якого кальцій, кобальт, марганець, а другий сикатив – 15%. В ньому 6% кобальту та 9% марганцю.

Приготувавши розчини емалі з різними концентраціями сикативу 03011 та сикативу 06001, ми нанесли їх на скляні пластини та залишили висихати за температури 23⁰С та вологості 50%. Після 48 годин експерименту зразки з вмістом сикативу 5г не висохли і експеримент було завершено. Отримані данні занесено в таблицю (табл. 1).

Таблиця 1. Час висихання зразків в залежності від вмісту сикативу

Концентрація, г	0,1	0,4	1	2	5
Час висихання сикатив 03011, год	12,45	6,15	6	6	-
Час висихання сикатив 06011, год	11	6,10	6	5,50	-

Отже, результати даного дослідження свідчать, що наявність сикативу, його склад та кількість безпосередньо впливає на час висихання емалі. Слід зазначити, що існує граничний вміст сикативу і не можна нескінченно підвищувати його концентрацію в фарбі. Надлишок сикативу зменшує швидкість висихання емалі і вона може не висохнути. Ми також спостерігали, що емаль зі сикативом 06001 висихає швидше, ніж із сикативом 03011. На нашу думку, це можна пояснити більшою концентрацією металів у сикативі, які взаємодіють з хімічним складом даного продукту.

Нестеренко С. В. Хімічні технології одержання лакофарбових покриттів : конспект лекцій для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 2020. 84 с.

ОСНОВИ ШІФФА, ЇХ ОДЕРЖАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Поліщук Олена Андріївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, a.serediuk777@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Листван Віталій Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, listvan@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Основи Шіффа – це особливий клас органічних сполук, що утворюються в результаті реакції конденсації між первинними амінами та карбонільними сполуками (альдегідами або кетонами). Це іміни, які мають алкаліденову групу при атомі N: $R_2C=NR'$. Їхня структурна особливість – наявність азометинової групи (C=N), що дає синонім шіффовим основам – азометини. [1]

Історично реакція конденсації між первинними амінами та альдегідами або кетонами була поштовхом до одержання і вивчення нового класу сполук - азометинів. Х'юго Шіфф забезпечив фундаментальне розуміння принципів реакції та заклав основу для подальших досліджень. Реакція аніліну з бензальдегідом є класичним прикладом утворення основи Шіффа. Це конденсаційна реакція, внаслідок якої утворюється імін, який також відомий як бензиліденанілін. (Рис.1)

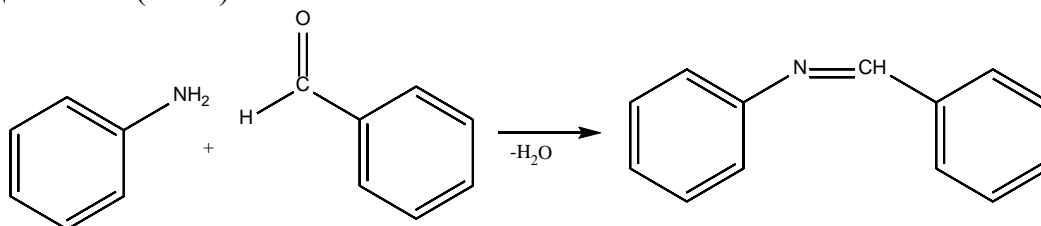


Рис. 1. Реакція взаємодії аніліну з бензальдегідом

На сьогоднішній день знайдено багато способів синтезу різних основ Шіффа, серед яких найбільш популярними є:

1. Синтез S-бензил-β-N-(4-бензилоксифеніл)метилендитіокарбазату. (Рис.2). Це реакція 4-бензилоксибензальдегіду з s-бензилдитіокарбазатом.

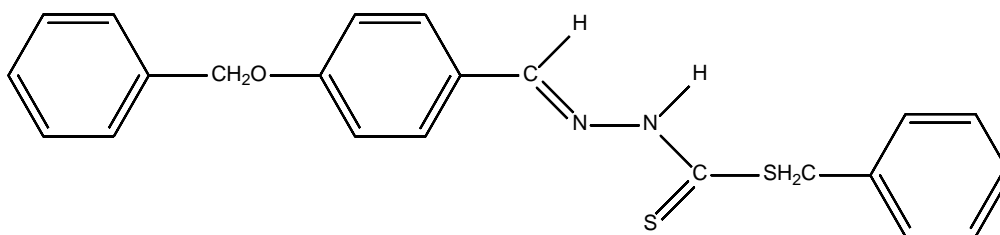


Рис.2. S-бензил-β-N-(4-бензилоксифеніл)метилендитіокарбазат

2. Синтез S-бензил-β-N-(4-гідрокси-3-нітрофеніл)метилендитіокарбазату. (Рис. 3)
Взаємодія 4-гідрокси-3-нітробензальдегіду з s-бензилдитіокарбазатом.

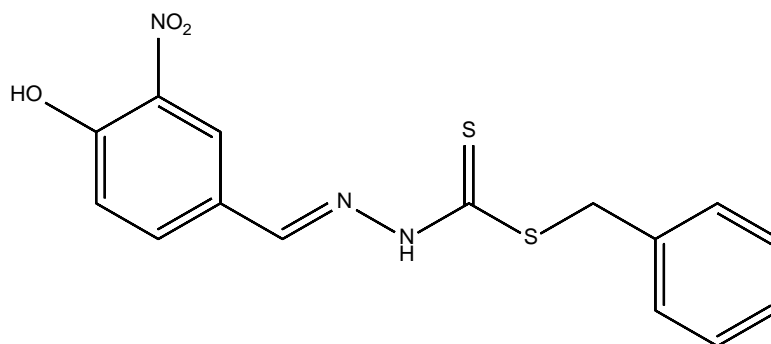


Рис.3. S-бензил-β-N-(4-гідрокси-3-нітрофеніл)метилендитіокарбазат [2]

Основи Шіффа знаходять застосування у різних галузях науки та техніки. Їх унікальні властивості – здатність утворювати комплекси з металами, різноманітність структур та висока реакційна здатність – роблять їх цінними реагентами. Одними із популярних напрямків їх застосування є:

- Каталіз: Ліганди основ Шіффа виявляють каталітичну активність у різних реакціях, включаючи реакції окислення, відновлення та перехресного сполучення. Координація іонів металів з основами Шіффа підвищує каталітичну ефективність і селективність цих процесів.
- Застосування в медичній хімії: основи Шіффа часто діють як проміжні продукти в синтезі фармацевтичних сполук. Вони забезпечують універсальну платформу для введення певних функцій і оптимізації фармакокінетичних властивостей ліків. Також основи Шіффа демонструють широкий спектр біологічної активності, включаючи антибактеріальні, протигрибкові, противірусні, протизапальні та протипухлинні властивості. Ці біоактивні характеристики роблять їх привабливими для розробки нових терапевтичних засобів.
- Виявлення сполук: Координаційні комплекси, що включають основи Шіффа, можуть діяти як сенсори, виявляючи конкретні аналіти через зміни їхніх електронних або оптичних властивостей.
- Матеріалознавство: основи Шіффа сприяють створенню металоорганічних каркасів, пористих матеріалів із різноманітним застосуванням у зберіганні газу, розділенні та каталізі.
- Моніторинг навколишнього середовища: флуоресцентні зонди на основі азометинів використовуються для моніторингу навколишнього середовища, виявлення забруднюючих речовин і оцінки якості води чи повітря на основі специфічних хімічних взаємодій.
- Захист від корозії: основи Шіффа, що характеризуються своєю різноманітною молекулярною структурою, мають здатність хелатувати іони металів, присутні на поверхні металів. Цей процес хелатування призводить до утворення захисних плівок, які ефективно запобігають взаємодії корозійних агентів з металевією підкладкою.

Потенціал застосування основ Шіффа далеко не вичерпаний. Продовжуються активні дослідження у пошуку нових біологічно активних сполук, розробці нових матеріалів з унікальними властивостями на основі їх комплексів металів, та у створенні ефективних каталізаторів для "зеленої" хімії. [3]

1. Й. Опейда, О. Швайка Глосарій термінів з хімії, видання друге, електронне. Київ. 2017. 349 с.

2. Schiff Bases: Contemporary Synthesis, Properties, and Applications. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/89503>

3. Кут М.М., Онисько М.Ю., Лендел В.Г. ДОВГОЛАНЦЮГОВІ ОСНОВИ ШИФФА НА ОСНОВІ ХІНОЛІНУ. Науковий вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія). 2019. № 2 (42)

ВПЛИВ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МЕМБРАН СФОРМОВАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОСПІНІНГУ

Радченко Олександра Ігорівна,
Здобувач вищої освіти IV курсу магістратури, azdhfkv@gmail.com
Сумський державний університет, Україна

Яновська Ганна Олександрівна,
Кандидат хімічних наук, доцент, yanovskaanna@gmail.com
Сумський державний університет, Україна

Техніка електроспінінгу відзначається простотою, універсальністю, економічністю та високою ефективністю, що робить її незамінною для промислових і біомедичних досліджень. Метод дозволяє отримувати тонкі полімерні волокна субмікронних і нанорозмірів без високих температур чи тиску, формуючи матеріали з великою питомою поверхнею і регульованими властивостями [1].

Електроспінінг використовує електростатичні сили, які витягують розчин полімеру з голки до заземленого колектора, формуючи волокна з різних матеріалів. Подача розчину через сопло під впливом електричного поля створює заряд на поверхні, утворюючи конус Тейлора; при критичній напрузі виникає заряджений струмінь, який при випаровуванні залишає волокно на колекторі [2-5].

Полімолочна кислота (PLA) — біосумісний полімер з високою міцністю і доступною вартістю. PLA синтезується з молочної кислоти, яка зазвичай отримується з відновлюваних джерел, як-от цукрова тростина чи кукурудзяний крохмаль, через полімеризацію з розкриттям кільця або поліконденсацію. Також PLA є нетоксичним та біоабсорбованим як у твердому стані, так і під час розпаду, має властивості, що сприяють регенерації тканин та вивільненню ліків, і схвалена FDA для медичних застосувань [6-7].

Робочі параметри електроспінінгу поділяють на три групи: параметри розчину, процесу та навколишнього середовища [8]. Для розчину важливими є:

- 1) Концентрація і в'язкість: підвищення концентрації збільшує в'язкість, покращуючи формування волокон, але надмірна в'язкість заважає витіканню полімерного розчину.
- 2) Провідність: збільшення провідності розчину сприяє зменшенню діаметра волокна, а додавання солей підвищує електропровідність та знижує необхідну для процесу напругу [9].
- 3) Поверхневий натяг: для початку процесу необхідне подолання поверхневого натягу розчину; оптимальний натяг сприяє утворенню волокон без дефектів, тоді як високий може призвести до утворення кульок [10].
- 4) Розчинник: леткі розчинники з низькою температурою кипіння полегшують дегідратацію волокон, але надто леткі чи важковипаровуючі розчинники можуть заважати процесу.

Параметри процесу включають:

- 1) Швидкість потоку: висока швидкість сприяє дефектам, низька — утворенню тонших волокон.
- 2) Відстань до колектора: збільшення відстані до оптимального значення зменшує діаметр волокон [11].
- 3) Напруга: оптимальна напруга є необхідною для витягування струменя з розчину; перевищення або недостатня напруга можуть спричинити утворення кульок [12].
- 4) Діаметр голки: менший діаметр забезпечує гладкість волокон [13].

Серед параметрів середовища:

- 1) Температура і вологість: висока температура знижує в'язкість, висока вологість може сприяти утворенню пористості на поверхні волокон [10].

Першим етапом процесу електроспінінгу було приготування розчинів полімолочної

кислоти (PLA) для подальшого формування мембран. PLA поступово розчиняли у хлороформі (CHL), ацетоні (АС) та диметилформаміді (DMF) у різних співвідношеннях, щоб досягти оптимальної в'язкості та поверхневого натягу розчинів (Таблиця 1).

Таблиця 1. Співвідношення полімеру, розчинників та активних компонентів в розчинах

Номер зразку	PLA	CHL	АС	DMF
1	5%	10 мл	5 мл	5 мл
2	5%	10 мл	10 мл	-
3	5%	10 мл	7 мл	3 мл
4	5%	10 мл	3 мл	7 мл
5	10%	10 мл	5 мл	5мл

Для проведення дослідження використовували установку для електроспінінгу Linari RT Advanced. Як резервуар для розчинів застосовували скляний шприц ємністю 10 мл з голкою, діаметром 1 мм. Алюмінієвий колектор був покритий операційною серветкою з нетканого матеріалу, що полегшувало відокремлення готових мембран. Електроспінінг проводили в умовах стабільної температури та вологості, тривалістю по 60 хвилин для кожного розчину з встановленими параметрами, наведеними в таблиці 2.

Таблиця 2. Параметри процесу електроспінінгу зразків на основі PLA

Номер зразку	Назва параметру			
	Подана напруга	Швидкість потоку	Відстань від голки до колектора	Швидкість обертання колектора
Зразок 1	35 кВ	20 мл/год	14 см	800 обертів/хв
Зразок 2	20 кВ	5 мл/год	14 см	800 обертів/хв
Зразок 3	15 кВ	2 мл/год	12 см	1000 обертів/хв
Зразок 4	14 кВ	2 мл/год	12 см	1000 обертів/хв
Зразок 5	35 кВ	2 мл/год	12 см	1000 обертів/хв

Морфологію поверхні та структуру отриманих волокон досліджували за допомогою скануючого електронного мікроскопа SEO-SEM Inspect S50-B, при робочій відстані 7,3 мм, з прискорювальною напругою 10 кВ та збільшенням від x500 до x25000.

Для оцінки гідрофільності мембран, було проведено вимірювання контактного кута методом сидячої краплі. Це реалізовувалося за допомогою гоніометру Data Physics OCA 15EC, серія GM-10-474 V-5.0 (Data Physics, Filderstadt, Germany). У якості рідини для вимірювання використовували краплю дистильованої води об'ємом 5 мкл. Результати вимірювань контактного кута (для зразка 5) наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Результати вимірювань контактного кута зразку 5

№	CA(L) [°]	CA(M) [°]	CA(R) [°]	Err [µm]
1	121,34	121,38	121,42	3,47
2	118,34	118,43	118,52	2,95
3	124,41	124,46	124,51	2,64

Згідно теоретичними даними, поверхня є гідрофільною, якщо контактний кут є меншим за 90°; отже, проведене дослідження показало, що отримані мембрани є гідрофобними, що

пов'язане з хімічним складом полімерних розчинів.

Висновок: На основі практичної частини було визначено оптимальні параметри електроспінінгу для отримання полімерних мембран з мінімальним діаметром волокон і без дефектів:

1) Концентрація полімеру: збільшення концентрації полімеру підвищує в'язкість розчину, що забезпечує формування волокон без дефектів. Однак надмірна в'язкість може призводити до порушення потоку.

2) Напруга: діапазон 15–35 кВ достатній для подолання поверхневого натягу й ініціації струменя, зменшуючи діаметр волокон, причому збільшення напруги сприяє зменшенню діаметра волокон.

3) Швидкість потоку розчину: оптимальне значення 2 мл/год дозволяє утворювати тонкі волокна завдяки достатньому часу для випаровування розчинника.

4) Відстань до колектора: 12–14 см забезпечує час для випаровування, знижуючи ймовірність дефектів.

5) Тип і концентрація розчинника: суміш хлороформу, ацетону та диметилформаміду дозволяє оптимізувати в'язкість і натяг для формування волокон.

Правильний вибір цих параметрів є ключовим для отримання мембран з однорідною структурою, придатних для біомедичних застосувань.

1. Matsuura T., Shirazi M. M. A. Principles of electrospinning and nanofiber membranes. *Electrospun and nanofibrous membranes*. 2023. P. 3–25. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823032-9.00016-7>.

2. Unnithan A. R., Arathyram R., Kim C. S. Chapter 3 - electrospinning of polymers for tissue engineering. *Nanotechnology applications for tissue engineering*. 2015. P. 45–55. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-32889-0.00003-0>.

3. Recent progress of the preparation and application of electrospun porous nanofibers / P. Wang et al. *Polymers*. 2023. Vol. 15, no. 4. 921. URL: <https://doi.org/10.3390/polym15040921>.

4. Doshi J., Reneker D. H. Electrospinning process and applications of electrospun fibers. *Journal of electrostatics*. Vol. 35. P. 151–160. URL: [https://doi.org/10.1016/0304-3886\(95\)00041-8](https://doi.org/10.1016/0304-3886(95)00041-8).

5. Biodegradable electrospun membranes for sustainable industrial applications / P. Hazarika et al. *ACS omega*. 2024. Vol. 9, no. 10. URL: <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c09564>.

6. Electrospun membranes of poly(lactic acid) (PLA) used as scaffold in drug delivery of extract of sedum dendroideum / L. Santos et al. *Journal of nanoscience and nanotechnology*. 2013. Vol. 13, no. 7. URL: <https://doi.org/10.1166/jnn.2013.7194>.

7. Poly(lactic acid)-based electrospun fibrous structures for biomedical applications / H. Maleki et al. *Appl. sci*. 2022. Vol. 12, no. 6. 3192. URL: <https://doi.org/10.3390/app12063192>.

8. Karakaş H. *Electrospinning of nanofibers and their applications*. Istanbul : Istanbul Technical University. 35 p.

9. Solution properties. *ElectrospinTech*. URL: <https://electrospintech.com/solution.html>.

10. Islam M. S., Chin Ang B., Andri Andriyana & Amalina Muhammad Afifi. A review on fabrication of nanofibers via electrospinning and their applications. *Discover applied sciences*. 2019. Vol. 1. 1248. URL: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1288-4>.

11. A review of the effect of processing variables on the fabrication of electrospun nanofibers for drug delivery applications / V. Pillay et al. *Journal of nanomaterials*. 2013. URL: <https://doi.org/10.1155/2013/789289>.

12. Effect of electrospinning parameters on production of polyvinyl alcohol/poly(lactic acid) nanofiber using a mutual solvent / R. Fatahian et al. *Polymers and polymer composites*. 2021. Vol. 29, no. 95. URL: <https://doi.org/10.1177/09673911211027126>.

13. Радченко О. І. Дослідження процесу електроспінінгу полімерних мембран: кваліфікаційна робота бакалавра. Суми: Сумський державний університет, 2024. 52 с.

СИНТЕЗ КАРКАСНИХ БІЦИКЛІЧНИХ НАСИЧЕНИХ АМІНІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У МЕДИЧНІЙ ХІМІЇ

Ткаченко Катерина Євгенівна,
здобувач вищої освіти VI курсу, tkachenko.k114@gmail.com
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна

Фокін Андрій Артурович,
доктор хімічних наук, професор, aaf@xtf.kpi.ua
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна

Левченко Віталіна Дмитрівна,
Завідувач лабораторії, v.levchenko@enamine.net
Enamine Ltd., Київ, Україна

Каркасні біциклічні насичені сполуки є гарним аналогом бензольних кілець у біологічно активних хімічних речовинах. Вони вирізняються своєю мінімальною токсичністю, меншою ліпофільністю та вищою метаболічною стабільністю. Конкретне розташування об'єднаних кілець може змінюватися, що призводить до багатого розмаїття біциклічних структур. Поширеними прикладами є хінуклідин, біцикло[2.2.1]гептан і норборнан.

Багато природних і синтетичних біциклічних заміщених амінів проявляють цікаву біологічну активність. Вони можуть діяти як ліки, нейромедіатори або компоненти біологічно важливих молекул.

Наразі ми досліджували синтез таких сполук – трет-бутил (5-амінобіцикло[3.2.1]оксан-1-іл)карбамат, трет-бутил (4-амінобіцикло[2.2.1]гептан-1-іл)карбамат, трет-бутил (4-амінобіцикло[2.2.2]оксан-1-іл)карбамат.

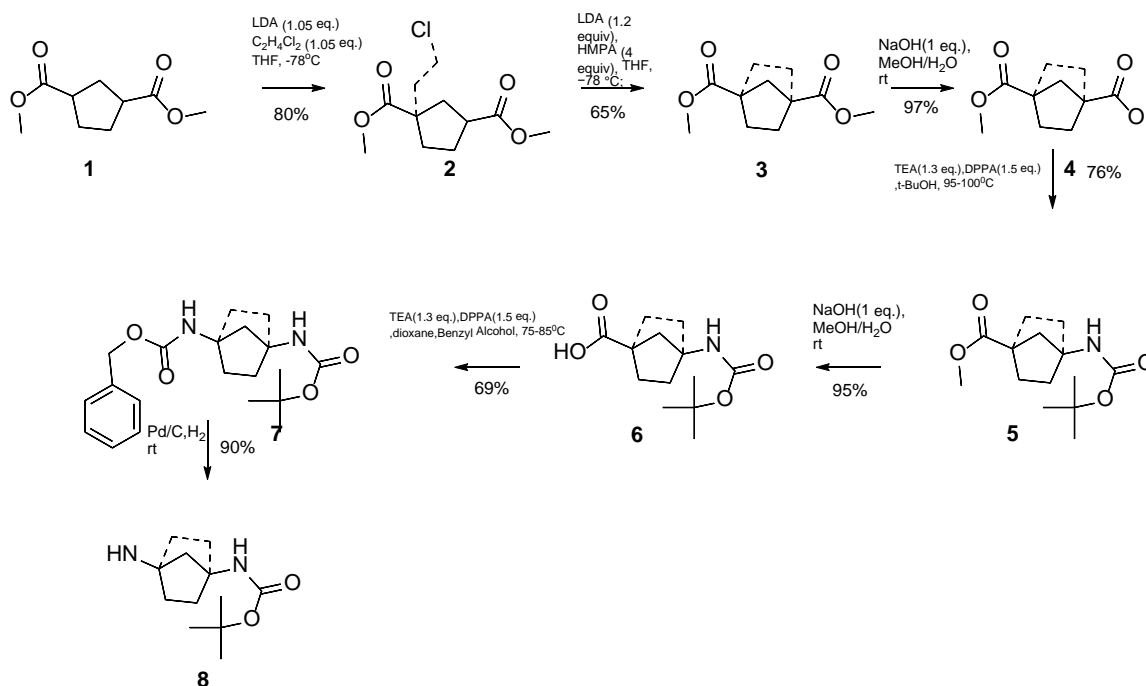


Рис. 1. Загальна схема та методика синтезу

Ключовою стадією синтезу є реакція Курціуса, через яку в нашій схемі отримується

сполука **5** та **7**.

До розчину сполуки **4** (1,0 еквівалент) у трет-бутанолі (10 еквівалентів) при кімнатній температурі додавали триетиламін (ТЕА, 3,0 еквівалент). Далі поступово додавали дифенілфосфорилазид (DPPA, 1,1 еквівалент), і суміш перемішували при кімнатній температурі протягом 1 години. Реакційну суміш потім нагрівали до 90-100°C, сприяючи перегрупуванню за Курціусом.

Під час реакції утворюється ізоціанат, який реагує з трет-бутанолом, утворюючи відповідний карбамат. Реакція контролювалася за допомогою TLC. Після завершення реакції суміш охолоджували до кімнатної температури, додавали воду для завершення реакції, та продукт екстрагували дихлорметаном (3 × 10 мл). Органічні шари висушували над безводним сульфатом натрію, фільтрували і концентрували під зниженим тиском.

Отриманий сирий продукт очищували колонковою хроматографією з використанням гексану/ацетату етилу (2:1) як елюенту, щоб отримати сполуку **5** у вигляді білого твердого продукту (вихід: 78%).

Суміш сполуки **6** (1,0 еквівалент), триетиламіну (3,0 еквівалент) та каталізаторної кількості DPPA розчиняли у бензиловому спирті (5 мл) і нагрівали до 75°C протягом 3 годин. Після завершення реакції (контроль за TLC) реакційну суміш охолоджували до кімнатної температури, розбавляли діетиловим ефіром (10 мл) та промивали водою (3 × 10 мл). Органічний шар висушували над безводним сульфатом натрію, фільтрували та концентрували під зниженим тиском. Сирий продукт очищували колонковою хроматографією (ацетат етилу/гексан 1:1), щоб отримати сполуку **7** у вигляді світло-жовтого твердого продукту (вихід: 60%).

Отримавши результати експерименту синтезу насичених каркасних біциклічних діамінів, а також дослідивши методики синтезу, було з'ясовано, що даний синтез можна масштабувати до кілограмових загрузок. І це дає змогу використовувати трет-бутил (5-амінобіцикло[3.2.1]оксан-1-іл)карбамат, трет-бутил (4-амінобіцикло[2.2.1]гептан-1-іл)карбамат, трет-бутил (4-амінобіцикло[2.2.2]оксан-1-іл)карбамат в якості біоізостеричних замісників.

1. Choo, Q. L.; Kuo, G.; Weiner, A. J.; Overby, L. R.; Bradley, D. W.; Houghton, M. *Science* 1989, 244, 359; Kuo, G.; Choo, Q. L.; Alter, H. J.; Gitnick, G. L.; Redeker, A. G.; Purcell, R. H.; Miyamura, T.; Dienstag, J. L.; Alter, M. J.; Stevens, C. E.; Tegtmeier, G. E.; Bonino, F.; Colombo, M.; Lee, W.-S.; Kuo, C.; Berger, K.; Shuster, J. R.; Overby, L. R.; Bradley, D. W.; Houghton, M. *Science* 1989, 244, 362.

2. Global surveillance and control of hepatitis C. *J. Viral Hepatol.* 1999, 6, 35.

3. Lauer, G. M.; Walker, B. D. N. *Engl. J. Med.* 2001, 345, 41.

4. Alter, M. J. *World J Gastroenterol.* 2007, 13, 2436. 5. Wong, J. B.; McQuillan, G. M.; McHutchison, J. G.; Poynard, T. *Am. J. Public Health* 2000, 90, 1562; Kim, W. R. *Hepatol.* 2002, 36, S30; El Khoury, A. C.; Klimack, W. K.; Wallace, C.; Razavi, H. J. *Viral Hepatitis* 2012, 19, 153.

СИНТЕЗ 4-ЗАМІЩЕНИХ-ПРОЛО[3.2d]ПІРИМІДИН-6-КАРБОНОВИХ КИСЛОТ

Усік Ольга Андріївна,

здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, olgausik13@gmail.com
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Пуринові основи відіграють унікальну роль в процесах життєдіяльності, тому значну роль має отримання їх структурних аналогів. Заміна атома азоту в положенні 9 пуринового кільця на атом вуглецю приводить до похідних піроло[3.2-d]піримідину, котрі мало поширені в природі, а їх синтетичні похідні недостатньо вивчені. Інтерес до даного класу сполук значно зріс після відкриття ефективних селективних інгібіторів тирозин кінази, які знайшли застосування в лікуванні деяких онкологічних захворювань[1,2]. Не зважаючи на досягнення в синтезі похідних піроло[3.2-d]піримідину, введення функціональних замісників, що містять аміно- та карбоксильної групи, необхідних для зв'язування в активному центрі ферменту, залишається складним завданням. Отже, розробка препаративних методів синтезу похідних піроло[3.2-d]піримідину є цілком актуальною проблемою молекулярного проектування, як перспективних білдинг-блок для високоефективних медичних препаратів.

У ході роботи було синтезовано 4-заміщені-піроло[3.2d]піримідин-6-карбонові-кислоти з 4-хлор-піроло[3.2d]піримідину шляхом карбоксилювання за допомогою діізопропіламід літію та подальшим заміщенням на аміносполуки. Дослідження спрямовані на розробку ряду нових речовин, як білдинг-блоків для органічного синтезу.

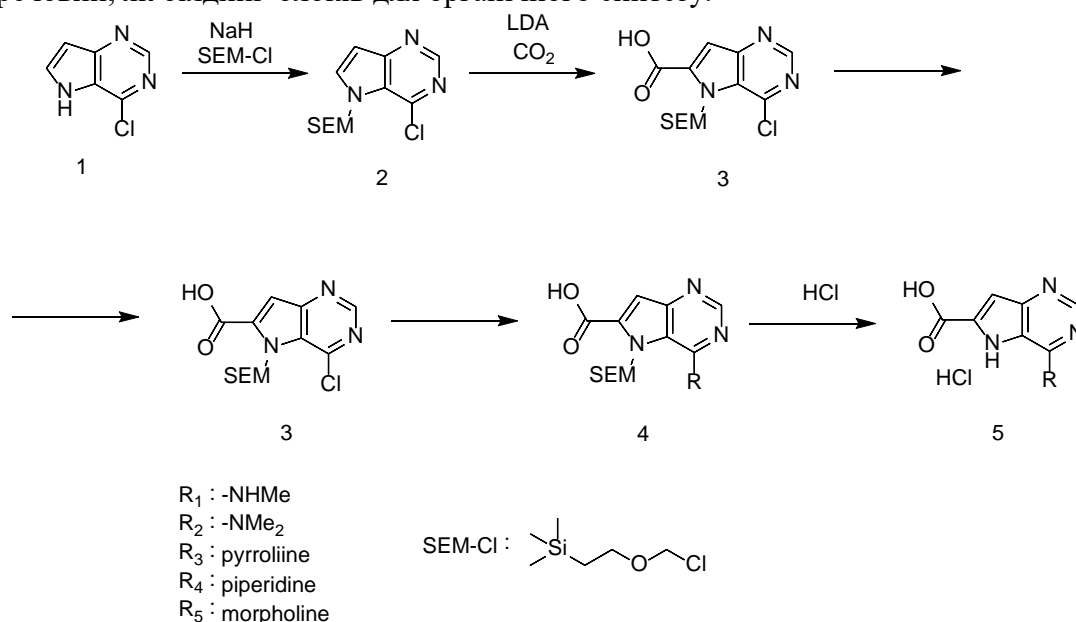


Рис.1. Схема синтезу 4-заміщених піроло[3.2d]піримідинів-6-карбонових-кислот

Отже, у даній роботі було отримано гідрохлориди 4-амінозаміщених-піроло[3.2d]піримідин-6-карбонових кислот, які можуть бути використані для подальших перетворень речовин.

1. Pargellis, C.; Tong, L.; Churchill, L.; Cirillo, P. F.; Gilmore, T.; Graham, A. G.; Grob, P. M.; Hickey, E. R.; Moss, N.; Pav, S.; Regan, J. *Nat. Struct. Biol.*, 9,268, (2002).

2. Fabian, M. A.; Biggs, W. H., III; Treiber, D. K.; Atteridge, C. E.; Azimioara, M. D.; Benedetti, M. G.; Carter, T. A.; Ciceri, P.; Edeen, P. T.; Floyd, M.; Ford, J. M.; Galvin, M.; Gerlach, J. L.; Grotzfeld, R. M.; Herrgard, S.; Insko, D. E.; Insko, M. A.; Lai, A. G.; Lélías, J.; Mehta, S. A.; Milanov, Z. V.; Velasco, A. M.; Wodicka, L. M.; Patel, H. K.; Zarrinkar, P. P.; Lockhart, D. J. *Nat. Biotech.*, 23, 329, (2005).

ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ НАНОШАРІВ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ПОВЕРХНІ ПОЛІПРОПІЛЕНУ

Цикунков Сергій Сергійович,
магістр I курсу, serhii.tsykunkov.mkhtkhd.2024@lpnu.ua
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Носова Наталія Геріанівна,
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, nataliia.h.nosova@lpnu.ua
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Особливе місце в задачі модифікації макроповерхонь займає модифікація полімерних поверхонь. Останні відносяться до матеріалів з низькою поверхневою енергією та відносно низькою реакційною здатністю. Яскравим представником таких полімерів є поліолефіни, чия поверхня є гідрофобною та нереакційноздатною, що суттєво обмежує їх використання, не дивлячись на ряд корисних фізико-механічних та хімічних експлуатаційних властивостей. Необхідність модифікації поверхні поліолефінів для покращення адгезії, фарбування, металізування, біосумісності, друку по поверхні, породила цілий ряд методів пов'язаних, головним чином, з окисленням поверхні. Ці методи включають застосування сильних неорганічних окислювачів та озонування, опромінення високоенергетичними частинками, включаючи плазму, коронарні розряди, жорсткий ультрафіолет, електронно променеву радіацію. Вказані методи, при різних ступенях їх ефективності, об'єднує складність апаратного оформлення та обмеження, які накладаються рельєфністю виробу та безпекою застосування, в тому числі з екологічної точки зору.

Відомі роботи, де описано застосування пероксидовмісних кополімерів як активаторів низькоенергетичних поверхонь (поліетилен, поліпропілен). Їх використання дозволяє за рахунок перебігу вільно-радикальних реакцій передачі ланцюга та рекомбінації здійснити ковалентне прищеплення пероксидних груп до таких полімерних поверхонь. Використання лише частини пероксидних груп вказаних кополімерів при активації полімерної поверхні дозволяє проводити подальшу модифікацію за рахунок ковалентного прищеплення наступного модифікуючого шару або ініціювання з поверхні прищепленої полімеризації мономерів.

Таблиця 2. Поверхневі характеристики поверхонь різної хімічної природи, отриманих модифікацією пероксидованої поверхні поліпропіленових підкладок.

Природа поверхні	Крайовий кут розтікання води, °	Крайовий кут розтікання дийод метану, °	Поверхнева енергія, мН/м		
			λ_s^d	λ_s^h	λ_s
Поліпропілен	101.5	55.3	31.2	0.2	31.3
Поліпропілен + пероксидвмісний кополімер (ПО)	91.0	54.1	30.8	1.6	32.4
Поліпропілен+ПО+декстран (ММ 40000)	78.6	52.3	28.0	7.0	35.0
Поліпропілен+ПО+декстран (ММ 20000)	76.3	51.6	27.7	8.4	36.1
Поліпропілен+ПО+декстран (ММ 10000)	68.8	48.7	27.5	12.4	39.9
Поліпропілен+ПО+декстран сульфат	55.6	44.9	27.4	20.8	48.2
Поліпропілен+ПО+гепарин	25.5	26.2	31.6	35.7	67.3

Метою роботи було прищепити до полімерної поверхні модифікованої шаром

поліпероксиду декстран, декстран сульфат, гепарин для надання поверхням нових властивостей. Дані поверхні можуть використовуватись у приладах пов'язаних з циркуляцією крові та при створенні інших гемосумісних виробів, антибактеріальних матеріалів та матеріалів для сепарації білків.

Прищеплення декстрану, декстран сульфату, гепарину здійснювали з водних розчинів за методиками «прищеплення до» поверхні. Встановлено, що така модифікація дозволяє здійснити прищеплення гепарину та декстран сульфату (наношари товщиною 20 нм та 100 нм, відповідно). Зміну властивостей поверхні контролювали за допомогою еліпсометричного мапінгу та за зміною її поверхневої енергії (λ_s) за вимірюванням крайових кутів розтікання води та дийодметану та розрахунком дисперсійної (λ_s^d) та водневої (λ_s^h) складових поверхневої енергії. Результати зміни поверхневих характеристик поверхонь різної хімічної природи наведені в таблиці 1. Показано, що внаслідок прищеплення: шару декструну зростає воднева складова з 1,6 до 7.0÷12.4 мН/м; шару декстрин сульфату зростає воднева складова з 1,6 до 20,8 мН/м; шару гепарину зростає воднева складова з 1,6 до 35,7 мН/м. Це свідчить про зміну властивостей з перетворенням гідрофобної поверхні в гідрофільну.

Отже можемо зробити висновок, що успішно проведена модифікація пероксидованої поверхні поліпропілену полісахаридами за методикою "прищеплення до". Модифікацію підтверджено та досліджено за допомогою визначення крайових кутів змочування двома рідинами з наступним розрахунком складових вільної поверхневої енергії та еліпсометричним мапінгом. Найбільш ефективно модифікацію згідно пропонованого методу проведено для випадку модифікації поліпропілену гепарином та декстран сульфатом.

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ АМІННОГО СКРУБЕРУ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ БІОГАЗА ДО БІОМЕТАНУ

Юрова Тетяна Анатоліївна,
старший викладач, urova.tetyana@kntu.net.ua
Херсонський національний технічний університет, Україна

Салєба Людмила Володимирівна,
кандидат технічних наук, доцент, lyudmilasaleba@gmail.com
Херсонський національний технічний університет, Україна

Канівець Ілля Сергійович,
здобувач вищої освіти, ponatnoasno8@gmail.com
Херсонський національний технічний університет, Україна

Необхідність зменшення залежності світової енергетики від викопних джерел енергії, наявність потенціалу для впровадження відновлювальних джерел енергії та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище вимагають розвитку відновлюваної енергетики у світі та Україні.

Біопаливо є одним з важливих джерел альтернативної енергії на території України. Окрім отримання альтернативної енергії, технології переробки біологічної сировини здатні вирішити проблеми екологічно безпечної утилізації органічних відходів та зниження забруднення довкілля.

До повномасштабної війни Україна мала 31 електростанцію на звалищному газі зі встановленою потужністю 32,4 МВт та 22 біогазові електростанції анаеробного зброджування встановленою потужністю 71 МВт. Наразі потенціал виробництва біогазу та біометану в Україні оцінюється в 7,8 млрд м³/рік та охоплює біометан з відходів та побічної продукції АПК (3,8 млрд м³), з силосу кукурудзи (2,7 млрд м³), а також з інших відходів тваринництва та переробної промисловості (1,3 млрд м³) [1].

Основними шляхами виробництва біогазу є рідкофазне анаеробне зброджування, утилізація звалищного газу, термічна газифікація та гідротермальна газифікація, причому процес анаеробного бродиння застосовує переважна кількість біогазових установок Європи (близько 84%).

Метод анаеробного зброджування передбачає процес розкладу сировини (або суміші сировини) з високим вмістом рідини і поживних речовин мікроорганізмами на біогаз. Близько 13% вихідної маси суміші, що переробляється в такий спосіб, перетворюється на біогаз, інші 87%, – дигестат, який використовується як біологічне добриво безпосередньо в ґрунт, або додатково модернізується для виділення фракцій з різним вмістом макроелементів (NPK) та сухих речовин [2]. Орієнтовна кількість таких відходів від роботи станції потужністю 2 МВт становить близько 200 м³ на добу.

Зазначається, що лише 30% біогазу перетворюється на біометан, не дивлячись на те що теплотворна здатність його більша ніж у біогазу та становить 36 МДж/м³. Останнім пояснюється широке використання біометану не тільки як ефективного палива у котельнях та для побутових потреб, а і для двигунів внутрішнього згорання. В той же час, висока вартість процесу збагачення біогазу до біометану та не здатність забезпечити його конкурентоспроможну ціну, не дозволяє збільшити об'єми виробництва. Тому пошук сучасних матеріалоємних технологій отримання біометану є актуальним питанням, що в недалекій перспективі дозволить вирішити проблему енергозалежності і енергодефіциту.

На сьогодні існує чотири базові технології збагачення біогазу до біометану: мембранна сепарація, абсорбція (водяна, хімічна, фізична), адсорбція при змінному тиску (PSA) та кріогенна очистка. При цьому, собівартість виробництва біометану залежить більшою мірою від потужності очисної установки і меншою – від типу технології.

Кожна з цих технологій використовується досить широко, однак найбільшого розповсюдження досягли технології мембранної сепарації та різновид очищення газу за допомогою водного скрубера – амінний скрубер.

Технологія мембранної сепарації заснована на селективності розділення метану та супутніх газів. У цій технології використовуються спеціальні мембрани у формі пучка порожнистих волокон з полімерних матеріалів (поліілід, полісульфон, полідиметилсилоксан), що вбудовуються у трубки з нержавіючої сталі та є більш проникними для супутніх газів – CO₂, H₂O, NH₃; малопроникними для O₂ і H₂S; непроникними для CH₄ і N₂.

Для забезпечення достатньої площі поверхні, ці мембрани використовуються як набір із кількох модулів. Потік, що складається із вуглекислого газу, газоподібної води та аміаку (пермеат) проникає через мікропори, а газ, багатий метаном (ретентат), проходить крізь пори без видалення. Внутрішня рециркуляція газу в триступеневій установці з поліілідною мембраною дозволяє видалити до 98% вуглекислого газу.

Хімічна абсорбція з амінними розчинниками є різновидом методів скрубера. В якості розчинників використовуються органічні аміни, такі як моноетаноламін (MEA), діетаноламін (DEA), метилдіетаноламін (MDEA) і дигліколамін (DGA). Найбільш ефективним є використання суміші метилдіетаноламіну та діетилендіаміну (піперазину) завдяки достатньо високій швидкості поглинання CO₂ у порівнянні з іншими доступними амінами.

Дослідження поглинання амінними розчинниками парникових газів (газової суміші: 35 об.% CH₄, 15 об.% CO₂ і 50 ppm H₂S, збалансовану N₂) показують, що швидкість поглинання та регенерації CO₂ задовільна у MDEA/піперазин (PZ), а швидкість абсорбції H₂S та регенерації задовільна у MDEA/2-аміно-2-метил-1-пропанолі. Змішуваний абсорбент на основі MDEA демонструє кращу ефективність поглинання та регенерації, ніж сам MDEA, а MDEA/PZ демонструє хорошу ефективність для CO₂, але дуже низьку ефективність для H₂S. Дослідження вказує на те, що MDEA/APA (MDEA/біс(3-амінопропіл)амін (APA)) є перспективним абсорбентом, оскільки він є кращим для експериментальної газової суміші одночасно і у поглинанні CO₂ та H₂S, і в регенерації [3]. Таким чином, параметри поглинання CO₂ та H₂S у цього абсорбенту роблять його привабливим та перспективним для використання і у збагаченні біогазу до біометану.

Взагалі метод амінного скрубера, на об'ємах, менших за 1000 м³/год, демонструє результат виходу біометану приблизно на рівні методу мембранної сепарації. При цьому біометан, отриманий методом амінного скрубера, характеризується кращою якістю (найвищий показник LHV) та має середні операційні затрати: найнижчі – енергетичні витрати, середні – витрати на витратні матеріали, та найвищі – витрати на технічне обслуговування [4].

Таким чином, розвиток альтернативної енергетики в галузі технологій отримання біогазу та його збагачення до біометану повинен передбачати розробку сучасних матеріалоємних технологій, пошук інноваційних систем абсорбентів та удосконалення конструкцій обладнання з метою збільшення площі поверхні абсорбентів для підвищення ефективності всього процесу.

1. Біометан – майбутнє біогазу. Перспективи біометану в Україні. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2021/04/15/673050/#>

2. Що таке дигестат? URL: https://saf.org.ua/news/984/#_ftnref1

3. Simultaneous Removal of CO₂ and H₂S from Biogas by Blending Amine Absorbents: A Performance Comparison Study / W. Y. Lee et al. Energy & Fuels. 2020. Vol.34, no. 2. P. 1992–2000. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b03342>

4. Biogas-to-biomethane upgrading: A comparative review and assessment in a life cycle perspective / F. Ardolino et al. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020. P. 110588. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110588>

СЕКЦІЯ 4:

Фізична хімія та хімічна технологія

FEATURES OF THE MECHANISM AND AN EMPIRICAL MODEL FOR PREDICTING THERMOLYSIS TEMPERATURES OF NITRO-FREE ENERGETIC MATERIALS

Dzhavadov Tymur Abulfatovych,
1th year higher education student (Master level), dzhavadov.tymur2222@vu.cdu.edu.ua
The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Bondarchuk Sergey Viktorovych,
PhD in Chemistry, Associate Professor, bondchem@cdu.edu.ua
The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Temperature of thermolysis (T_{dec}) is crucial parameter of energetic materials (EM), which is a measure of their thermal stability and, consequently, handling safety. The T_{dec} values are usually strongly correlate with the trigger bond dissociation energy (BDE). When neglecting the barrier height of a general reaction $A-B = A\cdot + B\cdot$ (which is orders of magnitude less than the reaction heat), the BDE can be roughly calculated using the following equation: $BDE = (E_{A\cdot} + E_{B\cdot}) - E_{A-B}$.

Most of conventional explosives contain at least one NO_2 group and the $X-NO_2$ bond in almost all cases is the trigger one [1]. At the same time, recent research trends are directed towards nitrogen-rich EM, which often do not contain nitro groups at all [2]. Moreover, such EM often appear in the form of salts with the both energetic cation and anion. In this case, the search of the trigger bond is highly complicated in addition to the variety of other reactions occurred (the hydrogen transfer, isomerization, etc.). All this makes prediction of BDE for nitro-free EM a challenging procedure.

In this work, we have tried to avoid the direct search of BDE and applied a QSPR approach to predict T_{dec} on the basis of simple structural and topological descriptors. For this purpose, we have applied a powerful regression method, namely, Genetic Function Approximation (GFA) [3]. The experimental data were collected for 38 EM, which were divided into the training (30 compounds) and test (8 compounds) datasets. The adjustable GFA parameters as well as the statistical treatment of errors are listed in Tables 1 and 2 and the correlation plot along with the variable usage in course of evolution are illustrated in Fig. 1.

The obtained empirical correlation is presented in Eq. (1):

$$T_{dec} = 0.153 * (\text{Mol. Area} * \mu) - 238.872 * (\omega N * \text{BIC}) - 227.581 * (\Psi * \text{BJY}) + 17.056 * (\eta * \text{BJX}) + 918.678, \quad (1)$$

where $\mu = (E_{\text{HOMO}} + E_{\text{LUMO}})/2$; $\eta = E_{\text{LUMO}} - E_{\text{HOMO}}$ (frontier molecular orbitals energies are taken from the PM6 calculations); ωN is mass fraction of nitrogen; BIC is the bond information content; $\Psi = \text{Mol. Area} / \text{Mol. Vol.}$; BJX and BJY are the Balaban indexes X and Y, respectively.

Table 1. Adjustable GFA parameters

Population	Max. generations	Initial terms per equation	Max. eq. length	Const. eq. length	Mutation probability	Scoring function
15	100000	5	15	No	0.15	Fridman LOF

Table 2. Statistical estimates of the error distribution

R^2	R^2_{adj}	R^2_{CV}	RMSE(train.)	MAE(train.)	RMSE(test)	MAE(test)
0.64	0.59	0.54	29	21	50	41

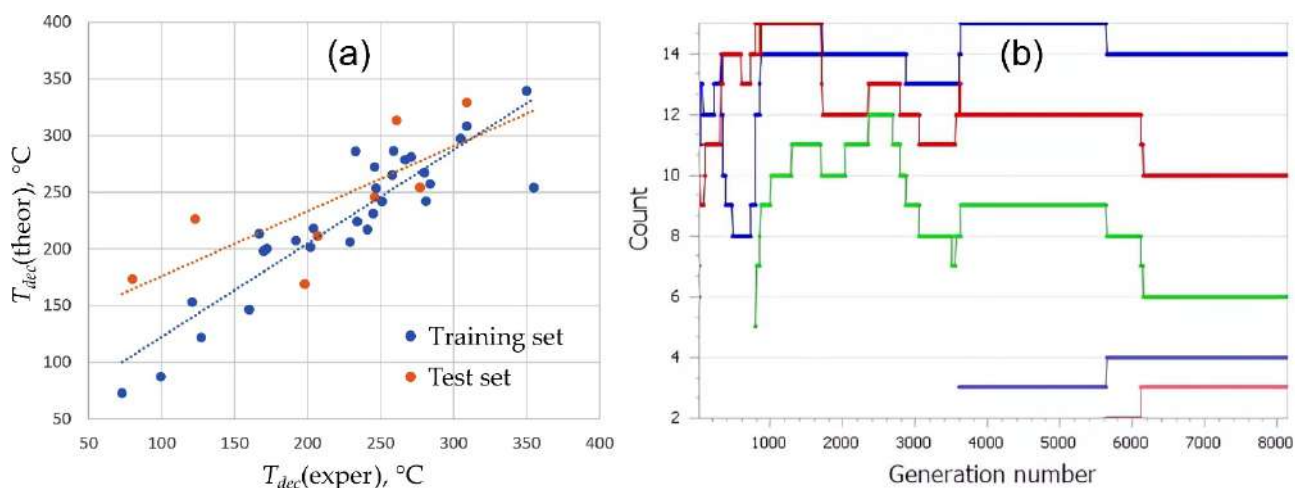


Fig. 1. The obtained correlation (a) and variable usage as a function of generation number (b)

As it follows from Table 1 and Eq. 1, the evolution has led to empirical correlation, which is shorter than the initial numbers of basis functions allowed (4 vs. 5). This fact, along with the use of Friedman lack-of-fit (LOF) function as a scoring measure, suggests the presence of systematic dependence and no overfitting occurred. Despite a relatively low correlation coefficient (R^2), which is still acceptable within the QSPR methodology, its closeness to other estimates, like adjusted R^2 and cross-validated R^2 indicates a robustness of the empirical model. Moreover, the obtained errors for external test values, $RMSE = 50\text{ }^\circ\text{C}$ and $MAE = 41\text{ }^\circ\text{C}$, are relatively close to the accuracy limits reported in the literature (30-40 $^\circ\text{C}$) obtained with the complex neural networks or deep learning procedures [4].

Thus, we speculate that extension of the experimental dataset will refine the correlation and provide smaller errors, which will be the issue of further work.

1. Xiong Y., Zhong K., Zhang C.-Y. Trigger linkage mechanism: Two or multiple steps initiate the spontaneous decay of energetic materials. *Energ. Mater. Front.* 2022. Vol. 3 (1). P. 38-46.
2. Zhou Z.-Y., Liao S.-C., Liu T.-L., Zhang Q.-H. Review on Imino-bridged Nitrogen-rich Heterocyclic Compounds. *Chin. J. Energ. Mater.* 2022. Vol. 30 (11). P. 1177-1186.
3. Rogers D., Hopfinger A. J. Application of genetic function approximation to quantitative structure-activity relationships and quantitative structure-property relationships. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 1994. Vol. 34 (4). P. 854-866.
4. Bondarchuk S.V. On prediction of melting points without computer simulation: A focus on energetic molecular crystals. *Fire Phys Chem.* 2022. Vol. 2 (2). P. 160-167.

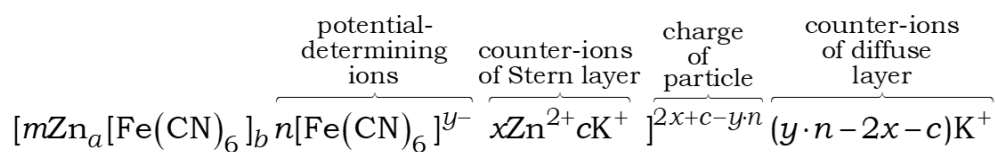
ZINC FERRO- AND FERRI-CYANIDES STRUCTURES AS TOOL IN ORDER TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL TOLL

Lahuta Anna,

candidate of chemical sciences, associate professor, laguta@karazin.ua
V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Prussian blue family are among the oldest known solid complexes. Double metal cyanides, $-M-C\equiv N-T-$, have a broad spectrum of applications by variety of combinations of “M” and “T” metals in bridge. The potential of double metal cyanides complexes is caused a σ -donor ability of nitrogen weakly antibonding 5σ orbital of $C\equiv N^-$, enhanced in $M-C\equiv N^-$ at higher charge of “M” metal. Bridging with transition metal creates electron-deficient incomplete coordination spheres that act as Lewis acid. Structures vary depending on synthesis procedure, for instance, nanoparticles, high crystallinity samples, amorphous structures, continuous crystalline films, porous structures. This research focuses on colloidal ones. Creation of new structures allows to have a wide set to rationally choose in a range of application focused on catalysing the ring-opening copolymerization of epoxides and CO_2 as well as on selective ion exchangers in order to reduce the environmental toll.

Herein, zinc ferricyanide and ferrocyanide sols with negative zeta potential obtained and used as a basis. The set of colloidal particles of zinc hexacyanoferrate ranging from negative (rich in Lewis basic sites) to zinc-rich neutral particles have been synthesized stepwise increase the x value in structure:



Continuing this trend, positively charged particles with chemisorbed cations with an electron-deficient incomplete coordination sphere are obtained (Fig. 1) and characterized (Fig. 2).



Fig. 1. The dried dispersions of positively charged particles based on zinc ferrocyanides (top) and ferricyanides (down) with chemisorbed cations with an electron-deficient incomplete coordination sphere (from left to right: K^+ , La^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+}).

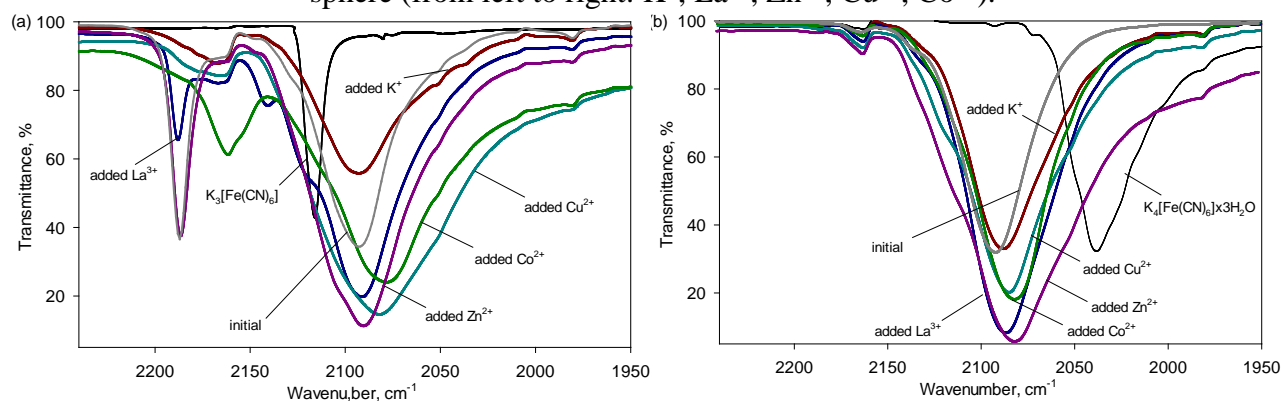


Fig. 2. FT-IR spectra of the dried dispersions of zinc ferricyanides (a) and ferrocyanides (b).

ANALYSIS OF STYRENE MALEIC ACID LIPID PARTICLES FOR RATIONAL CHOICE AND MODIFICATION OF NANODISCS

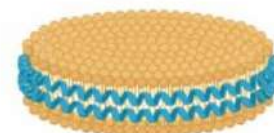
Anna Laguta^{a,*} Alejandro Ronco-Campaña^b, Alan D. Goddard^b

^a Department of Physical Chemistry, V. N. Karazin Kharkiv National University, Svoboda Square 4, Kharkiv 61022, Ukraine

^b School of Biosciences, Aston University, Birmingham, B4 7ET, UK

*laguta@karazin.ua

SMA2000 polymer is capable of encapsulating phospholipids from a cell membrane to form nanodiscs i.e. styrene-maleic acid lipid particles (SMALPs) composed of phospholipid bilayer stabilized by a ‘belt’ of SMA2000 polymer. SMALPs have potential for applications as drug delivery vehicles. The aim was to robustly analyze the SMALP in order to rationally choice and modify nanodiscs for a range of applications.



The nanodiscs surface was investigated using dyes and indicators. The local micropolarity reveals $E_T^N = 0.65$ in the Dimroth–Reichardt scale. The particles have hydrodynamic size of 10.9 nm and zeta potential of +9 mV according dynamic and electrophoretic light scattering data.

The shift of pK_a , and the change of rate constant of the nucleophilic addition of HO^- ion, k , show a twofold effect for positive and negative probes. These results are discussed in terms of three-layer surface structure of SMALPs that was assumed according literature MD computer simulation data. The negative and positive layers of lipid and SMA2000 headgroups and a counter ions layer form two double electric layers. Such structure corresponds to obtained positive zeta potential and electrically neutral species as the whole. The pK_a^a data for such surface structure correspond to a surface potential of -136 mV and $+30$ mV at $I = 20$ mmol L^{-1} and surface charge density of negatives, $q_{s-} = 0.73$ elemental charges nm^{-2} , and positives, $q_{s+} = 0.064$ elemental charges nm^{-2} , head groups.

The twofold kinetic effect is explained by two gradients of HO^- local concentration. One of them is the increase from the layer of anionic surface groups to the layer of cationic ones. The second gradient is directed from the bulk phase toward the cationic surface groups due to diffusion of HO^- ion.

The increasing affinity to the SMALPs surface is in order $\text{F}^- < \text{Cl}^- < \text{N}_3^- < \text{I}^-$ and is controlled by anion hydration. Acetate, butyrate, salicylate, deoxycholate and butan-1-ol are able to be incorporated into the particles.

The particles precipitate by Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ni^{2+} , and Zn^{2+} or at $\text{pH} < 6.5$. Triton X-100 micelles act by disrupting the SMALPs through solubilization of lipid monomers. This needs to be considered to understand the stability and suitability of the nanodiscs.

These delivery vehicles provide native-like lipid-bilayer “hydrophobic nucleus – hydrophilic shell” particles systems with low polar environment and are smaller than liposomes. Metachromasia and solvatochromia indicate that SMALPs are effective for cationic and neutral hydrophobic drugs. The surface charge density of both negative and positive planes of SMALPs can be reduced by by low molecular weight aliphatic alcohols. The ionic strength of the solution affects the inorganic ions binding through ion exchange. Based on the literature, they can exchange lipids with monolayers adsorbed at either solid–liquid or air–liquid interfaces.

This suggests that SMALPs can be drug delivery vehicles, as well as being valuable tools for the biochemical study of membranes and their integral proteins. Overall, we present characterization of the nanodiscs surface that will inform future investigation in membrane protein biochemistry and pharmaceutical development.

PREDICTION OF ENTHALPIES OF FORMATION OF ENERGETIC SALTS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Torhalo Pavlo Serhiyovych,

1th year higher education student (Master level), torhalo.pavlo2223@vu.edu.ua
The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Bondarchuk Sergey Viktorovych,

PhD in Chemistry, Associate Professor, bondchem@cdu.edu.ua
The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Enthalpy of formation (ΔH_f) is one of the most important feature of energetic materials (EM) because is responsible for two paramount detonation properties, namely, detonation velocity and pressure. In this case, however, one assumes the solid-state ΔH_f rather than that for the gas phase. It is well known, that solid-state ΔH_f can be calculated using Eq. (1-2) [1], but estimation of the sublimation enthalpy (*via* the lattice energy, E_{lat}) is the bottle neck of the whole prediction.

$$\Delta H_{f(\text{solid})} = \Delta H_{f(\text{gas})} - \Delta H_{(\text{subl})} \quad (1)$$

$$\Delta H_{(\text{subl})} = -E_{lat} - 2RT \quad (2)$$

The methods proposed before for estimation of E_{lat} are either highly empirical [2] or computationally expensive [3, 4]. Therefore, in this work, we have tried to avoid the direct estimation of $\Delta H_{(\text{subl})}$ and applied artificial neural network (ANN) method to predict ΔH_f using only computationally cheap structural and topological descriptors.

We have compiled an experimental dataset of 38 energetic salts (30 for training and 8 for test) and performed a calculation of descriptors; the total set of descriptors included 78 entries. Thereafter, a correlation matrix was obtained (Fig. 1a) and all the descriptors with $|R| \geq 0.3$ were involved into the network training. As a result, a good correlation was obtained (Fig. 1b). The resulting network includes 9 input parameters and 3 nodes in the hidden layer (9–3–1).

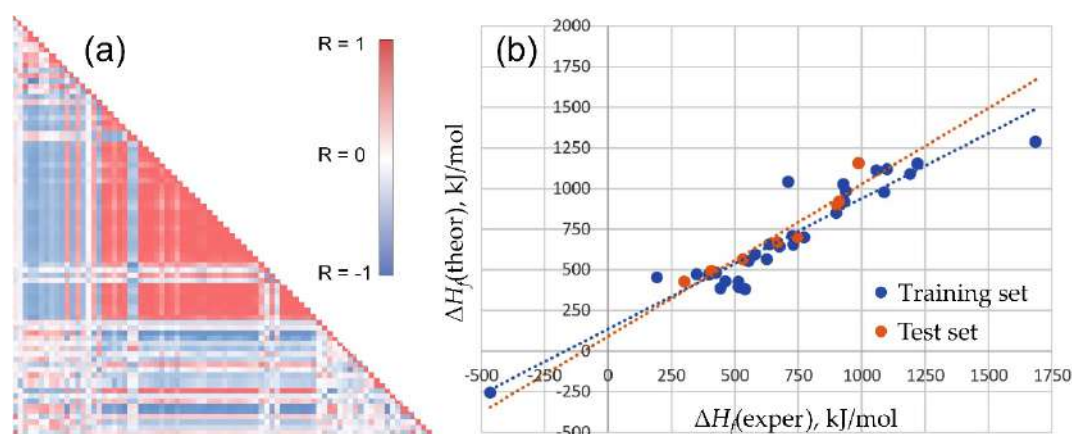


Fig. 1. Correlation matrix for the total number of descriptors (a); the obtained empirical correlation of the experimental and theoretical ΔH_f (b)

The results of statistical treatment of the obtained errors are summarized in Table 1. As one can see, the correlation coefficients (R^2) are very good for both the training and test datasets. Moreover, the calculated RMSE and MAE values for the test dataset are both about 60-70 kJ/mol. These errors in prediction of ΔH_f assume expected relative errors in prediction of detonation velocity and pressure of about 1-2% [5].

Table 1. Statistical treatment of the obtained errors

R^2		<i>RMSE</i> (kJ/mol)		<i>MAE</i> (kJ/mol)	
Training	Test	Training	Test	Training	Test
0.89	0.91	134.0	94.3	74.2	60.4

Thus, the proposed approach demonstrates a potential for practical use due to its computational cheapness. At the same time, an additional refinement of the network must be done for a wider experimental dataset, which will be the issue of further work.

1. Bondarchuk S. V., Yefimenko N. A. An Algorithm for Evaluation of Potential Hazards in Research and Development of New Energetic Materials in Terms of their Detonation and Ballistic Profiles. *Propellants Explos. Pyrotech.* 2018. Vol. 43 (8). P. 818-824.
2. Byrd E. F. C., Rice B. M. Improved Prediction of Heats of Formation of Energetic Materials Using Quantum Mechanical Calculations. *J. Phys. Chem. A.* 2006. Vol. 110 (3). P. 1005-1013.
3. Bondarchuk S. V. Diazoamination: A simple way to enhance detonation performance of aminoaromatic and aminoheterocyclic energetic materials. *FirePhysChem.* 2021. Vol. 1. P. 97-102.
4. Bondarchuk S. V. Structure enhancement of energetic materials: A theoretical study of the arylamines to arylpentazoles transformation. *FirePhysChem.* 2021. Vol. 1. P. 190-197.
5. Bondarchuk S. V. Magic of Numbers: A Guide for Preliminary Estimation of the Detonation Performance of C–H–N–O Explosives Based on Empirical Formulas. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2021. Vol. 60 (4). P. 1952-1961.

PHYSICOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF SUPRAMOLECULAR AGGREGATES OF FUNCTIONALIZED OLIGOMERIC SILSESQUIOXANES IN AQUEOUS MEDIUM

Zhykhareva Anastasiia,

2d year complete higher education student (master), dm.stacy.01@gmail.com
V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Lahuta Anna,

candidate of chemical sciences, associate professor, laguta@karazin.ua
V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Gumenna Mariana,

doctor of chemical sciences, senior researcher, gumenna@nas.gov.ua
Institute of Macromolecular Chemistry of the the National Academy of Sciences of Ukraine

Strytsky Oleksandr,

candidate of chemical sciences, senior researcher, Strytsky@nas.gov.ua
Institute of Macromolecular Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine

Cationic oligomeric silsesquioxanes forming the silsesquioxane core and cationic organic substituents, namely $\text{OSS-C}_3\text{N}^+\text{Br}^-$ and $\text{OSS-C}_{10}\text{N}^+\text{Br}^-$, form supramolecular aggregates in aqueous solutions. The hydrodynamic size, surface and zeta potential values were estimated by dynamic and electrophoretic light scattering and spectrophotometric investigation of acid-base equilibria of solubilized indicator (Fig. 1). The $\text{p}K_a$ of bromophenol blue in $\text{OSS-C}_{10}\text{N}^+\text{Br}^-$ and $\text{OSS-C}_3\text{N}^+\text{Br}^-$ systems is lower than that in water, which is similar to the micellar effect of cationic surfactant. The localization of probe corresponds to a positively charged surface with lower acidity than in the bulk phase. The observed effect on the acid-base equilibrium is accompanied by solvatochromia, which leads to the idea that its localization in the particles is weakly polar.

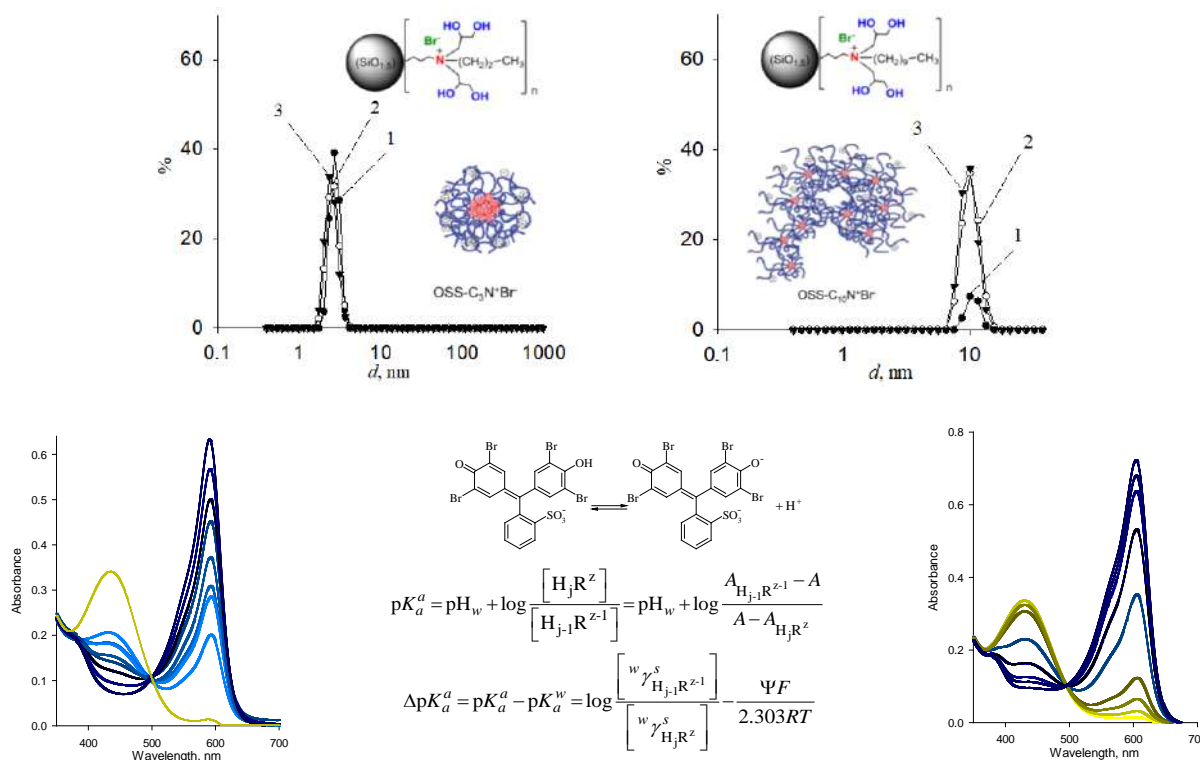


Fig. 1. The size distribution by intensity (1), volume (2), and particle number (3) of supramolecular aggregates of functionalized oligomeric silsesquioxanes in aqueous medium and the absorption spectra of bromophenol blue in these solutions at alternating pH.

ПРОЦЕСИ ВИЛУГОВУВАННЯ ТИТАНУ З ІЛЬМЕНІТУ ОРГАНІЧНИМИ КИСЛОТАМИ

Блищик Микола Олександрович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Титан та його сполуки мають важливе значення та використовуються у різних галузях промисловості. Відповідно даним відділу Геології корисних копалин інституту геологічних наук НАНУ розвідані поклади Титану в Україні сягають 7-12 % від загальних світових запасів. Титанову руду на території України оцінюють у 8,4 млн. т. За обсягом налічують 26 розвіданих родовищ титанової сировини, ще на 48 родовищах запаси руди оцінюють наближено [1].

Існує велика кількість класичних методів переробки титанових руд (хлоридний, сульфатнокислотний, фторидний тощо) у результаті яких одержують різноманітні титанвмісні сполуки, наприклад титан діоксид.

У даній роботі досліджено вплив органічних кислот на процес вилугування Титану з ільменіту.

Просіяний порошок ільменітового концентрату (96 %) масою 1 г змішували із різною масою винної, лимонної та яблучної кислот. Діапазон мас органічної кислоти у кожному випадку становив 1,0; 1,5 та 2,0 г. Суміш кислоти та ільменіту нагрівали на піщаній бані за температури 170 °С протягом 60 хвилин. Концентрацію вилугуваного титану визначали фотометрично за допомогою спектрофотометра UV 1200 пероксидним методом [2].

На рис. 1 показано залежність концентрації Ti^{4+} від маси кислот.

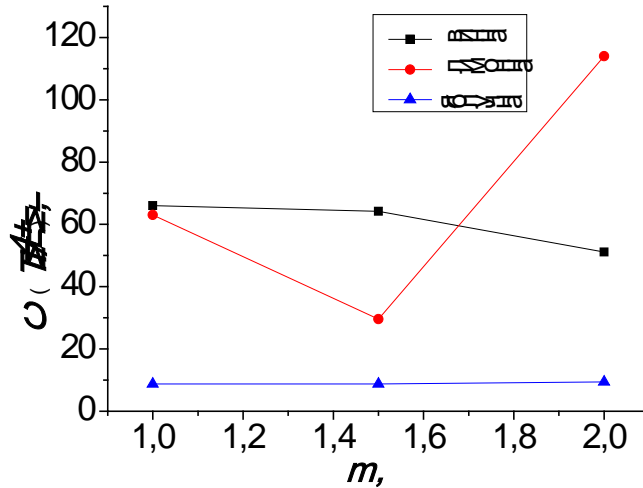


Рис.1. Залежність концентрації Ti^{4+} від маси кислот

Встановлено, що процес вилуговування титану з ільменіту найкраще відбувається лимонною кислотою, а найгірше – яблучною. Ймовірно таку залежність можна пояснити природою та стійкістю цитратів титану у порівнянні з іншими сполуками.

1. Титан України. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://geoproject.com.ua/publ011.html>.
2. Pysarenko, S., Kaminskyi, O., Denysiuk, R., et al. Determining patterns of leaching titanium(IV) from the Irshansky deposit ilmenite. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 3. Is. 12(129). P. 28-35. <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/40880>

КІНЕТИКА АДСОРБЦІЇ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЬОГО З РОЗЧИНІВ ПОВЕРХНЕЮ ЦИНКОВОГО ФЕРИТУ

Бурківська Ірена Вікторівна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Томашик Василь Миколайович,
доктор хімічних наук, професор, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Сучасний розвиток промисловості та потреб людства призвели до потужного зростання виробництва синтетичних барвників, таких як метиленовий синій. Такі речовини як барвники використовуються в багатьох галузях промисловості, включаючи косметичну, фармацевтичну, текстильну, целюлозну, паперову та харчову промисловості тощо.

Промислова вода, забруднена барвниками, привернула увагу науковців через небезпечні речовини, які вона містить, оскільки її необхідно очищати від подібного роду домішок. Так, наприклад метиленовий синій, що потрапляє до стічних вод після використання, не піддається біологічному розкладанню та здатний викликати рак печінки, нирок, центральної нервової системи та сечового міхура [1].

Вилучення барвників з розчинів є актуальною проблемою. Серед адсорбентів, які володіють достатнім набором фізико-хімічних властивостей, достойне місце займають складнооксидні матеріали зі структурою шпінелей – ферити.

Метою даної роботи є дослідження залежності ступеня вилучення барвника метиленового синього з розчину від часу контакту з поверхнею цинкового фериту.

Для проведення кінетичних досліджень відважували на електронних вагах по 0,06 г зразків, додавали 25 мл розчину барвника з $C_0 = 6$ мг/л та перемішували на шейкері. Діапазон часу контакту між розчином та адсорбентом становив: 5, 10, 30, 60 та 90 хв. Температура, за якої проводилось дослідження, становила 293К. Концентрацію барвника у розчині визначали за допомогою КФК-2 з товщиною кювети 2 см за довжини хвилі 670 нм. У якості розчину порівняння використовували дистильовану воду.

На рис 1 показано залежність ступеня вилучення барвника від часу контакту розчину з поверхнею $ZnFe_2O_4$.

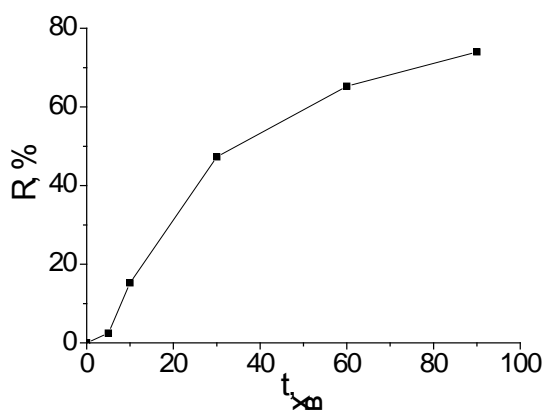


Рис. 1. Залежність ступеня вилучення барвника від часу контакту розчину з поверхнею $ZnFe_2O_4$

Встановлено, що ступінь вилучення барвника 47,29 % досягається за перші 30 хвилин від початку адсорбції, а максимального значення (73,99 %) досягає після 90 хвилин від початку взаємодії адсорбат - адсорбент. Характер форми кривої показує, що процеси адсорбції переважають над процесами десорбції, а адсорбційна рівновага настає протягом перших 60 хвилин від початку контакту адсорбат-адсорбент.

1. Alakshar, A. A., Goher. M. E., Abd El-Moghny, M. G., El-Deab, M. S. Synthesis and characterization of zinc ferrite nanoparticles@GO for the photocatalytic degradation of Methylene Blue dye under visible light. *Desalination and Water Treatment*. 2024. Vol. 320. 100676. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100676>

2. Tichapondwa, S.M., Newman, J.P., Kubheka, O. Effect of TiO_2 phase on the photocatalytic degradation of methylene blue dye. *Physics and Chemistry of the Earth*. 2020. Vol. 118. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102900>

ПРОЦЕСИ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКІВ ПОВЕРХНЯМИ НАНОФЕРИТІВ

Ванельчук Ірина Миколаївна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти І курсу ira.vanelchuk@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Свирідюк Катерина Петрівна,
асистент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

На сучасному етапі розвитку хімії барвників та їх високотонажному виробництві виникає серйозна загроза викиду барвників у промислові води. Промислова вода, забруднена барвниками, наприклад метиленовим синім, не піддається біологічному розкладанню та викликає рак печінки, нирок, центральної нервової системи та сечового міхура [1]. Тому видалення барвників з розчинів є актуальним завданням. Серед найбільш популярних методів, які використовуються, є метод адсорбційного вилучення.

Так, наприклад, у роботі авторами [2] проведено адсорбційне вилучення барвника кристалічного фіолетового (CV) з водних розчинів за допомогою підготовлених сферичних і кристалічних наночастинок нікелевого фериту (NiF-NP), середній розмір частинок якого становив 28 нм. Експериментальні дані адсорбції барвника проаналізовано за моделями ізотерм Ленгмюра, Фрейндліха, Темкіна та Дубініна-Радушкевича. Показано, що одержані дані відповідають моделі ізотерми Фрейндліха, оскільки значення коефіцієнта кореляції (R^2) становить 0,985, що вказує на формування багаточарового покриття на поверхні наночастинок NiF. Відповідно до розрахунків за моделлю Дубініна-Радушкевича енергія адсорбції (E) барвника CV становить 1,629 кДж/моль, що вказує на те, що адсорбція барвника відбувається за рахунок міжмолекулярних (фізичних) сил. Досліджено, що кінетика адсорбції описується моделлю псевдо 2-го порядку ($R^2 = 0,998$). Адсорбційна

ємність становить 19,58 мг/г, а константа швидкості адсорбції (k^2) $0,019 \text{ мг}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$.

У роботі [3] синтезовано нанокompозит на основі кобальтового фериту та *Ocimum sanctum* ($\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{OS}$), який використано для очистки води від барвників метиленового синього та кристалічного фіолетового. Дослідження адсорбції нанокompозиту для видалення двох катіонних барвників проведено з визначенням впливу параметрів, таких як: рН, час контакту, температура, концентрація та дозування композиту. Показано, що процес адсорбції є екзотермічним за досліджуваних температур (303-323 К). Визначено, що процес адсорбції описується моделями ізотерм Фрейндліха та Тьомкіна, а кінетику адсорбції описано моделлю псевдо-другого порядку для обох молекул барвника.

1. Alakshar, A. A., Goher, M. E., Abd El-Moghny, M. G., El-Deab, M. S. Synthesis and characterization of zinc ferrite nanoparticles@GO for the photocatalytic degradation of Methylene Blue dye under visible light. *Desalination and Water Treatment*. 2024. Vol. 320. 100676. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100676>

2. Debnath, S., Das, R. Strong adsorption of CV dye by Ni ferrite nanoparticles for waste water purification: Fits well the pseudo second order kinetic and Freundlich isotherm model. *Ceramics International*. 2023. Vol. 49, Is. 10. P. 16199-16215. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.01.218>

3. Sharma, A., Rasheed, Sh., Mangla, D., et. al. Cobalt Ferrite Incorporated *Ocimum sanctum* Nanocomposite Matrix as an Interface for Adsorption of Organic Dyes: A Sustainable Alternative. *ChemistrySelect*. 2023. Vol. 8, Is. 5. e202203709. <https://doi.org/10.1002/slct.202203709>

СИНТЕЗ СУЧАСНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ШПІНЕЛЕЙ

Заблоцький Олександр Ярославович,
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти III курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Віленський Володимир Олексійович,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор (б.в.з.) chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Із сучасним розвитком наукових досліджень, нанохімії та нанотехнологій все більшої популярності набувають об'єкти, що володіють унікальним набором фізико-хімічних властивостей. До таких речовин, що інтенсивно вивчаються, належать складнооксидні наноматеріали зі структурою шпінелі.

Серед методів синтезу таких матеріалів можна виділити золь-гель синтез.

Наприклад, у оглядовій статті авторів [1] запропоновано таку схему золь-гель синтезу магніточутливих наноматеріалів, зображену на рис. 1.

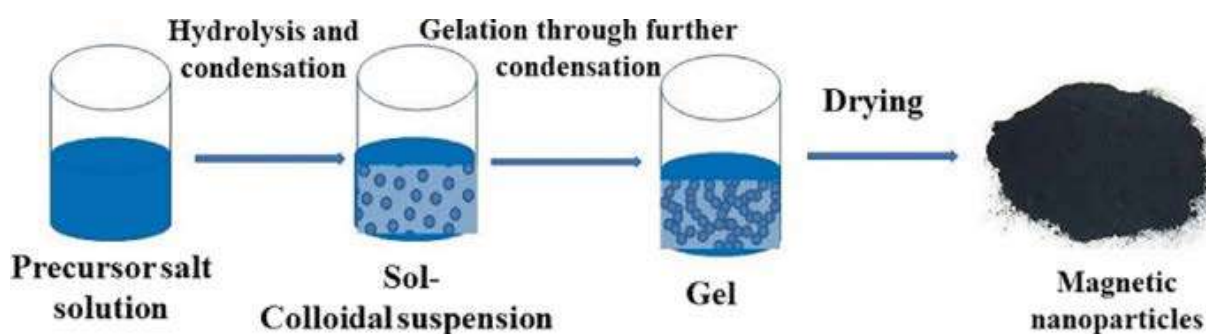


Рис. 1. Схема золь-гель синтезу магніточутливих наноматеріалів [1]

На рис. 2 зображено схему синтезу наночастинок феритової шпінелі та заміщених перехідними металами шпінелі за допомогою золь-гель методу автогоріння (цитратний метод) [2].

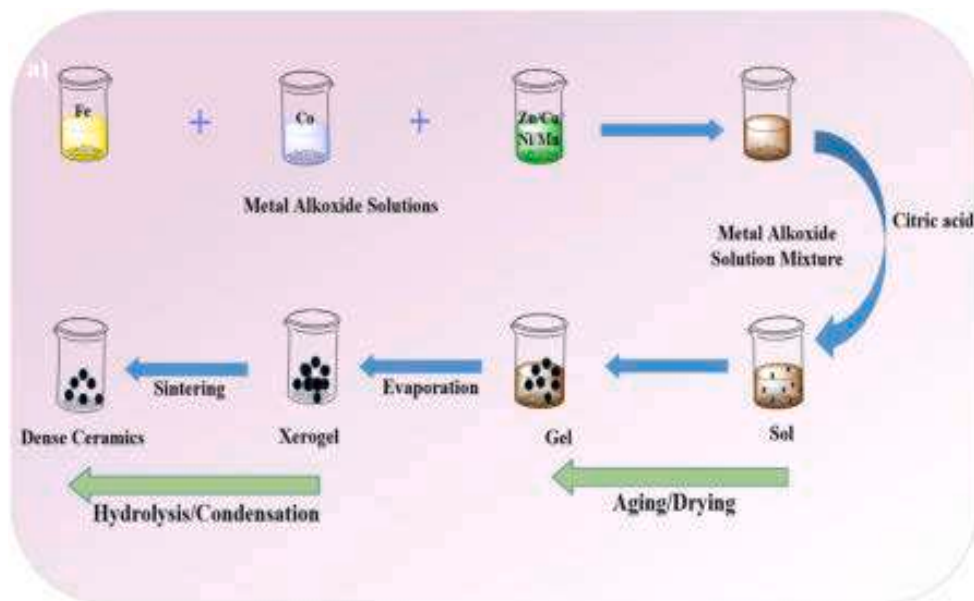


Рис. 2. Схема синтезу наночастинок феритової шпінелі та заміщених перехідними металами шпінелі за допомогою золь-гель методу автогоріння (цитратний метод) [2]

1. Ojha, V.H., Oza, A.H., Agrawal, R., Ningthoujam, R.S. Classification of Ferrites, Synthesis and Properties of Spinel Ferrite Nanoparticles and Their Applications. In: Ningthoujam, R.S., Tyagi, A.K. (eds) Handbook of Materials Science. 2024. Vol. 2. Indian Institute of Metals Series. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-4646-0_4

2. Salih, Sh. J., Mahmood, W. M. Review on magnetic spinel ferrite (MFe_2O_4) nanoparticles: From synthesis to application. Heliyon. 2023. Vol. 9. e16601. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16601>

ПРОЦЕСИ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКІВ ШПІНЕЛЛЮ, ЩО МІСТИТЬ МАНГАН

Зав'язун Світлана Анатоліївна,
здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти IV курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Ферити – це матеріали із загальною формулою $MeFe_2O_4$ (де Me – іони двохвалентного металу, наприклад Mn^{2+}). Феритові матеріали використовуються, наприклад, для адсорбції барвників із промислових вод.

Так, у літоглядній статті [1] коротко представлено фотокаталітичні властивості різних магнітних та немагнітних фотокаталізаторів. Проаналізовано фотокаталітичну активність типових феритів. Досліджено швидкості фотокаталітичного розкладання барвника з кобальтовим феритом та оцінено вплив дози адсорбенту на продуктивність фотодеградації. Досліджено також роль фактора форми та ефективних параметрів у каталітичній активності цинкового фериту. Показано фотокаталітичний ефект катіонного заміщення у фериті Co–Zn. Порівняно кінетику та швидкість деградації Mn-фериту та лантанзаміщеного Mn-фериту. Ефективність фотодеградації Mg-заміщеного фериту Mn–Zn досліджено разом із впливом дози каталізатора та початкового рН на деградацію. Крім того, властивості фотодеградації Li-фериту, Mg-фериту та Bi-фериту.

1. Ghasemi, Ali. Chapter 7 - Nanoferrite photocatalysts. Magnetic Ferrites and Related Nanocomposites. Micro and Nano Technologies. 2022. P. 521-585. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824014-4.00006-8>

ЩОДО МЕХАНІЗМІВ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКІВ НАНОМАТЕРІАЛАМИ

Зозуля Вадим Петрович,
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти IV курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Процеси адсорбції широко використовуються для видалення органічних забруднювачів і барвників зі стічних вод. Хоча існує багато методів очищення стічних вод, включаючи окислення, флокуляцію, коагуляцію, мембранну фільтрацію, хімічне осадження, іонообмін та біологічну очистку, адсорбція вважається достатньо простим, недорогим та ефективним методом [1].

Механізми адсорбції барвників є різні залежно від того, який це барвник та поверхня, на якій адсорбується речовина.

Так, наприклад, авторами у роботі [1] розглянуто різні механізми адсорбції барвників. Відмічено, що адсорбція забруднювачів води на адсорбентах в основному керується електростатичним притяганням, π - π взаємодіями, силами Ван-дер-Ваальса, водневими зв'язками, кислотно-основними реакціями та гідрофобною взаємодією.

Авторами [2] досліджено процеси адсорбції барвників діамінового зеленого В (DG-V), кислотного чорного 24 (AB-24) і конго червоного (CR) поверхнями адсорбентів, синтезованих з рисового лушпиння (CRHC). Також встановлено можливі механізми адсорбції. Показано, що процес адсорбції добре описується моделями псевдодругого порядку та ізотермою Ленгмюра. Встановлено, що максимальна адсорбційна здатність Ленгмюра DG-V, AB-24 і CR на CRHC становить 207,15, 268,88 і 580,09 мг/г за 303,15 К відповідно. Можливий механізм адсорбції може бути зумовлений поєднанням характеристик молекулярної структури адсорбентів і адсорбатів, електростатичного притягання, водневих зв'язків і конкуренції іонів OH^- .

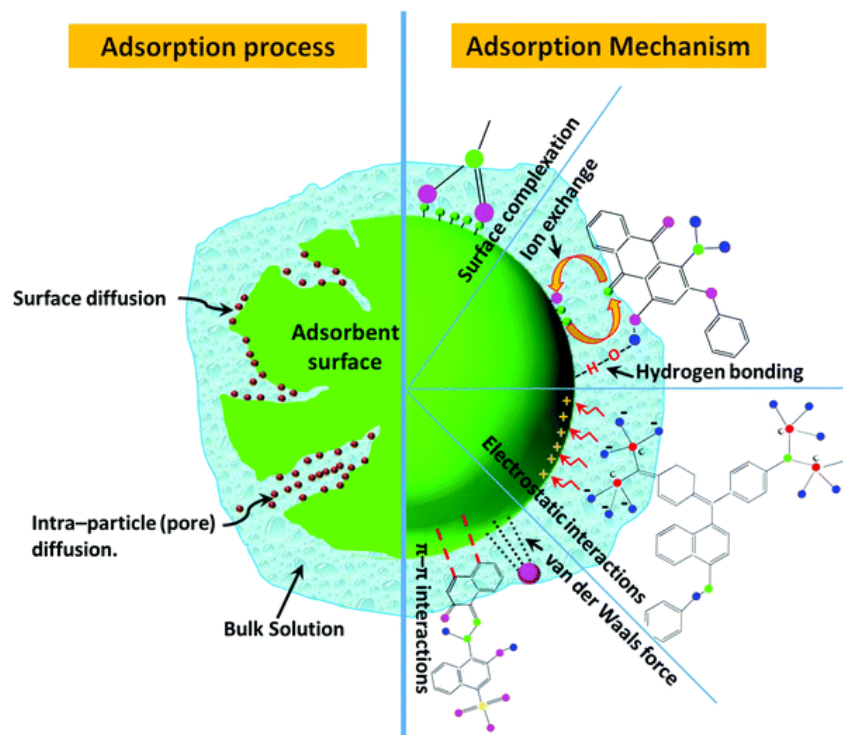


Рис.1 Процеси адсорбції та механізми видалення барвника з масової рідини [1]

Отже, вивчення механізмів адсорбції барвників з розчинів є важливим завданням у розумінні процесів адсорбції.

1. Dutta, S., Gupta, B., Srivastava, S. K, Gupta, A. K. Recent advances on the removal of dyes from wastewater using various adsorbents: a critical review. Mater. Adv. 2021. Vol. 2. P. 4497-4531. <https://doi.org/10.1039/D1MA00354B>

2. Jiang, Z., Hu, D. Molecular mechanism of anionic dyes adsorption on cationized rice husk cellulose from agricultural wastes. Journal of Molecular Liquids. 2019. Vol. 276. P. 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.11.153>

ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ КАДМІЙ АЛЮМІНАТУ ЕКSIKATOPHИM METOДOM

Качан Владислав Юрійович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти І курсу pro100vlad.ka007@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Томашик Василь Миколайович,
доктор хімічних наук, професор, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Унікальні фізико-хімічні властивості наноматеріалів безпосередньо залежать від хімічного складу, розміру частинок та способів їх одержання. Алюмінати – це група складнооксидних матеріалів, що мають структуру шпінелі із загальною формулою $MeAl_2O_4$ (де Me – іони Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} тощо). Алюмінати поміж всього іншого володіють добре розвиненою поверхнею, особливо ті, які одержані золь-гель методами.

У даній роботі досліджено питому площу поверхні кадмій алюмінату ексікаторним методом за адсорбцією парів бензену [1].

Перед початком досліджень скляні бюкси просушували у сушильній шафі протягом 1-2 год за температури 110-120 °C (до сталої маси) та відважували. Потім окремо у кожний бюкс відважували добре висушений зразок наноматеріалу масою 0,1 г, взятий з точністю до 0,001 г.

Далі бюкси із наважками поміщали в порожній ексікатор без сорбційного матеріалу, у який також розміщували склянку з 20 мл бензену. Через кожні 15 хвилин протягом години зважувати бюкси на аналітичних вагах до встановлення постійної маси.

Одержані експериментальні дані внесено у таблицю 1.

Таблиця 2.1. Експериментальні дані зміни мас зразків з часом та розрахунок питомої площі поверхні

Зразок	Зміна маси бюкса зі зразком, г					S _{пит} , м ² /г
	0 хв	15 хв	30 хв	45 хв	60 хв	
CdAl₂O₄	29,878	29,879	29,880	29,878	29,878	6,02

Розрахунок питомої площі за формулою, зазначеної у [1], вказує на те, що зразок кадмієвого алюмінату, синтезований золь-гель цитратним методом (автогоріння), має незначну величину площі поверхні (6,02 м²/г).

1. Іваненко. І. М., Донцова, Т. А., Феденко, Ю. М. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. 232 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4387db1a-cd0a-4e45-b951-bf72e7880806/content>

ФОТОКАТАЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ АЛЮМІНАТІВ

Качан Владислав Юрійович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти I курсу pro100vlad.ka007@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Басюк Владислав Олександрович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти I курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Нюкало Владислав Олегович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти I курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Довбня Андрій Іванович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти I курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Алюмінати – це великий клас складнооксидних матеріалів зі структурою шпінелі, який інтенсивно досліджується багатьма вченими. Сучасні методи одержання таких матеріалів дозволяють проводити синтез різноманітних алюмінатів, що володіють набором унікальних фізико-хімічних властивостей. Серед цінних властивостей алюмінатів можна виділити їх фотокаталітичну активність.

У даній роботі проведено порівняльний аналіз фотокаталітичної активності щодо барвника метиленового синього.

Спочатку синтезовано нікель, купрум, кадмій та плюмбум алюмінати цитратним золь-гель методом за методиками, що описаними у [1-2].

З метою дослідження фотокаталітичної активності алюмінатів приготовано водний розчин метиленового синього з концентрацією 6 мг/л. Оптичну густину барвника до та після фотокаталізу визначали за допомогою КФК-2 за довжини хвилі 670 нм. У якості розчину порівняння використано дистильовану воду.

На вагах відважували 0,05 г алюмінату, додавали 20 мл розчину барвника та опромінювали УФ-лампкою (Вуда) протягом 5 хвилин без перемішування. Потім розчин відділяли від алюмінату ватним фільтром, центрифугували протягом 5 хвилин за швидкості 1500 об/хв та вимірювали оптичну густину.

На рис. 1 показано діаграму величини оптичної густини барвника після фотокаталізу залежно від природи алюмінату. Оптична густина барвника до фотокаталізу становить 0,79.

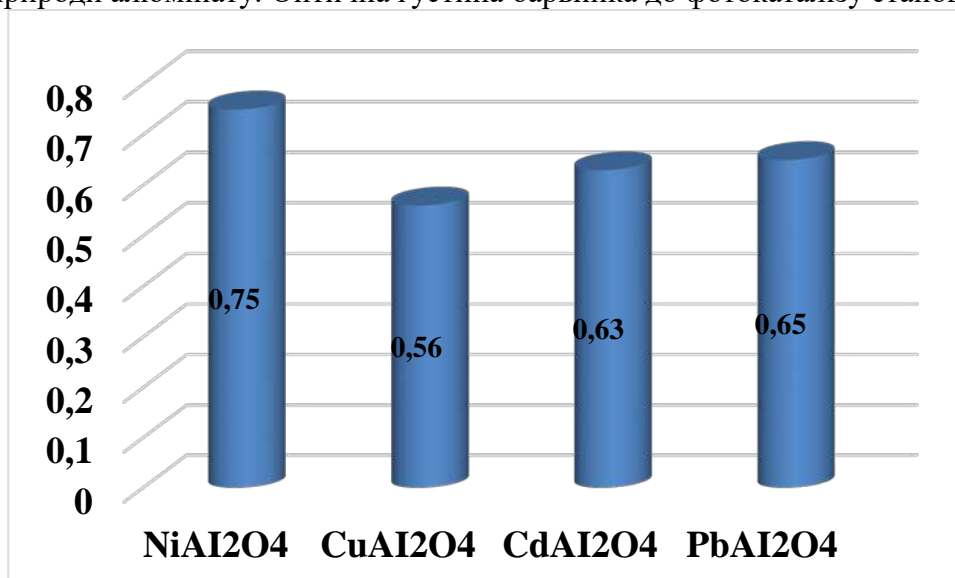


Рис.1. Діаграма величини оптичної густини барвника після фотокаталізу залежно від природи алюмінату

Визначено, що найвищою каталітичною активністю володіє купрум алюмінат, а найнижчою – нікель алюмінат.

1. Бушкова, В. С., Остафійчук, Б. К., Копаєв, О.В. Особливості синтезу складних оксидних систем з використанням ЗГА-методу. Фізика і хімія твердого тіла. 2013. Т. 15, №1 (2014). С. 182-185.
2. Остафійчук, Б. К., Бушкова, В. С., Мокляк, В. В., Ільницький, Р. В. Синтез та магнітна мікроструктура наночастинок магнієвих феритів, заміщених цинком. Укр. фіз. журн. 2015. Т. 60, № 12. С. 1236-1244.

ІЧ-ФУР'Є СПЕКТРОСКОПІЯ СИНТЕТИЧНИХ БАРВНИКІВ

Костиціна Альона Миколаївна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Віленський Володимир Олексійович,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор (б.в.з.) chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

З метою розуміння механізмів адсорбції барвників поверхнями різноманітних адсорбентів проводять різноманітні фізико-хімічні дослідження, у тому числі методами ІЧ-Фур'є спектроскопії.

У даній роботі досліджено зразки барвника метиленового синього методами ІЧ-Фур'є спектроскопії.

Для підтвердження будови барвника проведено ІЧ-спектроскопічні дослідження на спектрофотометрі з перетворенням Фур'є "AGILENT CARY 630" у спектральному діапазоні 400 – 4000 cm^{-1} .

На рис. 1 зображено ІЧ-Фур'є спектр барвника метиленового синього.

Ідентифіковано широку СП при 3500-3400 cm^{-1} , що відповідає валентним коливанням –ОН груп молекул води, оскільки вихідний барвник є кристалогідратом у кристалічному стані. СП при 2900 cm^{-1} відповідає асиметричним коливанням –CH₃ груп. При 1750-1700 cm^{-1} ідентифіковано коливання диметиламіногрупи (=N(CH₃)₂).

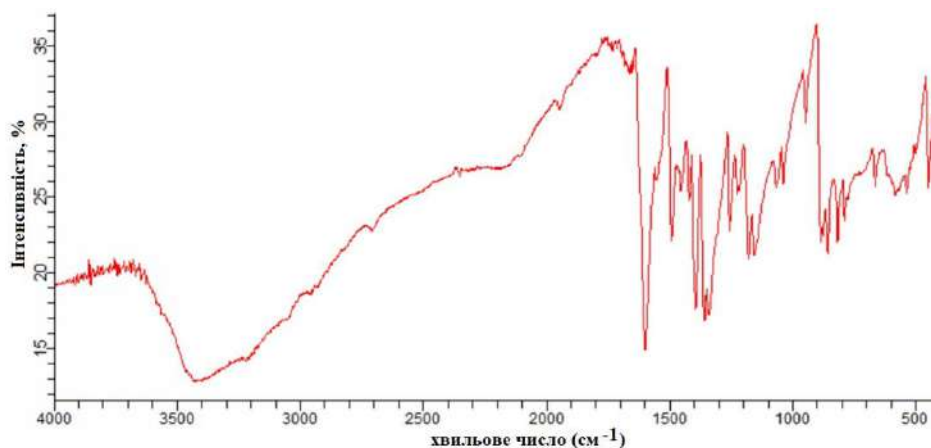


Рис. 1. ІЧ-Фур'є спектр барвника метиленового синього

Інтенсивна СП при 1600 см^{-1} відповідає коливанням ароматичних кілець та валентним коливанням $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}=\text{N}$ зв'язків. При $1450\text{-}1400\text{ см}^{-1}$ відбуваються деформаційні коливання $-\text{CH}_3$ та $-\text{N}-\text{CH}_3$ груп, а при $1500\text{-}1300\text{ см}^{-1}$ спостерігаються валентні коливання ароматичних зв'язків.

При $1100\text{-}1000\text{ см}^{-1}$ спостерігаються асиметричні деформаційні коливання $-\text{CH}$, $\text{C}-\text{N}-\text{C}$ та $\text{C}-\text{S}-\text{C}$ зв'язків гетероциклу, а при $1080\text{-}1000$ та $950\text{-}930\text{ см}^{-1}$ помічено асиметричні валентні коливання $\text{C}-\text{S}-\text{C}$ зв'язків гетероциклу. При $820\text{-}780\text{ см}^{-1}$ є коливання $\text{C}-\text{S}$ зв'язків, а при 670 см^{-1} валентні коливання $\text{C}-\text{S}$ групи, що вказує на активність атома Сульфуру у гетероциклі та можливість міжмолекулярних взаємодій молекул барвника [1-2].

Саме наявність активного атома Сульфуру у гетероциклі дозволяє спрогнозувати можливість утворення зв'язків та перерозподіл зарядів на поверхні адсорбенту під час адсорбції барвника з розчинів.

1. Yan, Sh., Zhang, H., Yanget, Z., et al. Transformation and dehydration kinetics of methylene blue hydrates detected by terahertz time-domain spectroscopy. RSC Advances. 2017. Is. 66. P. 41667-41674. <https://doi.org/10.1039/C7RA07118C>.

2. Rager, T., Geoffroy, A., Hilfiker, R., Storey, J. M. D. The crystal linestate of methylene blue: a zoo of hydrates. Physical. Chemistry Chemical Physics. 2012. Vol. 14. P. 8074-8082. <https://doi.org/10.1039/C2CP40128B>.

АДСОРБЦІЯ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЬОГО З РОЗЧИНІВ ШПІНЕЛЛЮ, ЩО МІСТИТЬ МАГНІЙ

Крижанівська Валентина Вікторівна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Романишина Людмила Михайлівна,
доктор педагогічних наук, професор, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Синтетичні барвники використовуються у різних галузях сучасної промисловості. Автори [1] відзначають, що у світі кожного року виробляється понад $7 \cdot 10^5$ тон різноманітних барвників, серед яких на азосполуки припадає 65-70 % всіх барвників. Статистика показує, що у стічні води потрапляє 10-15 % різних барвників як під час синтезу, так і у якості відходів після процесу фарбування. Зазвичай барвники є похідними бензену, антрацену, толуену, нафталену, ксилену та ін. ароматичних вуглеводнів, що зумовлює їх високу токсичність для людини та навколишнього середовища, стійкість до хімічних агентів, а також низький ступінь біодеградації тощо. Тому вилучення барвників з водних розчинів залишається актуальним завданням.

Авторами у роботі [1] використано магнієвий ферит зі структурою шпінелі у якості адсорбента барвника метиленового синього. Оптимізовано процеси адсорбції метиленового синього на магнієвому фериті (рН, доза адсорбенту та час контакту). Виявлено, що вирішальний вплив плівкової дифузії, а також дифузії всередині частинок залежить від концентрації метиленового синього та маси адсорбенту. Показано, що кінетична модель псевдо-другого порядку добре узгоджується з експериментальними даними адсорбції. За допомогою температури прожарювання зразків показано, що вона має значний вплив на адсорбційну здатність адсорбенту з магнієвого фериту. Виявлено, що адсорбційна здатність зменшилася з 57,7 до 12,5 мг/г, коли температуру прожарювання підвищили з 400° до 800°С. Встановлено, що розмір кристалітів і вміст поверхневої гідроксильної групи є основними

факторами, що впливають на характеристики адсорбенту на основі магнієвого фериту. Методами XRD, FTIR та XPS під час адсорбції-десорбції барвника продемонстровано стабільність структури та успішну можливість повторного використання адсорбенту. Висока адсорбційна здатність і відмінна ефективність регенерації адсорбентів на основі магнієвого фериту доведено його переваги та перспективність для очищення стічних вод.

На рис. 1 показано схему адсорбційного вилучення метиленового синього з розчину поверхнею магнієвого фериту.

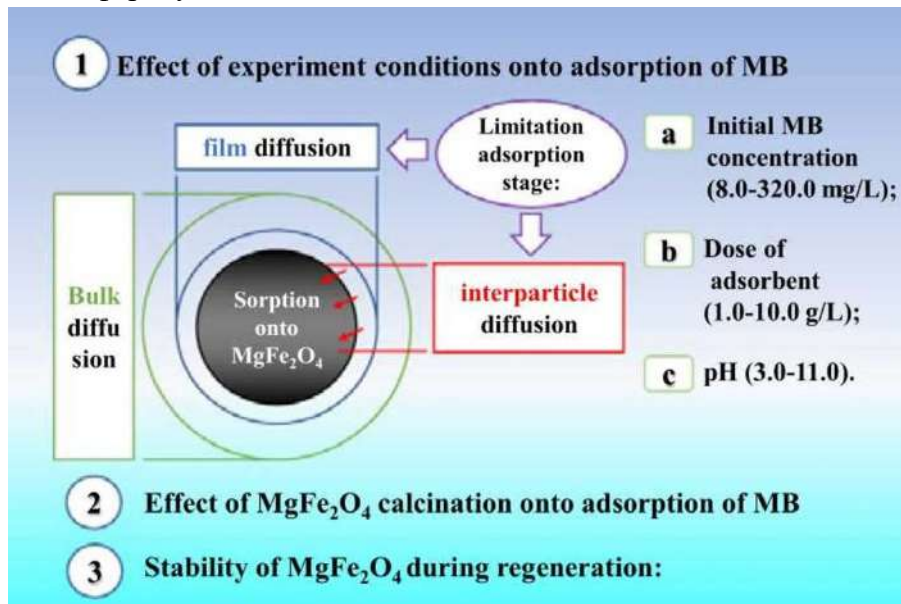


Рис. 1. Схема адсорбційного вилучення метиленового синього з розчину поверхнею магнієвого фериту [1]

У роботі [2] синтезовано магнітні нікель-магнієві ферити методом ЗГА та досліджено процеси адсорбції метиленового синього з розчинів. Показано, що середній розмір частинок магнітних нікель-магнієвих феритів становив 59,2 нм, намагніченість насичення становила 34,1 А•м²/кг, а питома поверхня становила 94,69 м²/г. Для розуміння процесу адсорбції використано кінетичні моделі та моделі адсорбції. Встановлено, що адсорбційна здатність МС наночастинками досягла 306,4 мг/г, коли початкова концентрація метилового синього становила 900 мг/л. Досліджено вплив значення рН на адсорбцію та показано можливість використання регенованого зразка протягом семи циклів адсорбції.

1. Ivanets, A., Prozorovich, V., Roshchina, M., Sychova, O., Srivastava, V., Sillanpää, M. Methylene blue adsorption on magnesium ferrite: Optimization study, kinetics and reusability. *Materials Today Communications*. 2022. Vol. 31. 103594. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103594>

2. Li, Y., Wang, T., Zhang, S., Zhang, Y., Yu, L., Liu, R. Adsorption and electrochemical behavior investigation of methyl blue onto magnetic nickel-magnesium ferrites prepared via the rapid combustion process. *Journal of Alloys and Compounds*. 2021. Vol. 885. 160969. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.160969>

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ КОБАЛЬТОВОГО АЛЮМІНАТУ

Литвинчук Анна Петрівна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чумак Володимир Валентинович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

На сьогоднішній час існує низка методів синтезу складнооксидних матеріалів зі структурою шпінелі. Найбільшої популярності здобули золь-гель методи, оскільки такі процеси дозволяють отримувати матеріали різного функціонального призначення.

У даній роботі проведено синтез кобальтового алюмінату методом, описаним у [1-2].

Для синтезу використано відповідні розрахунки мас речовин:

- 1) 0,01 моль $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ марки «ч.», $m = 2,91$ г;
- 2) 0,02 моль $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ марки «ч.д.а.», $m = 7,50$ г;
- 3) 0,03 моль $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ марки «ч.д.а.», $m = 6,3$ г.

Суміш солей металів та лимонної кислоти розчиняли в 50 мл дистильованої води. До одержаного розчину додавали 14 мл 25 % розчину аміаку (марки «ч.д.а.») порціями по 2 мл для підтримання $\text{pH} \approx 8$ (перевіряли за допомогою універсального індикаторного паперу). Розчин переносили у високу склянку на 250 мл і нагрівали на електричній плитці до повного випаровування розчинника з утворенням густого гелю, який після висихання самоспалахував.

Після закінчення реакції автогоріння одержану масу синтезованого кобальтового алюмінату розтирали в ступці, промивали 5-7 разів невеликою кількістю дистильованої води до нейтральної реакції та висушували на повітрі.

На рис. 1 зображено синтетичний кобальтовий алюмінат.



Рис. 1. Фотографія синтезованого кобальтового алюмінату
(зовнішній вигляд)

Одержаний порошок чорно-сірого кольору. Вихід кінцевого продукту становив 2,11 г.

Отже, золь-гель синтез є достатньо простий але ефективний метод синтезу наноматеріалів зі структурою шпінелі.

1. Бушкова, В. С., Остафійчук, Б. К., Копаєв, О.В. Особливості синтезу складних оксидних систем з використанням ЗГА-методу. Фізика і хімія твердого тіла. 2013. Т. 15, №1 (2014). С. 182-185.

2. Остафійчук, Б. К., Бушкова, В. С., Мокляк, В. В., Ільницький, Р. В. Синтез та магнітна мікроструктура наночастинок магнієвих феритів, заміщених цинком. Укр. фіз. журн. 2015. Т. 60, № 12. С. 1236-1244

АДСОРБЦІЯ КАТІОННИХ БАРВНИКІВ НАНОШПІНІЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Мартинюк Сергій Петрович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти I курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старшої науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Свирідюк Катерина Петрівна,
асистент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Серед забруднювачів навколишнього середовища, водойм та ґрунтів катіонні барвники займають значне місце. Катіонними барвниками є такі, які у середовищі води дисоціюють з утворенням органічних катіонів.

У оглядовій статті [1] автори представили сучасні розробки щодо застосування адсорбції для видалення барвників із водного розчину. Представлено обширну літературну інформацію про барвники, їх класифікацію та токсичність, різні методи обробки та характеристики адсорбції барвників різними адсорбентами. Однією з цілей цієї оглядової статті є упорядкування розрізної доступної інформації щодо різних аспектів широкого спектру потенційно ефективних адсорбентів для видалення барвників. Тому тут зібрано великий список різноманітних адсорбентів, таких як природні матеріали, відходи промисловості, побічні продукти сільського господарства та активоване вугілля на основі біомаси для видалення різних барвників та багато іншого.

У роботі [2] синтезовано наночастинки на основі оксиду графену (GO) методом Хаммера та магнітних наночастинок манганового фериту ($MnFe_2O_4$), який одержано золь-

гель методом. Накокомполит використано для адсорбційного вилучення барвника метиленового синього (МВ) зі стічних вод, як основної катіонної моделі органічного забруднювача. Встановлено, що успішне видалення МВ відбувається на магнітних наночастинках $MnFe_2O_4/rGO$ (MRGO), що мають питому площу поверхні $95 \text{ м}^2/\text{г}$ за різного рН з максимальною адсорбційною ємністю 105 мг/г за рН 7,50. Також вивчено вплив часу контакту, дози адсорбенту та зміни рН. Показано, що кінетика адсорбції відповідає механізму псевдо-другого порядку. Цей магнітний адсорбент, який легко відокремлюється, зберігає 85% своєї реакційної здатності при видаленні барвника після повторного використання його чотири рази.

1. Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, Sh., Ang, H. M. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2014. Vol. 209. P. 172-184. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2014.04.002>
2. Adel, M., Ahmed, M. A., Mohamed, A. A. Effective removal of cationic dyes from aqueous solutions using reduced graphene oxide functionalized with manganese ferrite nanoparticles. *Composites Communications*. 2020. Vol. 22. 100450. <https://doi.org/10.1016/j.coco.2020.100450>

ПРОЦЕСИ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКІВ НІКЕЛЕВИМИ ШПІНЕЛЯМИ

Мординський Іоанн Сергійович,
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти IV курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старшої науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

В останні роки технологія магнітної сепарації в поєднанні з процесами адсорбції набуває все більш широкої популярності та є достатньо ефективною для видалення різноманітних забруднювачів, в тому числі, барвників зі стічних вод.

Все частіше магнітні наночастинки, що мають структуру шпінелі, привертають інтерес дослідників завдяки своїм незвичайним фізичним і хімічним характеристикам, які дозволяють використовувати їх у різноманітних галузях хімічної, харчової, фармацевтичної промисловості та нанотехнологій. Ферити зі структурою шпінелі, які є наноструктурованими магнітними матеріалами, мають багато важливих характеристик, включаючи високу площу поверхні та унікальні властивості, такі як: антибактеріальна, фотокаталітична активність, пористість, еластичність, магнітні властивості тощо [1].

Так, у роботі [2] одержано новий нанокмполит на основі нікелевого фериту (NiFe_2O_4), модифікованого полі(анілін-ко-о-толуїдином) (РАОТ). Зразки охарактеризовано методами інфрачервоної Фур'є-спектроскопії (FTIR), рентгенівської дифракції (XRD), трансмісійної електронної мікроскопії високої роздільної здатності (HR-TEM) та методами Брунауера-

Еммета-Теллера (ВЕТ). Наноккомпозит використано у якості адсорбента для видалення 2,4-дихлорфенолу (2,4-ДСР). Встановлено, що понад 83% забруднювача адсорбується на поверхні, адсорбційна ємність становить 162 мг/г. Показано, що адсорбція описується моделлю Редліха-Петерсона, тобто механізм адсорбції є сумішню ізотерм Ленгмюра та Фрейндліха і не відповідає ідеальному процесу моношарової адсорбції.

На рис. 1 показано 2D-модельовання для механізму адсорбції 2,4-ДСР на наночастинках NiFe_2O_4 та НК $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PAOT}$.

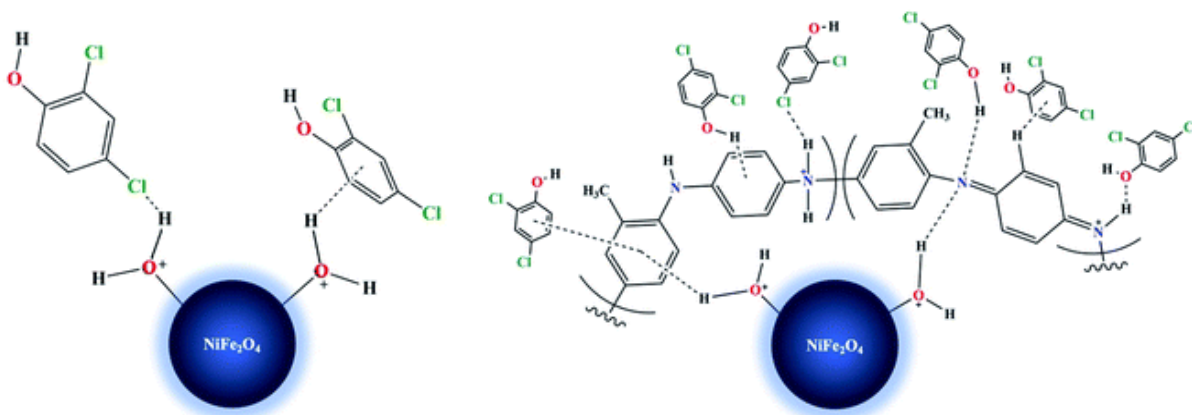


Рис. 1. 2D-модельовання для механізму адсорбції 2,4-ДСР на наночастинках NiFe_2O_4 та НК $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PAOT}$ [2]

1. Sharma, R., Singhal, S. Structural, magnetic and electrical properties of zinc doped nickel ferrite and their application in photo catalytic degradation of methylene blue. *Physica B: Condensed Matter*. 2013. Vol. 414. P. 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2013.01.015>

2. Fathy, M. A. Kamel A. H., Hassan, S. S. M. Novel magnetic nickel ferrite nanoparticles modified with poly(aniline-co-o-toluidine) for the removal of hazardous 2,4-dichlorophenol pollutant from aqueous solutions. *RSC Adv.* 2022. Vol. 12. P. 7433-7445 <https://doi.org/10.1039/D2RA00034B>

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ХІМІЧНОГО РОЗЧИНЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКІВ ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ УМОВ

Невмержицька Галина Валентинівна,
здобувач вищої освіти I курсу магістерського рівня, nevmerzhitska06@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, denisuknet@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
асистент кафедри хімії, dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Хімічне розчинення поверхні напівпровідникових матеріалів, таких як кремній (Si), арсенід галію (GaAs), кадмій телурид (CdTe), є важливим процесом у виробництві оптоелектронних і напівпровідникових приладів. Одним із ключових факторів, що впливає на якість і параметри травлення, є гідродинамічні умови, зокрема швидкість і напрямок потоку травника. Дослідження цих умов дозволяє оптимізувати процес травлення для отримання гладкої, рівномірної поверхні без дефектів.

Метою роботи є дослідження впливу гідродинамічних умов на закономірності процесу хімічного розчинення напівпровідникових матеріалів, а також на морфологію їхньої поверхні.

У ході дослідження процесу фізико-хімічної взаємодії монокристалів CdTe з водними розчинами $K_2Cr_2O_7$ – HBr – розчинник із використанням методу диску, що обертається було встановлено залежність швидкості розчинення монокристалів та стану полірованої поверхні від концентрації розчинів, швидкості перемішування розчинів та напрямку потоку травника.

Встановлено, що збільшення швидкості перемішування травника значно впливає на швидкість розчинення поверхневого шару напівпровідника. При цьому швидке оновлення травника на поверхні сприяє підвищенню ефективності процесу травлення.

Доведено, що при низькій швидкості перемішування розчинів виникає нерівномірність травлення, яка може призвести до утворення мікротріщин і дефектів на поверхні напівпровідникових матеріалів. Натомість підвищення швидкості перемішування зменшує ризик утворення таких дефектів.

Напрямок потоку розчину впливає на однорідність розподілу активних компонентів травника на поверхні, що, в свою чергу, впливає на якість та стан поверхні після травлення. Для досягнення оптимального результату було встановлено значення швидкості

перемішування, що дозволяють зменшити мікрошорсткість поверхні та забезпечити її рівномірне та бездефектне полірування.

Дослідження показали, що тип потоку рідини при перемішуванні травильного розчину – ламінарний або турбулентний – відіграє важливу роль у процесі хімічного травлення. Ламінарний потік рідини, де шари рідини плавно рухаються паралельно один до одного, забезпечує повільний і контрольований процес травлення, що сприяє збереженню гладкості поверхні, проте може спричиняти локальне перенасичення продуктами травлення. Турбулентний потік рідини, який створює інтенсивний рух травника та його швидке оновлення на поверхні, забезпечує ефективне видалення продуктів реакції, що зменшує можливість утворення дефектів. Однак надмірна турбулентність може призвести до нерівномірного травлення та утворення мікротріщин на поверхні. Оптимальний баланс між ламінарним і турбулентним потоком рідини під час перемішування дозволяє досягти найкращих результатів у процесі хімічного полірування поверхні напівпровідників.

Результати дослідження свідчать, що контроль гідродинамічних умов під час хімічного травлення є важливим фактором для формування високоякісної поверхні напівпровідникових матеріалів. Збільшення швидкості перемішування та правильне орієнтування потоку травника сприяє рівномірному травленню та мінімізує дефекти на поверхні. Баланс між ламінарним і турбулентним потоком розчину забезпечує оптимальне травлення, знижуючи ризик утворення дефектів на поверхні та підвищуючи рівномірність та якість обробки. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації процесів хімічної обробки у виробництві високоякісних напівпровідникових приладів.

АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТОЧУТЛИВИХ НАНОШПІНЕЛЕЙ

Олексюк Олена Юріївна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти I курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Свирідюк Катерина Петрівна,
асистент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Магніточутливі наношпінелі викликають інтерес у дослідників завдяки тому, що ці матеріали достатньо легко одержуються, їх складом та властивостями можна керувати технологічно, а унікальність властивостей можна забезпечити за рахунок різноманітного хімічного складу [1].

У даній роботі досліджено процеси вилучення барвника метиленового синього залежно від маси плюмбум фериту.

Для дослідження використано розчин барвника з концентрацією 6 мг/л, діапазон мас фериту 0,04 – 0,12 г, час адсорбції 90 хвилин. Концентрацію метиленового синього до та після адсорбції вимірювали за допомогою КФК-2 за довжини хвилі 670 нм. Розчином для порівняння слугувала дистильована вода.

Ступінь вилучення барвника (R , %) розраховували за формулою:

$$R = \frac{(C_0 - C_p)}{C_0} * 100\% ,$$

де C_0 і C_p – концентрація вихідного розчину барвника та розчину після адсорбції (мг/л).

На рис. 1 зображено залежність ступеня вилучення метиленового синього від маси

плюмбум фериту.

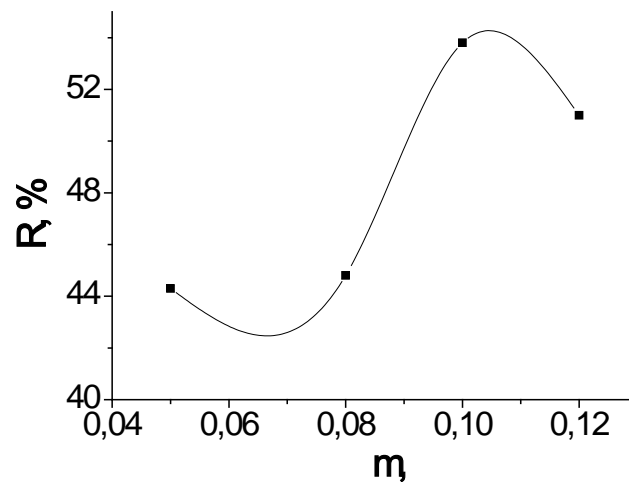


Рис.1. Залежність ступеня вилучення метиленового синього від маси PbFe_2O_4

Показано, що максимальний ступінь вилучення 53,8% досягається для маси адсорбенту PbFe_2O_4 0,1 г. Подальше підвищенні маси до 0,12 г адсорбента призводить до зменшення ступеня вилучення метиленового синього з розчину.

1. Kefeni, K. K., Msagati, T. A. M., Nkambule, Th. TI., Mamba, B. B. Spinel ferrite nanoparticles and nanocomposites for biomedical applications and their toxicity. *Materials Science and Engineering*: C. 2020. Vol. 107. 110314. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110314>

АДСОРБЦІЙНА АКТИВНІСТЬ НІКЕЛЕВОГО НАНОФЕРИТУ, МОДИФІКОВАНОГО ГІДРОКСИАПАТИТОМ

Панченко Тетяна Вікторівна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Модифікування поверхонь складнооксидних речовин дозволяє одержати матеріали із наперед заданими фізико-хімічними властивостями. До модифікаторів, які володіють достатнім набором необхідних якостей, належить гідроксиапатит. Гідроксиапатит – це біла кристалічна речовина складу $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, у якій мольне співвідношення між компонентами Ca / P повинно знаходитись у межах 1,7 : 1,5 або не перевищувати 1,67 [1].

Цей матеріал є унікальною природною формою кальцію фосфату, що міститься в кістках тварин і людини. Однією з важливих властивостей гідроксиапатиту є те, що він здатний утворювати різнозаміщені ізоморфні структури за адсорбції катіонних та аніонних форм іонів із розчинів, властивості яких залежать від утвореної структури [2], у тому числі барвників.

У роботі досліджено процеси адсорбції метиленового синього з розчинів поверхнею $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{ГА}$.

На рис. 1 показано ізотерму адсорбції барвника поверхнею $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{ГА}$. Концентрацію розчинів метиленового синього до та після адсорбції визначали фотоколориметрично за довжини хвилі 670 нм.

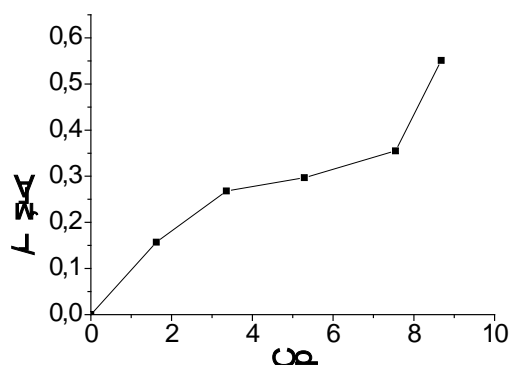


Рис. 1. Ізотерма адсорбції МС поверхню $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{ГА}$

Встановлено, що максимальна адсорбційна ємність (A) становить 0,551 мг/г, проте коефіцієнт розподілу (E) за максимальної концентрації барвника ($C_0 = 10$ мг/л) має середнє значення (63,53 мл/г). Це означає, що спорідненість даного барвника до поверхні НК також є незначною.

Характер кривої ізотерми також нагадує криві ізотерм Ленгмюра (L3-тип) відповідно до класифікації Гільса без виходу на насичення. Такий тип ізотерм вказує на те, що адсорбція відбувається на непористому адсорбенті з малою енергією взаємодії адсорбент-адсорбат.

1. Petranovska, A. L., Abramov, N. V., Turanska, S. P., Gorbyk, P. P., Kaminskiy, A. N., Kussyak, N. V.. Adsorption of cis-dichlorodiammineplatinum by nanostructures based on single-domain magnetite. *Journal of Nanostructure in Chemistry*. 2015. Vol. 5, Is. 3. P. 275-285.

2. Камінський, О. М., Денисюк, Р. О., Чайка, М. В., Писаренко, С. В., Панасюк, Д. Ю. Сорбція йонних форм Цинку(II) з водних розчинів поверхнями магніточутливих наноконкомпозитів, модифікованих гідроксиапатитом. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 5. С. 70-79. <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/38577>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТОМОЇ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ ІТРІЄВИХ ГРАНАТІВ ЕКSIKATOPHИM METOДOМ

Прокопенко Владислав Сергійович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Питома площа поверхні є важливою кількісною характеристикою адсорбентів, оскільки вона безпосередньо вказує на здатність різних матеріалів до адсорбції. Існує декілька кількісних методів визначення питомої площі поверхні, серед яких технічно найбільш простий – це визначення питомої площі поверхні ексікаторним методом за адсорбцією парів бензену [1]. Суть методу полягає у тому, що відважені зразки адсорбентів разом з бюксами поміщаються у порожній ексікатор, у який також розташовують склянку з бензеном. Протягом певного періоду часу, наприклад, кожні 15 хвилин бюкси із зразками повторно зважують до настання адсорбційної рівноваги (протягом 1-2 годин), потім за різницею мас та за формулою розраховують питому площу поверхні зразків. Це зручний метод для приблизної оцінки та порівняння питомих площ поверхні зразків, хоча даний метод не досить точний.

На рис. 1 показано установку для проведення вимірювань питомої площі зразків ексікаторним методом.



Рис. 1. Установка для проведення вимірювань питомої площі зразків ексікаторним методом.

методом

Перед початком досліджень скляні бюкси просушували у сушильній шафі протягом 1-2 год за температури 110-120 °С (до сталої маси) та відважували. Потім окремо у кожний бюкс відважували добре висушений зразок наноматеріалу масою 0,1 г, взятий з точністю до 0,001 г.

Далі бюкси із наважками поміщали в порожній ексікатор без сорбційного матеріалу, у який також розміщували склянку з 20 мл бензену. Через кожні 15 хвилин протягом години зважувати бюкси на аналітичних вагах до встановлення постійної маси.

На основі експериментів розраховано, що у зразку нікелево-ітрієвого гранату ($\text{Ni}_2\text{Y}_9\text{O}_{14}$) питома площа поверхні становить 12,04 м²/г.

1. Іваненко. І. М., Донцова, Т. А., Феденко, Ю. М. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. 232 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4387db1a-cd0a-4e45-b951-bf72e7880806/content>

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ

Севрук Євгенія Сергіївна,
здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти III курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старшої науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Сучасні наноматеріали широко використовуються у різних галузях людської діяльності. Серед наноматеріалів можна виділити частинки на основі простих речовин (фулерени, нанокарбонові трубки, графен, частинки металів тощо) та складні (на основі nanoшпінелей, перовскітів, солей, оксидів та інше). Використання тих чи інших наноматеріалів залежить від їх фізико-хімічних властивостей.

Наприклад, у роботі [1] описано використання фулеренів для адресної доставки ліків, а у роботі [2] йдеться про використання наночастинок Аргентуму також для медичних цілей.

Досить перспективними матеріалами, які використовуються, наприклад, для адсорбції барвників з розчинів, є наноматеріали зі структурою шпінелі.

Наприклад, в оглядовій статті [3] авторами обговорено традиційні підходи до синтезу магнієвого фериту та його сфери використання зокрема для вилучення різних органічних забруднювачів, в тому числі, барвників, їх фотокаталіз. Розглянуто кілька барвників і антибіотиків, які широко використовуються в промисловості та є шкідливими для навколишнього середовища та добробуту людей. Показано важливість процесу фотокаталізу

для видалення органічних забруднень і переваги використання магнієвого фериту як фотокаталізатора.

1. Bolskar, R.D. Fullerenes for Drug Delivery. In: Bhushan, B. (eds) Encyclopedia of Nanotechnology. Springer, Dordrecht. 2012. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9751-4_76

2. Dhaka, A., Mali, S. C., Sharma, S., Trivedi, R. A review on biological synthesis of silver nanoparticles and their potential applications. Results in Chemistry. 2023. Vol. 6. 101108. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.101108>

3. Jasrotia, R., Jaswal, N., Prakash, J. et al. Photocatalytic application of magnesium spinel ferrite in wastewater remediation: A review. Journal of Magnesium and Alloys. 2024. Vol. 12, Is. 2. P. 490-505. <https://doi.org/10.1016/j.jma.2024.02.006>

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКОВАНИХ ФЕРИТИВ МЕТОДАМИ ІЧ-ФУР'Є СПЕКТРОСКОПІЇ

Свиридюк Аліса Володимирівна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чумак Володимир Валентинович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Дослідження властивостей модифікованих шпінелей є актуальною проблемою сьогодення оскільки у процесі модифікування одержаний матеріал набуває цінних фізико-хімічних властивостей.

Серед сучасних методів дослідження можна виділити такі: порошкової рентгенівської дифракції (XRD), інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є (FTIR), трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ), вібраційної магнітометрії (VSM), просвічуючої електронної мікроскопії високої роздільної здатності (HRTEM), ізотерми адсорбції-десорбції N₂ та багато інших.

У роботі проведено золь-гель синтез цинкового фериту, модифікування його поверхні гідроксиапатитом та дослідження зразків методами ІЧ-Фур'є спектроскопії.

Для підтвердження будови нанокompозиту ZnFe₂O₄/ГА проведено ІЧ-спектроскопічні дослідження на спектрофотометрі з перетворенням Фур'є "AGILENT CARY 630" у спектральному діапазоні 400 – 4000 см⁻¹.

На рис. 1 зображено ІЧ- Фур'є спектр НК ZnFe₂O₄/ГА.

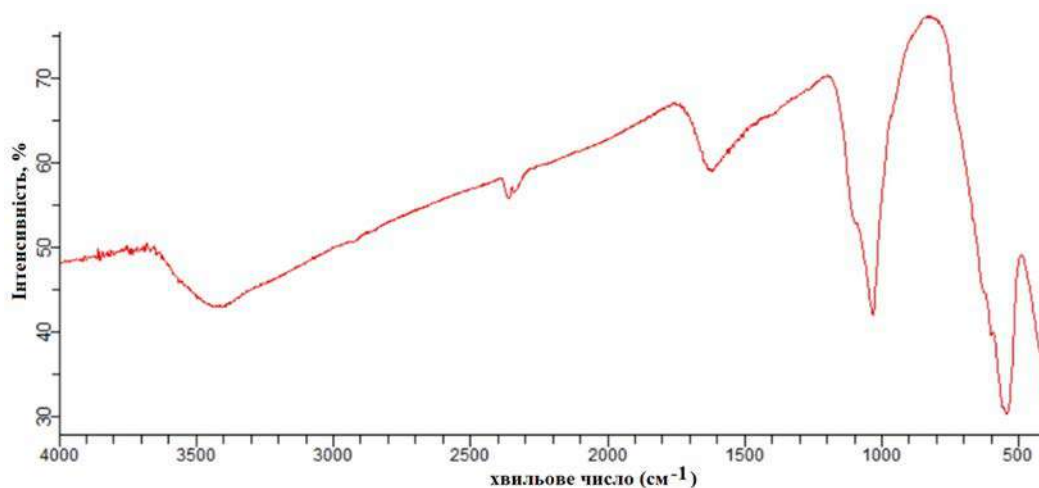


Рис. 1. ІЧ-Фур'є спектр НК ZnFe₂O₄/ГА

Ідентифіковано, що широка смуга поглинання (СП) в області 3500 см⁻¹ відповідає валентним коливанням груп –ОН поверхні гідроксиapatиту та адсорбованої води. Інтенсивний дуплет при 2400-2300 см⁻¹ відповідає валентним коливанням Р-ОН груп. Широка СП в області 1380 см⁻¹ відповідає валентним коливанням зв'язків Р-О. СП 1645 см⁻¹ характеризує деформаційні коливання молекул води, адсорбованих на поверхні наноматеріалу. СП при 1460 см⁻¹ належить деформаційним коливанням груп –ОН, а також вказує на наявність в структурі зразка груп СО₃²⁻. СП в області 1095-1100 см⁻¹ належить коливанням груп РО₄³⁻ і НРО₄²⁻ структури гідроксиapatиту, а СП при 550-480 см⁻¹ відповідають валентним коливанням Zn-О та Fe-О зв'язків шпінелі [1-3].

Отже, методами ІЧ-Фур'є спектроскопії підтверджено процес модифікування цинкового фериту гідроксиapatитом.

1. Камінський, О. М., Кусяк, Н. В., Петрановська, А. Л., Туранська, С. П., Горбик, П. П. Вплив природи поверхні наноструктур на основі однодоменного магнетиту на адсорбцію комплексів цис-дихлордіаміноплатини (II). Хімія, фізика та технологія поверхні. Ін-т хімії поверхні НАН України. 2013. Т. 4, № 3. С. 283-292.

2. Petranovska, A. L., Abramov, N. V., Turanska, S. P., Gorbyk, P. P., Kaminskiy, A. N., Kussyak, N. V.. Adsorption of cis-dichlorodiammineplatinum by nanostructures based on single-domain magnetite. Journal of Nanostructure in Chemistry. 2015. Vol. 5, Is. 3. P. 275-285.

3. Камінський, О. М., Денисюк, Р. О., Чайка, М. В., Писаренко, С. В., Панасюк, Д. Ю. Сорбція йонних форм Цинку(II) з водних розчинів поверхнями магніточутливих нанокompatитів, модифікованих гідроксиapatитом. Український журнал природничих наук. 2023. № 5. С. 70-79. <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/38577>

«ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК КУПРУМ ФЕРИТУ

Хімчик Ольга Сергіївна,
здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти IV курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старшої науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Наночастинки купрум фериту (CuFe_2O_4) привертають увагу дослідників завдяки своїм унікальним властивостям і можливому застосуванню в біомедицині, оздоровленні навколишнього середовища, накопиченні енергії та каталізі.

У оглядовій роботі авторами [1] синтезовано наночастинки CuFe_2O_4 за допомогою методу «зеленого» синтезу, як більш екологічної альтернативи звичайним методам синтезу. Надано критичну оцінку та порівняння використанню НЧ CuFe_2O_4 , виготовлених методом «зеленого» синтезу з використанням екстрактів біоресурсів, таких як: рослини, бактерії, гриби, віруси та водорості. Показано переваги використання методів екологічного синтезу, зокрема знижену токсичність, менше споживання енергії та менший вплив на навколишнє середовище.

На рис. 1 показано «зелений» синтез наночастинок рослинним екстрактом.

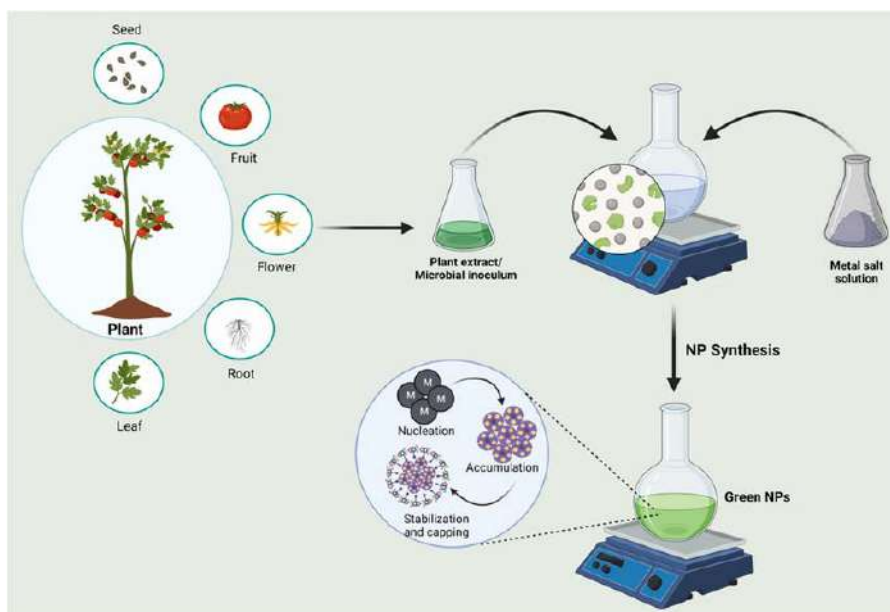


Рис. 1. «Зелений» синтез наночастинок рослинним екстрактом [1]

У оглядовій статті [2] авторами також систематизовано матеріал щодо методів синтезу феритових наночастинок, серед яких описаний «зелений» синтез.

Як бачимо, «зелений» синтез є невід’ємною складовою сучасного синтезу наночастинок різного функціонального призначення.

1. El Messaoudi, N., Ciğeroğlu, Z., Şenol, Z., Kazan-Kaya, E., Fernine, Y., Gubernat, S., Lopičić, Z. Green synthesis of CuFe_2O_4 nanoparticles from bioresource extracts and their applications in different areas: a review. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2024. P. 1-22. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-05264-9>.

2. Divakara, S. G, Mahesh, B. A comprehensive review on current trends in greener and sustainable synthesis of ferrite nanoparticles and their promising applications. *Results in Engineering*. 2024. Vol. 21. 101702. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101702>

ПРОЦЕСИ ВИЛУГОВУВАННЯ ТИТАНУ(IV) З ІЛЬМЕНІТУ РІЗНИМ ЗА СКЛАДОМ ЛУЖНИМ ВИЛУГОВУВАЧЕМ

Ходюк Олександр Васильович,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу, sasahoduk1@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник,
професор (б.в.з.) alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі Хімічна технологія та біоінженерія,
старший викладач кафедри хімії, snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Ільменіт (FeTiO_3) – це важливий мінерал, що містить у своєму складі Ферум та Титан, і є основним джерелом титану для промисловості. Світові запаси ільменіту становлять приблизно 800 мільярдів тонн, та зосереджені в 48 країнах [1]. Відомо що ільменіт, є основним джерелом для одержання калій титанату, який використовуються для виробництва фарб, косметичних засобів, а також проявляє себе у якості адсорбента і фотокаталізатора у процесах очищення стічних вод.

У даній роботі проведено синтез калій титанату методом лужного вилуговування ільменіту [2-3]. У якості вилуговувача використано суміші калій гідроксиду та калій карбонату у масовому співвідношенні ($\text{KOH} : \text{K}_2\text{CO}_3$):100 : 0; 80 : 20; 60 : 40; 40 : 60; 20 : 80 та 0 : 100 (у %). Лужне вилуговування проведено у муфельній печі шляхом сплавлення ільменіту та суміші вилуговувача протягом години за температури 250 °С. Потім суміш розчиняли у воді та визначали вміст Титану(IV) за допомогою спектрофотометра UV-1200 виробництва SPECTRO LAB за довжини хвилі 400 нм. У якості порівняльного розчину використано дистильовану воду.

На рис 1. показано залежність концентрації Ti^{4+} у розчині від масової частки калій гідроксиду за температури 250 °С.

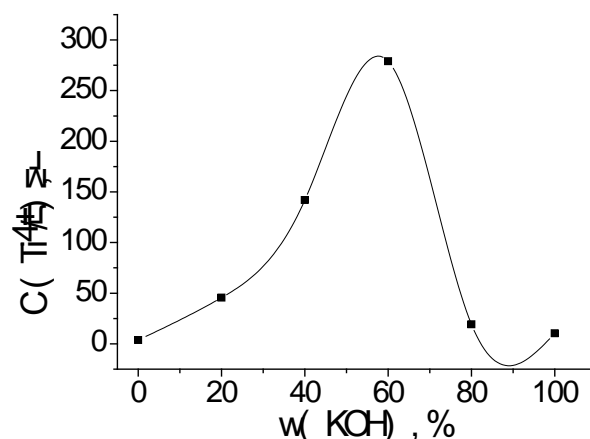


Рис. 1. Залежність концентрації Ti^{4+} у розчині від масової частки калій гідроксиду за температури $250^{\circ}C$

Як можна побачити з рис. 1. характер кривої залежності має максимум для вилугувувача з вмістом KOH 60 %. Таку залежність ймовірно можна пояснити дією калій карбонату на ільменітові центри за цієї температури.

1. TITANIUM MINERAL CONCENTRATES. Назва з екрану. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-titanium-minerals.pdf>

2. S. Pysarenko, V. Chernenko, O. Chygyrynets, O. Chygyrynets, O. Kaminskiy, M. Myronyak Alkaline leaching of titanium from ilmenite of Irshansk deposit. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2021. Vol., № 6. P. 51-56. <http://udhtu.edu.ua/public/userfiles/file/VHHT/2021/6/Pysarenko.pdf>

3. Pysarenko S., Kaminskiy O., Denysiuk R., Yevdochenko O., Chyhyrynets O., Anichkina O., Avdieieva O., Lysetska Y. Determining patterns of leaching titanium(IV) from the Irshansky deposit ilmenite. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 3, iss. 12(129). P. 28-35. <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/40880>

СЕКЦІЯ 5:

**Прикладні аспекти хімії
(фармацевтична, косметична,
харчова, криміналістична,
комп'ютерна, медична хімія,
агрохімія)**

PREPARATION AND CHARACTERISATION OF BETA-GLUCAN FROM YEAST CELL WALLS

Naumenko Krystyna,

Student of the 2nd year of Master's programme, shapkinak@gmail.com
Odesa I. I. Mechnikov National University, Ukraine

Snigur Denys,

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Analytical and
Toxicological Chemistry, snigur@onu.edu.ua
Odesa I. I. Mechnikov National University, Ukraine

Beta-glucans are polysaccharides present in the cell walls of various cereal crops (oats, barley), algae, microorganisms and fungi. In recent years they have attracted much attention as immunomodulators, substances with cancer and radio-protective properties. Beta-glucans from different sources have some differences in their structure. For example, grain β -glucans have a linear macromolecule structure, which includes blocks of β -(1 \rightarrow 4)-linked D-glucopyranose residues separated by β -(1 \rightarrow 3)-links. The block fragments are either tri- or tetramers, the ratio of which varies. Beta-glucans of yeasts and fungi, unlike grain glucans, have a branched structure. The main chain of their macromolecules consists of β -D-glucopyranose residues connected by (1 \rightarrow 3) glycosidic bonds. Side branches, the frequency and size of which are variable, are connected to it at positions O-6 [1].

The biological effect of β -glucans is determined by many factors: the type and configuration of bonds between monosaccharide residues, branching and conformation of the macromolecule, the degree of its polymerization; water solubility, etc. [3]. The β -(1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 6)-D-glucan of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* was found to exhibit the highest physiological activity compared to other glucans [4]. Yeast β -glucan is located in the inner layer of the cell wall [5] where it is combined with protein, manan and chitin. These components are linked by covalent bonds which complicates the technology of cell wall glucan production.

There are different approaches to the isolation of β -glucan from the cell wall of baker's yeast. They are mainly based on the destruction of the cell membrane by physical treatment (ultrasound treatment, freezing, etc.) followed by treatment with alkali or enzymes to remove associated substances. There are data on the production of cell wall glucan by direct treatment of yeast biomass with enzyme preparations which contribute to the destruction of its associated compounds. A method of β -glucan production has been described that involves sequential treatment of yeast with solutions of sodium hydroxide, acetic acid, and sodium acetate followed by autoclaving to remove protein, glycogen, and mannan. However, these methods are labour and energy intensive.

The above determines the relevance of this work, devoted to the development of a simplified method for the production of yeast β -glucan.

The essence of the developed method consists in the use of yeast treatment with hydrogen peroxide to disintegrate cell membranes and subsequent removal of compounds associated with glucan through their stepwise extraction from disintegrated yeast biomass. In the cell membrane disintegration experiments, 3%, 15% and 24% H₂O₂ solutions were used, varying the duration of treatment and the mass ratio of yeast to hydrogen peroxide solution. The disintegrated yeast mass was washed with distilled water and centrifuged. To remove protein and mannan, the solid residue was treated with 3 % NaOH solution for 30 minutes at 18...22 °C and then with 6 % NaOH solution for 60 minutes at 50...60°C. The mixture was centrifuged, the solid phase was suspended in distilled water and 0.1 n HCl solution was added to pH 5.0. The supernatant was separated by centrifugation, the residue was suspended in 0.5 n acetic acid solution and heated to 75°C to remove glycogen, then washed several times with distilled water and dried.

The content of carbohydrate component in the obtained products varied in the range of 82.6 - 97.3 %, protein 0 - 14.5 %, glycogen was absent. The yield of the products was 8.1 - 19.7 %.

It was found that the conditions of yeast treatment with hydrogen peroxide providing high yield of the product in combination with low content of protein in it, are the following: concentration of H₂O₂ in the solution of 3 %, the ratio of yeast - hydrogen peroxide solution 1:2, duration of treatment 180 minutes. Under these conditions the yield of the target product is 14.7 %, its β -glucan content is 89.7 %, protein content is 8.3 %.

Thus, the method of β -glucan isolation using hydrogen peroxide has advantages over the existing methods of its preparation: it allows obtaining a product with higher yield without the use of labour- and energy-intensive operations.

1. Syed H.A. The world of β -glucans – a review of biological roles, applications and potential areas of research. *Thesis for the requirement of master of Science – Medical Biology*. 2009. P. 13-18.
2. Petravić-Tominac V., Zechner-Krpan V., Grba S., Srećec S., Panjkota-Krbavčić I., Vidović L. Biological effects of yeast β -glucans. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2010. V. 75. P. 149–158.
3. Korolenko T.A., Bgatova N.P., Vetvicka V. Glucan and Mannan – Two Peas in a Pod. *Int. J. Mol. Sci.* 2019, V. 20. P. 3189
4. Rodrigues M.V., Zanuzzo F.S., Koch J.F.A., de Oliveira C.A.F., Sima P., Vetvicka V. Development of Fish Immunity and the Role of β -Glucan in Immune Responses. *Molecules*. 2020. V. 25(22). 5378
5. Chen J., Seviour R. Medicinal importance of fungal β -(1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 6)-glucans. *Mycological research*. 2007. V. 111. P. 635–652.

DETERMINATION OF THE PZC OF ENTEROSORBENTS

Liubomyr Lukaniuk

M.Sc. student of the Chemistry Department, liubomyr.lukaniuk.22@pnu.edu.ua
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine

Ihor Mykytyn

Ph.D., Associate Professor of the Chemistry Department, ihor.mykytyn@pnu.edu.ua
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine

Iryna Prokipchuk

Leading specialist of the Chemistry Department, iryna.prokipchuk@pnu.edu.ua
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine

Enterosorbents are a widely used class of medicines in Ukraine, known for their sorption and detoxification properties. A diverse range of products on the domestic pharmaceutical market and affordable prices have contributed to popularity of enterosorbents among doctors and patients. In this study, we compared four medicines comprising enterosorbents widely available on Ukrainian pharmaceutical market: common activated carbon, Sorbex Ultra (active ingredient: highly dispersed activated carbon), Neo Sorb Active (active ingredient: silicon dioxide), Atoksil (active ingredient: highly dispersed silicon dioxide) and commercial materials, specifically activated carbon and silicon dioxide.

The point of zero charge (PZC) characterizes the surface charge of the sorbent [1]. Specifically, the surface charge is negative when the pH is greater than the pH_{PZC} and positive when the pH is lower than the pH_{PZC}. In essence, the pH_{PZC} represents the equilibrium point where the surface charge of the adsorbent is rendered neutral.

A series of experiments was conducted to determine the surface charge of the sorbent. The

point of zero charge of sorbents was measured by the pH-drift method [2]. The pH is monitored using a pH meter ADWA AD1020 (Hungary).

In this study, 10 mL solutions of 0,01 M sodium chloride (NaCl) were poured into the Erlenmeyer flasks. The pH values were adjusted utilizing 0,01 M hydrochloric acid (HCl) or 0,01 M sodium hydroxide (NaOH) solutions. Subsequently, 50 mg of sorbent was introduced into each flask and stirred for 1 hour at room temperature. Then the final pH was measured.

The dependence of the final pH (pH_f) on the pH of the initial solution (pH_i) was plotted based on the obtained results. The value of ΔpH was determined graphically as the point of intersection of the experimental curve of pH_{final} versus $pH_{initial}$ with the line $pH_{final} = pH_{initial}$. The results of the experimental determination of the pH_{PZC} of sorbents are shown in Fig. 1.

The curves of equilibrium pH (pH_f) vs. initial pH (pH_i) show that commercial silicon dioxide, Atoksil, Neo Sorb Active, commercial activated carbon, Sorbex Ultra, common activated carbon have pH_{PZC} 4.50, 5.20, 6.00, 8.00, 8.50, 9.40, respectively.

The values $pH_{PZC} = 8.00$ for commercial activated carbon, $pH_{PZC} = 8.50$ for Sorbex Ultra, $pH_{PZC} = 9.40$ for common activated carbon suggest that basic functional groups are present on the surface of these adsorbents. The values $pH_{PZC} = 4.50$ for commercial silicon dioxide, $pH_{PZC} = 5.20$ for Atoksil, $pH_{PZC} = 6.00$ for Neo Sorb Active suggest that acidic groups are present on the surface of these adsorbents.

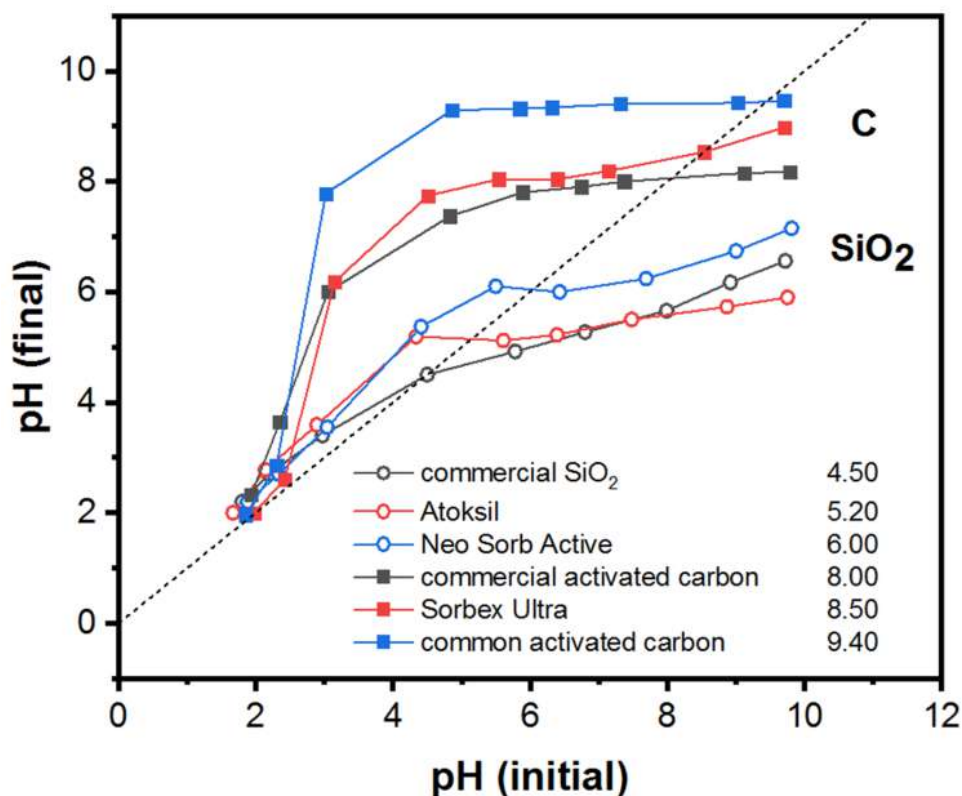


Fig. 1. Point of zero charge of investigated samples

References:

1. Kosmulski M. et al. The pH dependent surface charging and points of zero charge. X. Update. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2023. P. 102973.
2. Aldegs Y., Elbarghouthi M., Elsheikh A., Walker G. Effect of solution pH, ionic strength, and temperature on adsorption behavior of reactive dyes on activated carbon. *Dyes and Pigments: An International Journal*. 2008. V. 77 (1). P. 16–23.

ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА КОСМЕТИЧНІ ЗАСОБИ ПІНОМИЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Бідовська Катерина Володимирівна,
здобувач вищої освіти IV курсу, kbidovska@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юріївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка, доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

З плином часу людство все частіше почало використовувати засоби для догляду за тілом із метою власної гігієни. Цей фактор дав можливість розвитку та створення різноманітних засобів піномийного призначення. Шампунь як один із представників таких засобів є зазвичай рідкою речовиною (формою), в ньому міститься розчинник (вода, спирт, рослинні екстракти), лужні солі вищих карбонових кислот, що є розчинними, а також біологічно активні речовини (БАР).

Існує безліч видів косметичних миючих засобів для волосся, тому їх можна умовно класифікувати за складом, формою випуску та за призначенням. За складом шампуні поділяють на ті, які за основу беруть синтетичні поверхнево-активні речовини (ПАР), мило та суміші мила з ПАР. За консистенцію (або формою випуску) розрізняють тверді, рідкі, гелеподібні, кремоподібні й аерозольні шампуні. За призначенням можна виділити: гігієнічні шампуні (для постійного використання з метою очищення волосся та шкіри голови), декоративні (дають нетривалий відтінюючий ефект) та лікувально-профілактичні (можуть призначатися лікарем із метою лікування шкіри та волосся, для запобігання виникнення лупи та випадіння волосся тощо) [1].

Якщо дослідити склад маркувань і видів піномийних засобів, можемо зробити висновок про основні компоненти, що є у більшості шампунів. Так, основою шампуню, зазвичай, є вода, але можуть використовуватися й інші засоби у ролі розчинника.

Надзвичайно важливою складовою є поверхнево активні речовини (ПАР), завдяки яким ми і можемо отримати бажані результати після застосування. ПАР – це біполярні сполуки органічного походження, які складаються з гідрофобної (довгий ланцюг вуглеводневих радикалів більше 8 атомів карбону) й гідрофільної (різні функціональні групи) частин. Саме завдяки цим функціональним частинам молекули й здійснюється очищення. Гідрофобна частина притягує бруд й жир, а гідрофільна – воду [2].

ПАР можна поділити на чотири класи: катіонні, аніонні, амфотерні та неіоногенні. На основні досліджень Наукового центру превентивної технології, харчової та хімічної безпеки імені Л. І. Медведя було отримано результати, в яких поверхнево активні речовини розподілили за ступенем токсичності. Виявлено, що катіонні проявляють найбільш токсичну дію, в той час, коли найменш токсичну – неіоногенні. Залежність концентрації різних видів ПАР до дії на організм ми можемо спостерігати на рис. 1 [3].

Згідно з ДСТУ, масова частка ПАР не має перевищувати 15%. У ролі таких речовин зазвичай виробники піномийних засобів використовують кватерніум-15, цетримоній хлорид (катіонні ПАР), складноєфірну камедь, глікозиди та моностеарати гліцерину (неіоногенні ПАР), кокамідопропілбетаїн (амфотерні ПАР). Часто у складі можна зустріти такі речовини, як натрій лауретсульфат (SLES) і натрій лаурилсульфат (SLS). Вони є агресивними поверхнево-активними речовинами й можуть змивати захисний шар шкіри, стимулюючи роботу сальних залоз голови. Хоча вони і не є небезпечними, через що досі зустрічаються у складах шампунів, але при тривалому використанні можуть значно нашкодити людині, котра їх постійно використовує [4].

Як альтернативу, виробники засобів пінно-мийного призначення запропонували використовувати безсульфатні шампуні, що не містять агресивних ПАР. У їх складі використовуються речовини в основному рослинного походження, наприклад, такі як: лауреат сульфосукцинати, лаурилглюкозиди, децил глюкозиди, кокоглюкозиди, що одержуються з жирних спиртів натуральних олій, а також глюкози.

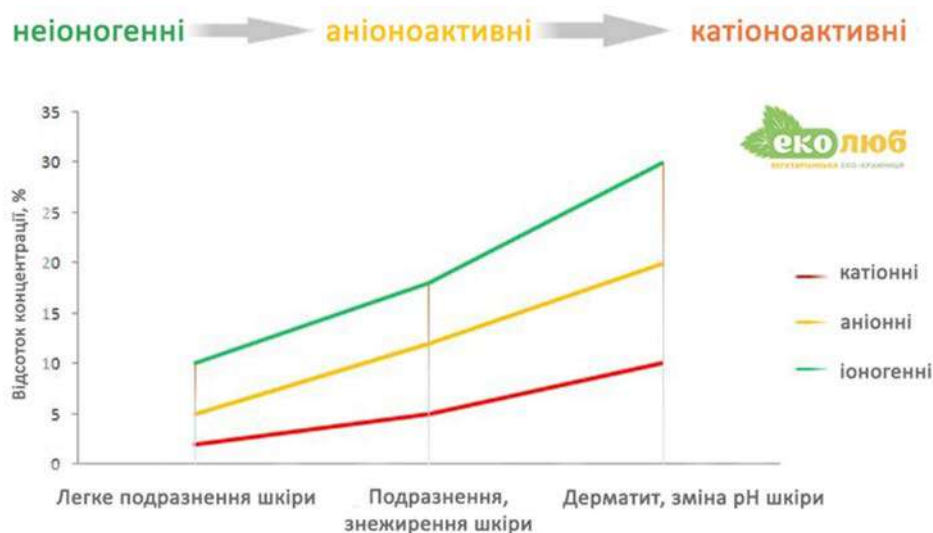


Рис. 1. Залежність концентрації різних видів ПАР до дії на організм людини

Окрім натурального походження, до переваг безсульфатних шампунів можна також віднести те, що вони не пошкоджують шкіру голови й не руйнують ліпідний шар, а ще не викликають надмірної стимуляції сальних залоз. Але при цьому недоліком таких шампунів є їх дорога вартість, невисока здатність добре пінитися, й потреба користуватися засобами для більш глибокого очищення, адже ці засоби не можуть змити деякі засоби для укладки волосся.

Для того, щоб не мати негативних наслідків, насамперед важливо читати етикетку на звороті обраного шампуню. В складі має бути чітко прописана кожна речовина, що міститься у косметичному засобі, тому кожен має можливість ознайомитися з товаром, який купує. Варто пам'ятати, що незалежно від ціни, агресивні ПАР можуть бути присутніми й у більш дорогих зразках, тому на це також потрібно звертати увагу при виборі, адже слідкувати за власним здоров'ям – це завжди в інтересах споживачів.

1. MedMuv. Косметичні засоби піномийного призначення. Шампуні. URL: <https://medmuv.com/uk/klasifikacia-sampuniv-2/>
2. Пешук Л.В., Бавіка Л.І., Демідов І.М. Технологія парфумернокосметичних продуктів. К.: Центр учбової літератури. 2007. С. 376.
3. Еколюб. Чим небезпечні ПАРи? URL: <https://ecolub.ua/ua/post/chem-opasnu-pav>
4. Тетяна Мележик. «Як зрозуміти, що у шампуня хороший склад: яких компонентів не повинно бути — читайте етикетку». URL: <https://tsn.ua/zdorovya/korysni-statti/yak-zrozumiti-scho-u-shampunya-horoshiy-sklad-yakih-komponentiv-ne-povinno-buti-chitayte-etiketku-2516047.html>

ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ У ВИГОТОВЛЕННІ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Вигівська Карина Романівна,
здобувач вищої освіти IV курсу, vygovskaakarina2@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка, доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Догляд за зовнішнім виглядом є надзвичайно актуальною темою в сучасному світі, де здоровий, доглянутий образ став не лише ознакою краси, але й важливим аспектом особистого

благополуччя та впевненості. Турбота про зовнішність об'єднує різні аспекти, зокрема догляд за шкірою, волоссям, тілом і загальний підхід до здорового способу життя.

Сучасні технології відкривають перед нами безліч можливостей і перспектив для догляду за собою та покращення стану волосся й шкіри. Асортимент косметичних компаній на сьогодні є надзвичайно широким. Найбільшого використання серед групи косметичних засобів набули креми для обличчя. Адже вони містять у своєму складі певні нанотехнології, а саме системи-носії, що дають можливість переносити обрані активні речовини в глибокі шари шкіри. Такі наночастинки є досить стабільними та стійкими, адже здатні витримувати температуру навіть 50 °С.

На сьогоднішній день набирає популярності інноваційна косметика, для виробництва якої використовують сучасні біотехнології. Така косметична продукція відрізняється за її унікальним і натуральним складом, що проявляє цілу низку регенеруючих властивостей для шкіри. Стовбурові клітини, введені до складу косметичних засобів виступають у ролі молекулярних регуляторів, що дозволяють зберегти тонус шкіри та запобігати її старінню, вони не викликають звикання і можуть використовуватися курсами або ж на постійній основі. Речовини, які містяться в таких косметичних засобах, чинять живильну і регенерувальну дію на шкіру. Завдяки їм можна не тільки зволожити і поліпшити стан шкіри, а й звести до мінімуму знебарвлення або рубці. Такі інновації, як використання стовбурових клітин в кремах для обличчя, часто є частиною профілактики зморшок, тобто запобігають старінню і сприяють омолодженню шкіри [2].

Ідея використовувати **генетичні дослідження для створення індивідуальних косметичних засобів** є новим і перспективним підходом, який дозволяє максимально адаптувати догляд за шкірою, волоссям і тілом до потреб конкретної людини. Такий підхід базується на **аналізі генетичних даних**, які можуть вказати на схильності до певних проблем шкіри, потреби в окремих вітамінах і мікроелементах, особливості старіння тощо. Цей підхід до догляду став справжньою революцією в індустрії краси і відкриває нові можливості для індивідуалізованого догляду. За допомогою такого підходу, можна персоналізовано створити засоби, що забезпечать максимально позитивний результат.

Провідним напрямом досліджень стала розробка нових методів реалізації генетичного коригування. Використання біоінформатики для індивідуального підбору засобів омолодження в залежності від генетичних особливостей людини. Також набирає обертів у своїй популярності мікробіомна косметологія, яка полягає у використанні корисних мікроорганізмів для поліпшення стану шкіри.

Застосування біологічно активних речовин використовується у косметології для абсолютно різних цілей. Вони здатні, як зволожити, так і боротися зі зморшками. Найбільше їх використовують для виготовлення натуральної косметики. Ці типові новаторські технології обіцяють змінити галузь косметології та надати людям найбільш ефективніші та безпечніші засоби для догляду за собою [1].

Отже, інноваційні методи у виготовленні косметичних засобів дозволяють створювати ефективні, безпечні та екологічні продукти, що відповідають сучасним потребам споживачів. Використання новітніх технологій, таких як нанотехнології, біотехнології, генетичне тестування тощо, дозволяє розробляти косметику, яка забезпечує максимальний догляд і підтримку для шкіри та волосся. Інновації не лише роблять косметику більш дієвою, але й сприяють стійкості виробництва та екологічності, що є важливими аспектами сучасної косметичної індустрії.

1. Біотехнологічні дослідження у сфері омолодження: принципи, види та переваги. URL: <https://bio-energy.com.ua/biotehnolohichni-doslidzhennya-u-sferi-omolodzhennya-pryntsy-py-vydy-ta-perevahy/>

2. Біотехнології в косметології. URL: <https://jnacademy.com.ua/blog/253-biotechnologies-in-cosmetology>

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ БАЛЬЗАМУ ДЛЯ ГУБ ІЗ СОНЦЕЗАХИСНИМ ЕФЕКТОМ

Галатонов Владислав Ігорович,
здобувач вищої освіти VI курсу, mr0581@ukr.net
Херсонський національний технічний університет, Україна

Рацук Марія Євгенівна,
кандидат технічних наук, доцент, mr0581@ukr.net
Херсонський національний технічний університет, Україна

Щоб запобігти опікам і фотостарінню, захищатись від сонця потрібно всім. Вплив ультрафіолету на шкіру має накопичувальний характер. Серед довгострокових наслідків – ризик розвитку меланоми та передчасне старіння шкіри [1]. Одне з найбільш вразливих місць для використання сонцезахисту – це губи. Шкіра на губах тонка і може швидко обгоріти або пошкодитися на сонці. Тому створення бальзаму для губ із сонцезахисним ефектом є актуальним завданням.

Основне завдання, яке має виконувати хороший бальзам для губ, – захист шкіри від стягнутості та лущення; розтріскування; втрати вологи; морозу; вітру; ультрафіолетового випромінювання; температурних перепадів та сухого повітря.

Найкращі бальзами для губ у літню пору – засоби з високим вмістом зволожувальних компонентів і сонцезахисними фільтрами.

Для захисту шкіри від негативної дії УФ променів до складу косметичних засобів додають ряд спеціальних речовин, що здатні поглинати, відбивати чи нейтралізувати дію ультрафіолету – УФ-фільтри. Це речовини, що вибірково поглинають випромінювання УФА та/або УФВ спектру.

За своєю природою УФ-фільтри поділяються на дві групи: фізичні та хімічні. І ті й інші традиційно використовуються в сонцезахисній косметиці. Для сонцезахисного засобу можна підібрати будь-яку необхідну комбінацію УФ-фільтрів: наприклад, обрати кілька УФВ фільтрів, або один фільтр з широким діапазоном поглинання, або підібрати комбінацію фільтрів для декількох зон ультрафіолетового спектру. Найчастіше використовуються одночасно УФА та УФВ фільтри.

В роботі досліджено можливість приготування бальзаму для губ із сонцезахисним ефектом у домашніх умовах. В якості сонцезахисного компоненту обрали хімічний фільтр – октилметоксициннамат – надійний косметичний УФ-фільтр, олієрозчинний компонент, який, як стверджують літературні джерела, є ідеальним агентом для сухих олій та щільних бальзамів, та напрочуд легко вводиться в такі формули. Для порівняння взяли фізичний фільтр – оксид цинку олієдиспергований – порошкоподібний сонцезахисний компонент, який широко використовується через його здатність блокувати УФ-промені, що робить його звичайним інгредієнтом при виробництві сонцезахисної косметики.

У рецепт розробленого бальзаму додавали вітаміни А та Е та ефірні олії ванілі та кориці. Для того, щоб одержаний бальзам для губ мав не тільки корисні, але й декоративні властивості, до складу косметичного засобу вводили міку косметичну марок Sunset Pink Mica та Apple Blossom. В результаті проведеного дослідження одержано бальзами для губ з сонцезахисним ефектом, які мають гарний колір, приємний аромат, є нешкідливими для губ завдяки використанню натуральних компонентів та мають комплекс корисних властивостей.

1. Усе, що треба знати про захист від сонця. [Електронний ресурс]. – Електрон. дані: 20 травня 2019. – Режим доступу: <https://www.village.com.ua/village/service-shopping/beauty/285215-sun-screen>.

ВПЛИВ БАГАТОАТОМНИХ ОРГАНІЧНИХ СПИРТІВ НА ЗАКОНОМІРНОСТІ ХІМІЧНОГО РОЗЧИНЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ CdTe ТА ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ НА ЙОГО ОСНОВІ У БРОМВИДІЛЯЮЧИХ ТРАВНИКАХ

Галушко Юлія Миколаївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, yliu.galushko2@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, denisuknet@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Томашик Василь Миколайович,
доктор хімічних наук, професор кафедри хімії,
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Кадмій телурид і тверді розчини на його основі є перспективними матеріалами для створення оптоелектронних приладів, зокрема для сонячних елементів, детекторів рентгенівського випромінювання та інфрачервоних сенсорів. Важливою стадією у виробництві таких приладів є хімічне травлення монокристалів, що дозволяє досягти необхідної якості поверхні. Багатоатомні органічні спирти, що додаються до травників, можуть впливати на процес розчинення кристалів CdTe та їх поверхневі властивості.

Мета дослідження було вивчення впливу багатоатомних органічних спиртів (етиленгліколю, гліцерину) на швидкість і механізм розчинення монокристалів CdTe та твердих розчинів на його основі у бромвиділяючих травниках.

Хімічне травлення проводилось у бромвиділяючих розчинах на основі калій дихромату, що додатково розводилися шляхом додавання різних концентрацій багатоатомних органічних спиртів. Використовувались методи мікроскопічного та профілометричного аналізів для вивчення морфології поверхні після травлення та дослідження стану поверхневого шару полірованих монокристалів.

За результатами проведених експериментальних досліджень закономірностей хімічного розчинення монокристалів CdTe та твердих розчинів на його основі у бромвиділяючих травниках встановлено:

1) Введення багатоатомних органічних спиртів до бромвиділяючих травників змінює швидкість розчинення монокристалів CdTe. Зокрема, етиленгліколь і гліцерин знижують швидкість розчинення, що ймовірно пов'язано зі збільшенням в'язкості травильних розчинів та сповільненням надходження до поверхні монокристалів свіжих порцій активних компонентів травильних розчинів та видаленням продуктів їх взаємодії.

2) Виявлено, що ефективність процесу хімічного полірування залежить від концентрації багатоатомного спирту та його складу. Багатоатомні спирти збільшують адсорбцію на поверхні монокристалів, знижуючи активність бромідних йонів і зменшуючи рН розчинів.

3) Додавання багатоатомних спиртів до бромвиділяючих травників сприяє утворенню гладкої полірованої поверхні CdTe та твердих розчинів на його основі, покращенню їх морфології, що дозволяє їх використовувати як матеріал для створення оптоелектронних приладів.

4) За рахунок великої кількості гідроксильних груп багатоатомні спирти можуть утворювати комплекси з активними компонентами травника, знижуючи їх концентрацію на поверхні кристала та зменшуючи швидкості хімічного розчинення.

5) Встановлено, що багатоатомні спирти діють як інгібітори процесу хімічного розчинення, модифікуючи поверхню монокристалів, що сприяє утворенню полірованої високоякісної поверхні напівпровідникових монокристалів.

Результати дослідження свідчать, що додавання багатоатомних органічних спиртів до бромвиділяючих травників дозволяє контролювати швидкість і якість хімічного розчинення монокристалів CdTe та твердих розчинів на його основі. Цей підхід відкриває перспективи для оптимізації процесів травлення в оптоелектроніці та підвищення продуктивності приладів на основі CdTe.

ОСОБЛИВОСТІ РЕЦЕПТУР ШАМПУНІВ ДЛЯ ДІТЕЙ

Давидчук Руслана Василівна,
здобувач вищої освіти IV курсу, ulybka1672@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Дитячі шампуні – це засоби, призначені для очищення волосся немовлят і дітей віком до трьох років. Ці косметичні продукти спеціально розроблені, щоб не викликати подразнення. Очищувальні інгредієнти (поверхнево-активні речовини), які використовуються в дитячих шампунях, розроблені таким чином, щоб діяти набагато м'якше на шкіру та очі, ніж ті, які зазвичай використовуються в шампунях для дорослих. Їх часто рекламують як засоби без сліз. Дорослі з чутливим волоссям або шкірою також можуть використовувати ці продукти. Шампуні для дітей повинні складатися з натуральних компонентів, мати нейтральне рН-середовище та легкий аромат, без використання сильних віддушок. Також важливо використовувати емульгатори, які не містять електролітів, щоб уникнути пересушування шкіри. Для запобігання алергічних реакцій та подразнення шкіри дитини не рекомендується додавати барвники та небезпечні консерванти [1].

До складу рецептури дитячого шампуню повинні входити олії. Вони містять жирні кислоти, які зволожують шкіру і підтримують її гідроліпідний баланс. Зазвичай додають мигдальну олію, яка зменшує сухість і лущення шкіри голови, має заспокійливий і пом'якшувальний ефект, сприяє відновленню шкіри, допомагає зняти свербіж, а також позбутися дерматиту. Також до складу компонентів дитячого шампуню можуть входити: *екстракт ромашки* (має заспокійливу та протизапальну дію для шкіри голови); *гліцерин* (допомагає шкірі підтримувати власну вологість, щоб захистити її від пошкоджень, спричинених сухістю); *пантенол* (використовується в дитячому шампуні, надаючи м'якість і гладкість волоссю, а також покращує зовнішній вигляд і відчуття); *екстракт алое вера* (має зволожуючі та заспокійливі властивості, допомагає зменшити подразнення шкіри, зволожує її та допомагає забезпечити комфорт шкіри голови дитини).

В якості очищувальних компонентів в дитячих шампунях використовують кокамідопропілбетаїн і децилглюкозид. Децилглюкозид є інгредієнтом, отриманим із речовин рослинного походження, виготовлених із жирів, цукрів і спиртів, які зазвичай містяться в кукурудзяному цукрі, кокосових горіхах і пальмовій олії. Хімічно – це алкілглюкозид, який утворюється в результаті реакції глюкози з кукурудзяного крохмалю з жирним спиртом. Децилглюкозид також відомий як дециловий спирт. Він має чудову піноутворюючу здатність і дуже приємний до шкіри. Часто використовується для будь-якого типу шкіри та є відповідною допоміжною поверхнево-активною речовиною в багатьох миючих засобах. Вважається ідеальним для чутливої шкіри. Має емульгуючі властивості і добре живить шкіру. Кокамідопропілбетаїн є поверхнево-активною речовиною, яка отримана з кокосової олії. Це м'який інгредієнт, який виробники включають в продукти для немовлят. Всі ці компоненти, які містяться в складі дитячих шампуней, дбайливо очищують шкіру голови, не викликаючи сухості, лущення та інших подразнень [2].

Таким чином, рецептура дитячих шампунів має низку особливостей, спрямованих на забезпечення м'якого, безпечного очищення та зволоження без подразнень. Використання м'яких ПАВ, нейтрального рН-середовища, відсутність агресивних консервантів та натуральні зволожуючі компоненти роблять ці засоби ідеальними для чутливої дитячої шкіри та волосся. При виборі дитячого шампуню важливо звертати увагу на склад і маркування, щоб забезпечити комфортний і безпечний догляд для малюка.

1. Петровська Л. С., Нематулаєва С., Беспала Ю. О. Дослідження перспективних ПАР для розробки складу шампуню по догляду за шкірою та волоссям дітей першого року життя. Косметологія та ароматологія етапи становлення і майбутнє : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 22-23 лют. 2018 р. Харків, 2018. С. 99-100.

2. Приходько К, Авдієнко Т., Ніколенко М. Розробка рецептури дитячого шампуню для сухої шкіри голови. ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» Дніпро, Україна. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/22418/1/46-47.pdf>

ВИКОРИСТАННЯ ТИТАН ДІОКСИДУ В КОСМЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Єременко Іванна Олегівна,
здобувач вищої освіти IV курсу, ivannaeremenko199@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Титан діоксид – один із найбільш поширених продуктів у хімічній індустрії. Він з кожним днем набуває все ширшого використання у косметичній, харчовій, фармацевтичній, лакофарбовій промисловості. Використовують його в основному як білий пігмент.

У косметичній галузі титан (IV) оксид відіграє не лише роль пігменту або стабілізатора, а й входить у косметичні засоби як сонцезахисний фільтр. Він має здатність відбивати УФ-випромінювання, тому його часто можна зустріти в складі сонцезахисних кремів, основ, бальзамів для губ тощо. Титан діоксид, завдяки своїм властивостям не дає змоги УФ-променям надходити в глибокі шари шкіри, тим самим попереджаючи негативний вплив їх на шкіру (опіки, старіння шкіри, дерматологічні захворювання тощо). У миловарінні його застосовують в якості білого барвника для помутніння мильної основи, адже після додавання титан(IV) оксиду до мильної композиції, він надає сніжно-білий відтінок, при цьому роблячи її матовою.

За фізичними властивостями титан (IV) оксид являє собою білий порошок, який не розчиняється у воді та маслах. Він є малоактивною, тугоплавкою речовиною. Його температура плавлення становить 1870°C.

Титан діоксид добувають газофазним окисненням титан (IV) хлориду киснем повітря. Він існує у трьох кристалічних модифікаціях. Основною модифікацією являється рутил [1].

На теперішній час із титанвмісної сировини TiO_2 добувають такими основними способами: хлоридним та сульфатнокислотним. Також активно прогресують ще такі методи переробки сировини, як фторидний метод, лужне вилуговування, вилуговування слабкими кислотами [2].

За хімічними властивостями титан діоксид є амфотерним оксидом. При взаємодії з лугами або основними оксидами він вступає в реакції сплавлення, утворюючи мета- та ортотитанати. Добре взаємодіє з кислотами. Під час нагрівання з концентрованою сульфатною кислотою, утворює оксотитану сульфат ($TiOSO_4$) [1].

Титан (IV) оксид хоч і вважається більш безпечною речовиною, але певні дослідження засвідчують можливі побічні ефекти при використанні великих доз, тому кількість вмісту TiO_2 регулюється законодавством.

Отже, титан діоксид є незамінним інгредієнтом у косметиці, особливо в сонцезахисних засобах, декоративній косметиці та продуктах для догляду за чутливою шкірою. Завдяки своїм захисним, освітлюючим і стабілізуючим властивостям, він забезпечує ефективний і безпечний догляд. Однак при виборі продуктів важливо враховувати форму титан діоксиду, особливо якщо мова йде про засоби для щоденного використання, аби зберегти баланс між його захисними властивостями і зовнішнім виглядом.

1.О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Іванов. Загальна та неорганічна хімія. 2000. С. 548-557.

2.С.В. Писаренко; В.Ю. Черненко; О.Е. Чигиринець; О.М. Камінський; М.О. Мироняк. Лужне вилуговування титану з ільменіту Іршанського родовища. Питання хімії та хімічної технології. 2021. С. 51–56.

ВИКОРИСТАННЯ ЛІКАРСЬКОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В КОСМЕТОЛОГІЇ

Забродський Ілля Олегович,
здобувач вищої освіти IV курсу, groomkol@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юріївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Використання лікарської рослинної сировини у косметології має давні традиції та велику розповсюдженість у світі. Природні компоненти рослин – це джерело активних речовин, які впливають на шкіру та волосся, надаючи їм здорового вигляду, блиску, підтримуючи природний баланс. В умовах сучасної екології та постійних стресів косметика на основі рослинної сировини стає все більш актуальною завдяки м'якій дії та мінімальному ризику побічних ефектів. Лікарські рослини, такі як ромашка, календула, алое вера та багато інших, містять унікальні вітаміни, мінерали, антиоксиданти та інші корисні компоненти, що сприяють омолодженню та відновленню шкіри. Розглянемо детальніше застосування лікарської рослинної сировини у косметологічних засобах [1].

Обліпиха крушиноподібна – невелике дводомне дерево або великий кущ заввишки 4-5 м. У косметології використовують її плоди – соковиті кістянки кулястої або довгасто-еліпсоподібної форми, з плодоніжкою або без неї, містять одну кісточку, від 4 до 12 мм завдовжки. Плоди обліпихи – цінна полівітамінна сировина для одержання обліпихової олії, яку застосовують як ранозагоювальний, бактерицидний та знеболювальний засіб. Наприклад, їх використовують в кремі «Таліта», який є зволожуючим для всіх типів шкіри засобом. Крем сприяє регенерації клітин, відновлює їх еластичність, що призводить до розгладжування зморшок та відновлення природної свіжості шкіри. Також використовується і олія насіння обліпихи, яка допомагає відновити баланс шкіри та зменшує почервоніння, зокрема олія міститься в такому товарі «Sibu Sea Berry Seed Oil».

Кавун – однорічна ліана, має довге сланке стебло (до 5 м завдовжки) з вусиками. Його насіння використовується в різних косметичних засобах завдяки живильним, зволожувальним і антиоксидантним властивостям. З цієї РЛС виготовляють не тільки звичні креми або лосьйони, а ще й масла для волосся і шкіри голови, наприклад «African Botanicals Marula Oil» – мультифункціональна олія, що містить олію насіння кавуна та інші натуральні масла, підходить для волосся та шкіри голови. Цікаво, що зокрема ЛРС кавуна використовують в бальзамах для зняття макіяжу таких як «Clinique Take The Day Off Cleansing Balm» – бальзам для зняття макіяжу, який містить м'які олії, включаючи олію насіння кавуна, і підходить для чутливої шкіри.

Маслина європейська – вічнозелене дерево заввишки 3-7 м. Плід – довгаста або шароподібна кістянка чорного, червонуватого, фіолетового або білуватого кольору. ЛРС жирна олія – вона зелено-жовтого кольору, за кімнатної температури прозора рідина без запаху, приємна на смак. Оливкова олія є популярним інгредієнтом у косметиці завдяки своїм зволожувальним, антиоксидантним та поживним властивостям. Вона містить вітаміни А, D, Е та К, які сприяють здоров'ю шкіри і волосся. Через свої зволожувальні властивості дану ЛРС використовують в шампунях, гарним прикладом є «Garnier Botanic Therapy Olive Oil Shampoo» – шампунь з оливковою олією для сухого і пошкодженого волосся, який допомагає зміцнити та відновити волосся. Ці ж властивості дають можливість використовувати таку сировину і в бальзамах для губ, таких як «Vaseline Lip Therapy Olive Oil Lip Balm» – бальзам для губ з оливковою олією, який забезпечує зволоження та захист губ від сухості. Виготовляють і гелі для душу – «Palmolive Naturals Olive & Milk Shower Gel»

— гель для душу з оливковою олією та молочними протеїнами, що м'яко очищає і зволожує шкіру.

Мигдаль звичайний – невелике дерево до 2-6 м заввишки або гіллястий кущ. Плід – кістянка довгасто-яйцеподібної форми з глибоким поздовжнім жолобком. ЛРС жирна олія – безбарвна або жовтувата рідина, без запаху, приємна на смак. Вона містить вітаміни А, Е, D, а також незамінні жирні кислоти та антиоксиданти, які допомагають шкірі залишатися зволоженою, зменшують ознаки старіння і сприяють регенерації клітин. Мигдальна олія також має протизапальні властивості, що робить її чудовим вибором для догляду за чутливою та схильною до подразнень шкірою.

Також використовують жмих насіння солодкого мигдалю – побічний продукт, який отримують після віджиму мигдалевої олії. Він містить багато корисних речовин, таких як білки, вітаміни (особливо Е і В), антиоксиданти, мінерали та амінокислоти. Розпочну зі жмиха. Оскільки жмих з даної ЛРС містить багато живильних речовин то його використовують в скрабах для обличчя таких як «Natura Siberica Face Mask with Almond Meal» – маска для обличчя з мигдальним жмихом, що живить та зволожує шкіру. Також дана ЛРС може входити до складу мила, на кшталт «L'Erbolario Sweet Almond Exfoliating Soap» – мило з жмихом солодкого мигдалю, яке одночасно очищує та відлущує шкіру, підходить для чутливої шкіри.

Оскільки олія мигдалю позитивно впливає на шкіру її використовують в кремах наприклад «Dr. Sante Almond Face Cream» – крем для обличчя з мигдальною олією для сухої та зневодненої шкіри, який інтенсивно живить і робить шкіру м'якою. Через ці ж властивості виготовляють з даної ЛРС лосьйони в тому числі дитячі такі як «Johnson's Baby Oil with Almond Oil» – легке масло для тіла з мигдальною олією, що підходить як для дитячої, так і для дорослої шкіри.

Соя – однорічна трав'яниста опушена рослина до 1 м заввишки. Плід – довгастий біб з 1-4 насіннями. Насіння кулеподібне або овальне, жовтого, зеленого, коричневого або майже чорного кольору, залежно від сорту. ЛРС жирна олія – прозора рідина блідо-жовтого кольору.

Соеву олію використовують в косметичних засобах завдяки її зволожувальним, відновлювальним і антиоксидантним властивостям. Вона містить вітаміни Е, К, а також жирні кислоти, такі як лінолева і олеїнова, які допомагають підтримувати природний бар'єр шкіри.

Цікавим продуктом з даної ЛРС є «Fresh Soy Face Serum» – сироватка для обличчя з соєвою олією, яка глибоко зволожує шкіру, допомагає зменшити дрібні зморшки та забезпечує сяючий вигляд. Зі схожими функціями виготовляють «Origins Original Skin Retexturizing Mask with Rose Clay & Soybean Oil» – маска для обличчя з рожевою глиною та соєвою олією, що очищає пори, вирівнює тон і текстуру шкіри.

Бджолиний віск отримують двома способами: витоплюванням та екстракцією органічними розчинниками. Для медичного використання віск отримують шляхом сонячного воскотоплення або плавлення воскосировини з подальшим пресуванням. У медицині використовують відбілений віск.

Бджолиний віск є цінним інгредієнтом у косметиці завдяки своїм захисним, зволожувальним та пом'якшувальним властивостям. Він створює на поверхні шкіри бар'єр, який утримує вологу та захищає від зовнішніх подразників, не блокуючи пори. Також бджолиний віск багатий на вітамін А, який сприяє регенерації клітин шкіри, роблячи її більш гладкою та пружною.

Цікавими продуктами з воску є стайлінгові засоби для волосся, наприклад «Aveda Light Elements Texturizing Creme with Beeswax» – текстуруючий крем для волосся з бджолиним воском, який додає об'єму та фіксації. Також існують і більш звичні продукти, зокрема бальзами для губ, такі як «Burt's Bees Beeswax Lip Balm» – бальзам для губ з бджолиним воском, який глибоко зволожує та захищає губи від сухості.

Отже, використання лікарської рослинної сировини в косметології є популярним і

природним підходом, що дозволяє доглядати за шкірою, волоссям та тілом за допомогою натуральних компонентів, які мають лікувальні властивості. Рослинні екстракти, олії, відвари та настої з лікарських рослин багаті на біологічно активні речовини – вітаміни, антиоксиданти, мінерали, флавоноїди, які позитивно впливають на стан шкіри, волосся і сприяють загальному оздоровленню.

1. І.А. Бобкова, Л.В. Варлахова Фармакогнозія : підручник . 3-є вид., переробл. і допов. К.: ВСВ “Медицина”, 2018. С. 504.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІКИ СКЛАДАННЯ ПАРФУМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Зав'язун Світлана Анатоліївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, s03401183@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юріївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Парфумерія вивчає основні принципи поєднання різних запахів та закономірності створення нових композицій, що базується на наукових засадах. Саме парфумерна композиція є носієм певного запаху, що має надскладну формулу, поєднаних у собі різних запахних речовин, певну рецептуру, від якої залежить характер і стійкість запаху. Парфумерні вироби є невід'ємною складовою у догляді за собою як для жінок, так і для чоловіків. Їх використовують для надання аромату тілу, одягу, а також певних приміщень.

З метою створення парфумерних композицій використовується більше 5000 тисяч різних ароматичних речовин, сумішей, настоянок. Визначення «запах», як правило, належить до сировини, на відміну від слова «аромат», який характеризує вже кінцевий продукт. Так, парфумерні вироби здатні імітувати запахи, що наявні в навколишньому середовищі, або ж мати своєрідний та неповторний запах [1].

Виготовлення парфумів досить не простий процес, на який мають вплив різні фактори: рецептура, правильний вибір вихідної сировини, технологія приготування, їх збереження та оформлення пакування. В основному використовують спеціальне обладнання – це спиртометри, вакуумметри, дозатори, різні ваги, змішувачі, мішалки, збірники, фільтри, насоси та монжю. Парфумерні композиції виготовляють за різними технологіями та методиками. Відмінним у цьому залишається порядок завантаження та змішування всіх компонентів і відстоювання рідин.

Існують певні методи виготовлення парфумів:

- *перший метод* – класичний, коли всі компоненти кладуть у відстійники, далі перемішують, а після відстоювання (у кожної рідини свій строк відстоювання) все фільтрують;
- *другий метод* має декілька етапів. Спочатку на першому етапі готують концентрат, що складається із композицій, настоянок і 50% спирту. На другому етапі за двоє діб до кінця терміну відстоювання доливають залишену за технікою приготування певну кількість спирту, воду і продовжують відстоювати ще на два дні;
- *третій метод* базується на наявності водно-спиртового середовища суміші. Даний метод використовують для приготування одеколонів. Все розчиняють у водно-спиртовій суміші з меншою кількістю спирту, що необхідна для розчинення певної композиції. Потім все перемішують та відстоюють протягом певного періоду за мінусом 12 годин до закінчення процесу. Далі все відділяють від осаду та додають частину залишеного спирту, настоянки, води і барвники, а потім відстоюють ще залишені 12 годин;
- *четвертий метод* полягає у завантаженні у ємність спирту із його вмістом 80-85 %, що передбачений за рецептурою та додають всі інші компоненти. Після цього все відстоюють, а потім фільтрують. У фільтрат додають задишок спирту, аби уникнути помутніння парфуму, або утворення там осаду;
- *п'ятий метод* набув широкого застосування у всьому світі. У відстійники одночасно завантажують стільки компонентів, щоб самої настоянки було

заповнено на 2/3 і розрахунку певної кількості спирту. Ту частину, що залишилась промивають, включаючи мірники і трубопроводи, після чого її поміщають у відстійний бак. Пізніше все охолоджують до фільтрації, а також і після неї [2].

У кожній з вище згаданих технологій виготовлення парфумерних композицій є свої переваги та недоліки. Тому, кожна фабрика чи підприємство обирає для себе той чи інший метод виготовлення, який надасть якісну продукцію, що набуде широкого використання споживачами.

Досить важливим у виготовленні парфумів є також етапи створення рецептур. Спочатку відбувається підготовка суміші, потім виготовляють настої із запашних речовин, додають композиційну базу, барвники та воду, і в результаті отримуємо готовий парфумерний виріб, який надалі поміщають у певну ємність для надання презентабельного вигляду. Парфумерні вироби є досить складними композиціями, де кожній одиниці відповідає затверджена чітка рецептура. Її складають з урахуванням призначення даного виробу, використання доступних компонентів для виготовлення, врахування їх розчинності у розчинниках [3].

Отже, техніка складання парфумерних композицій – це складний процес, що вимагає глибоких знань про ароматичні компоненти, їх поєднання та гармонію. Парфумер має враховувати не лише індивідуальні ноти, але й те, як вони розкриваються з часом і взаємодіють між собою, щоб створити гармонійний і стійкий аромат.

1. Парфумерія. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/745/parfumeriya>

2. Технологічний процес виробництва парфумерних виробів. URL: <https://studfile.net/preview/5280167/page:9/>

3. Пешук Л. В. Технологія парфумерно-косметичних продуктів. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 376 с.

НАНОТЕХНОЛОГІЇ В КОСМЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Зозуля Вадим Петрович,

здобувач вищої освіти IV курсу, zozulia.vadim@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,

доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка, доцент, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Нанотехнологія – це область науки і техніки, яка займається дослідженням і використанням матеріалів на нанометровому рівні (від 1 до 100 нанометрів), тобто на рівні окремих молекул і атомів. Основна ідея нанотехнології полягає в тому, щоб маніпулювати структурою речовини на атомарному рівні, змінюючи її фізичні, хімічні або біологічні властивості для досягнення бажаних характеристик.

Завдяки унікальним властивостям продуктів нанотехнології (наноматеріалів), кількість сфер діяльності людини, в які вони впроваджені, постійно зростає. Головні з них: електроніка, енергетика, екологія, будівництво, медицина, фармація, косметологія тощо. З розробкою косметичних засобів, що містять у своєму складі наноматеріали, на основі косметології викликала нова галузь – нанокосметологія.

Наразі, наночастинки додають до косметичних засобів із двома цілями. Перша – це забезпечення захисту шкіри від ультрафіолетового (УФ) випромінювання. Промені спектрів UVB (290-320 нм) разом з UVA-2 (320-340 нм) і UVA-1 (340-400 нм) викликають органічні та метаболічні реакції в шкірі. Для попередження прямого контакту їх зі шкірою використовують наночастинки цинк оксиду (ZnO) та титан (IV) оксиду (TiO₂). Дані речовини володіють високою відбивною здатністю, а нанорозмір надає їм особливі оптичні властивості, завдяки чому стає можливе пропускання видимого світла, і, як наслідок, відсутність білого нальоту на шкірі при застосуванні косметичних препаратів з їх вмістом [1, 2].

Друга – доставка активних інгредієнтів косметичних засобів безпосередньо до місця дії. Перевагою наноматеріалів є краща розчинність, прозорість, хімічна реакційна здатність і стабільність. У виробництві косметики для трансдермальної доставки активних речовин використовуються наноструктури, такі як ліпосоми, етосоми, тверді ліпідні наночастинки, нанокапсули, дендримери, нанокристали, кубосоми та наноемульсії [3,4].

На рис. 1 зображено різновиди наносистем, що використовуються в косметичній промисловості [4].

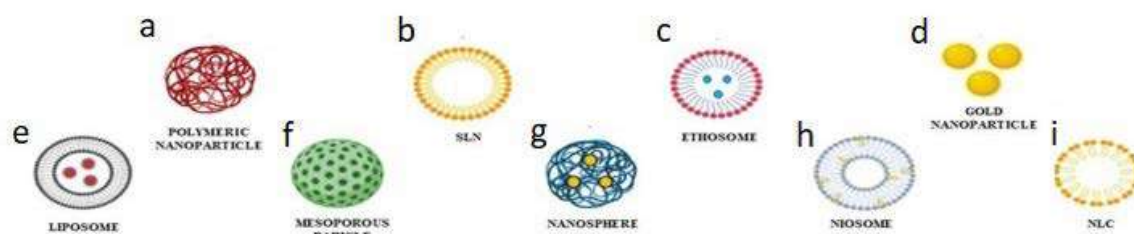


Рис. 1. Різновиди наносистем, що використовуються в косметичній промисловості: **a** – полімерна наночастинка; **b** - тверда ліпідна наночастинка; **c** – етосома, **d** – наночастинка золота; **e** – ліпосома; **f**- мезопориста частинка; **g** – наносфера; **h** – ніосома; **i** – наноструктурований ліпідний носій.

Можемо зазначити, що нанотехнології було успішно впроваджено в галузь виробництва косметики, завдяки чому позитивний ефект від використання косметичних засобів різко зріс.

Отже, нанотехнології відкривають широкі можливості для косметичної галузі, підвищуючи ефективність, стійкість і безпеку косметичних засобів. Завдяки нанокапсулам, ліпосомам і наноемульсіям можна досягти глибокого зволоження, антивікового ефекту, ефективного захисту від ультрафіолету та зміцнення волосся. Таким чином, косметичні продукти стають більш дієвими, забезпечують глибше проникнення активних речовин у шкіру, триваліший ефект і більшу стабільність.

1. Pan, D.; Zhao, N.; Wang, Q.; Jiang, S.; Ji, X.; An, L. (18 August 2005). "Facile Synthesis and Characterization of Luminescent TiO₂ Nanocrystals". *Advanced Materials*. 17 (16): 1991–1995.

2. Smijs, Threes G; Pavel, Stanislav (13 October 2011). "Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: focus on their safety and effectiveness". *Nanotechnology, Science and Applications*. 4: 95–112. doi:10.2147/NSA.S19419. PMC 3781714. PMID 24198489.

3. Ahmadi Ashtiani, Hamid Reza; Bishe, Parisa; Lashgari, Naser-Aldin; Nilforoushzadeh, Mohammad Ali; Zare, Sona (June 20, 2016). "Liposomes in Cosmetics". *Journal of Skin and Stem Cell*. Retrieved April 29, 2020.

4. Gupta V, Mohapatra S, Mishra H, Farooq U, Kumar K, Ansari MJ, Aldawsari MF, Alalaiwe AS, Mirza MA, Iqbal Z. *Nanotechnology in Cosmetics and Cosmeceuticals-A Review of Latest Advancements*. *Gels*. 2022 Mar 10;8(3):173. doi: 10.3390/gels8030173. PMID: 35323286; PMCID: PMC8951203.

АЛЕРГЕНИ В КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБАХ

Костенко Наталія Сергіївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, Kostenko04natalie@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка, доцент кафедри хімії,
avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Косметичні засоби стали невід'ємною частиною нашого життя, оскільки вони допомагають доглядати за шкірою, волоссям та тілом, сприяють збереженню здоров'я і молодості, а також додають впевненості у собі. Підвищений попит на органічну та екологічну косметику свідчить про зростання усвідомлення важливості природних складових і зниження їхнього шкідливого впливу на навколишнє середовище. Багато людей обирають косметику без шкідливих хімічних добавок та з мінімальною кількістю синтетичних інгредієнтів, що зменшує або й унеможливорює виникнення алергічних реакцій у споживача.

Найпоширенішими алергенами в косметичній продукції є:

- **кармін** – зустрічається в губних помадах, найчастіше в червоних та рожевих відтінках помад, є дуже сильним алергеном;
- **вазелін** – є складовим помади та бальзамів для губ, широко використовується у виготовленні косметики, але є доволі сильним алергеном та може пересушити губи та шкіру;
- **силікон** – використовують як абсорбуючий реагент, який не дає косметиці тверднути та втрачати свої властивості, може викликати алергію та інтоксикацію;
- **титан діоксид** – найчастіше зустрічається в SPF, тінях для очей, є пігментом який має здатність поглинати ультрафіолет, здатний викликати алергію та подразнення шкіри, очей та легень;
- **цинк оксид** – застосовується як пігмент для тіней, сильний алерген, який викликає печіння та подразнення зони очей. [4]

Алергени поділяють на п'ять класів, які присутні в складі декоративної косметики: барвники, натуральний каучук, консерванти, ароматизатори та метали. Натуральний каучук присутній в складі туші для вій, в спонжах які застосовуються в макіяжі. [3] Найбільш сильними алергенами серед ароматичних сполук є суміші коричневого спирту та альдегіду, амліцинамальдегіду, дубового моху, гідроксицитронеллалу та гераніолу. Консерванти є причиною частішої причини дерматиту. Їх включають до складу вологої косметики для запобігання розвитку у готовій продукції бактерій та грибків. Серед барвників найчастішою причиною алергії стає парафенілендіамін також викликати алергію серед барвників можуть толуїдин червоний, цинк оксид тощо. [1]

Таким чином, алергени у косметичних засобах можуть стати причиною серйозних подразнень та дискомфорту, тому важливо розуміти, які компоненти потенційно можуть викликати алергічні реакції організму. Уважне ставлення до вибору косметики, проведення тестів на алергію та консультація з фахівцем допоможуть уникнути проблем зі шкірою та забезпечити комфортний догляд за собою. [2]

1. Алергени у декоративній косметиці: що шукати на етикетці. URL: <https://alergia.com.ua/alergeny-u-dekoratyvnij-kosmetyci-sho-shukaty-na-etyketcji>

2. Про алергію на косметику. URL: <https://www.nathnennia.com.ua/blog/pro-alergiyu-na-kosmetiku>

3. Alergia.com.ua. URL: <https://alergia.com.ua/>

4. Chemical and physical characteristics of sunscreen constituents. URL: file:///C:/Users/Admin/Downloads/Handbook5_Sunscreens-2.pdf

ДОСЛІДЖЕННЯ КАТІОННОЇ ЄМНОСТІ ҐРУНТІВ У ВОРОНКАХ ВІД СНАРЯДІВ

Крупська Анастасія Миколаївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, krupskaiiaanastasia3101@gmail.com
Сумський державний університет, Україна

Большанина Світлана Борисівна,
кандидат технічних наук, доцент, s.bolshanina@chem.sumdu.edu.ua
Сумський державний університет, Україна

Бойові дії в Україні призводять до серйозного погіршення екологічної ситуації. Безперервні обстріли та авіаудари ворога ведуть до величезних втрат природних ресурсів, спричиняючи масштабні вибухи та пожежі, руйнуючи промислові підприємства та інфраструктуру, забруднюючи повітря, ґрунт та водні ресурси. Це все впливає на екологічні показники та на екосистему, адже ця проблема досягла катастрофічного рівня [1]. Регулярні обстріли прикордонних територій Сумщини негативно впливають на стан та якість ґрунту, що викликало потребу в детальному дослідженні змін властивостей ґрунту. Тому, актуальним є вивчення катіонної обмінної ємності ґрунту в воронках від снарядів. Саме ємність катіонного обміну (ЄКО) є одним з найважливіших показників родючості ґрунтів, вона відображає його здатність утримувати поживні речовини і поступово віддавати їх корінню рослин, забезпечуючи їх збалансоване живлення [2-3].

Для проведення комплексного дослідження змін властивостей ґрунту внаслідок вибухів, було організовано відбір проб у воронках від різних типів боєприпасів, таких як КАБ та РСЗВ, на території Юнаківської громади. З кожної вирви відбиралися проби з різної глибини для подальшого аналізу катіонної обмінної ємності. Паралельно відбиралися й контрольна проба неушкодженого ґрунту на тому самому полі.



Рис.1. Відбір проби ґрунту у воронках від снарядів. а – воронка від КАБу, б - воронка від РСЗВ

Для точного визначення ємності катіонного обміну ґрунту в сучасних дослідженнях широко використовується метод Бобко-Аскіназі-Альошина. Метод полягає в обробці ґрунту розчином хлористого барію, в результаті чого відбувається заміщення обмінних катіонів на барій. Кількість поглиненого барію дозволяє оцінити здатність ґрунту утримувати поживні речовини [2-4].

Таблиця 1. – Результати дослідження ЄКО

Проба	ЄКО, мг екв/100г ґрунту
КАБ	
Верхня частина	50
Середня частина	32

Нижня частина	31
РСЗВ	
Верхня частина	52
Середня частина	48
Нижня частина	44
Контрольний зразок (неушкоджена ділянка)	67

Результати дослідження є важливим внеском у розуміння процесів деградації ґрунтів внаслідок військових дій. Отримані дані дозволять розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо відновлення порушених екосистем та забезпечення сталого сільського господарства.

1. Війна та екологія: чому природа стає жертвою збройного конфлікту?. Інститут аналітики та адвокації. URL: <https://iaa.org.ua/articles/vijna-ta-ekologiya-chomu-ryroda-staye-zhertvoyu-zbrojnogo-konfliktu/>

2. Крупська А.М., Воробйова І.Г. Дослідження катіонної ємності ґрунтів у воронках від снарядів. Сучасні технології у промисловому виробництві: зб. матеріалів доп. учасн. XI Всеукр. наук-техн. конф.(м. Суми, 23–26 квітня, 2024.) Суми, 2024. С. 271.

3. Ємність катіонного обміну. Учебні матеріали для студентів і школярів України. URL: <http://um.co.ua/6/6-11/6-118504.html>.

4. ДСТУ 8345:2015 Якість ґрунту. Методи визначення ємності катіонного обміну [Чинний від 01.07.2017]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.

МЕДИКО-БІОЛОГІЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ФЕРИТОВИХ ШПІНЕЛЕЙ, ЩО МІСТЯТЬ НІКЕЛЬ

Лакізіук Денис Сергійович,
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти III курсу chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Тітов Юрій Олександрович,
доктор хімічних наук, старшої науковий співробітник, професор (б.в.з.), chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович,
судовий експерт, асистент кафедри хімії dima.panasuk261195@gmail.com
Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Ферити – це складнооксидні матеріали, які відомі своїм широким спектром застосування. До феритів, що мають структуру шпінелі, належать найбільш перспективні магнітом'які матеріали із унікальними властивостями, такими як сконструйована заборонена зона, висока намагніченість насичення, коерцитивна сила та кращі теплові та електричні властивості. Серед родини феритів можна виділити нікелеві ферити, які володіють такими характеристиками: магнітом'які, не токсичні, мають високу намагніченість насичення, володіють добре розвиненою поверхнею тощо. Серед цінних характеристик нікелевого фериту можна відмітити високу намагніченість насичення, меншу коерцитивну силу, високий питомий опір і проникність [1].

Наприклад, на основі феритів створюють біосенсори. Біосенсори – це пристрої, які інтерпретують біохімічні взаємодії з електричним сигналом для визначення концентрації цільових аналітів. Відповідно, ідентифікуються різні проблеми, пов'язані зі здоров'ям людини.

На рис. 1 показано схему роботи біосенсора, створеного на основі феритів.

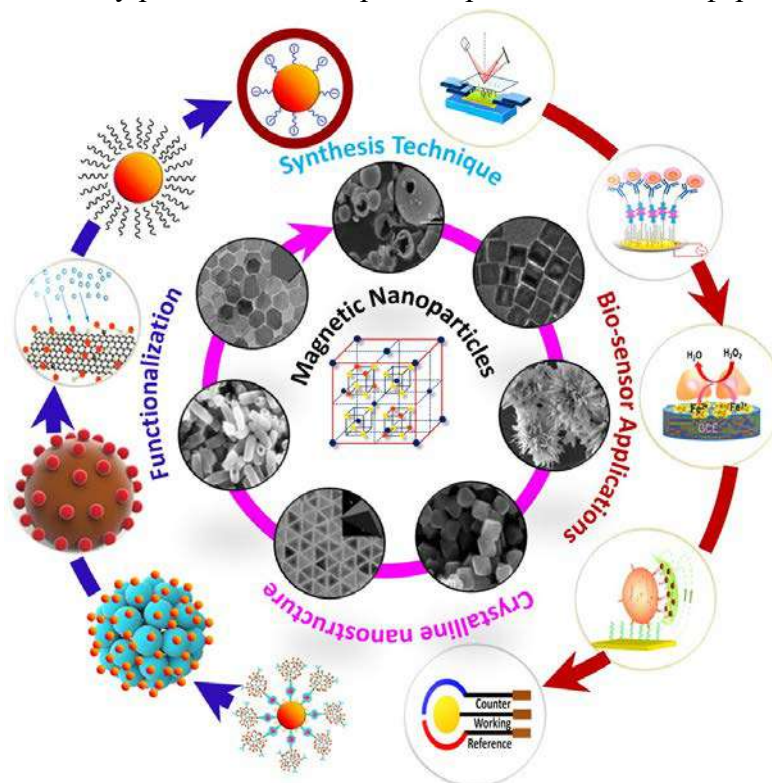


Рис. 1. Схема роботи біосенсора на основі феритів [2]

Отже, феритові матеріали використовуються для різних галузей промисловості та нанотехнологій.

1. Rana, G., Dhiman, P., Kumar, A. et. al. Recent advances on nickel nano-ferrite: A review on processing techniques, properties and diverse applications. Chemical Engineering Research and Design. 2021. Vol. 175. P. 182-208. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2021.08.040>

2. Tripathy, A., Nine, Md J., Silva, F. S. Biosensing platform on ferrite magnetic nanoparticles: Synthesis, functionalization, mechanism and applications. Advances in Colloid and Interface Science. 2021. Vol. 290. 102380. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102380>

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СКЛАДУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Оникійчук Олена Віталіївна,
здобувач вищої освіти II курсу, рівень магістр, AlenkaOnykiichuk@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна,
доктор філософії з галузі Освіта/ Педагогіка, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка

Відповідно до ДСТУ 2925-94 [1], рівень якості продукції – це відносна характеристика якості продукції, яка ґрунтується на порівнянні значень оцінюваних показників якості продукції з базовими значеннями відповідних показників. Оцінка якості природного газу здійснюють за профілем якості. Всі показники якості природного газу поділено за групами призначення, що забезпечує урахування потреб споживачів газу різного профілю.

Природний газ, що подається в газотранспортну систему, повинен відповідати вимогам (за кодексом газотранспортної системи), які відображено в таблиці 1.

Таблиця 1. Вимоги до природного газу

Компонент		Показник
вміст метану (C ₁), мол. %	мінімум	90
вміст етану (C ₂), мол. %	максимум	7
вміст пропану (C ₃), мол. %	максимум	3
вміст бутану (C ₄), мол. %	максимум	2
вміст пентану та інших більш важких вуглеводнів (C ₅ +), мол. %	максимум	1
вміст азоту (N ₂), мол. %	максимум	5
вміст вуглецю (CO ₂), мол. %	максимум	2
вміст кисню (O ₂), мол. %	максимум	0,2
вища теплота згоряння (25 °C/20 °C)		
мінімум	36,20 МДж/м ³ (10,06 кВт·год/м ³)	
максимум	38,30 МДж/м ³ (10,64 кВт·год/м ³)	
нижча теплота згоряння (25 °C/20 °C)		
мінімум	32,66 МДж/м ³ (09,07 кВт·год/м ³)	
максимум	34,54 МДж/м ³ (09,59 кВт·год/м ³)	
температура точки роси за вологою °C		
при абсолютному тиску газу 3,92 МПа	не перевищує мінус 8 (-8)	
температура точки роси за вуглеводнями		
при температурі газу не нижче 0 °C	не перевищує 0°C	
вміст механічних домішок:		
вміст сірководню, г/м ³	максимум 0,006	
вміст меркаптанової сірки, г/м ³	максимум 0,02	

Нами було проведено дослідження якості природного газу ГРС Житомир Бердичівське ЛВУМГ у 2024 році. Наведемо показники якості природного газу за січень – липень 2024 року.

Вміст метану, етану, пропану, і-бутану, н-бутану, нео-пентану, і- пентану, н-пентану, гексан+вищі вуглеводні [2] наведено на рисунках 1, 2.

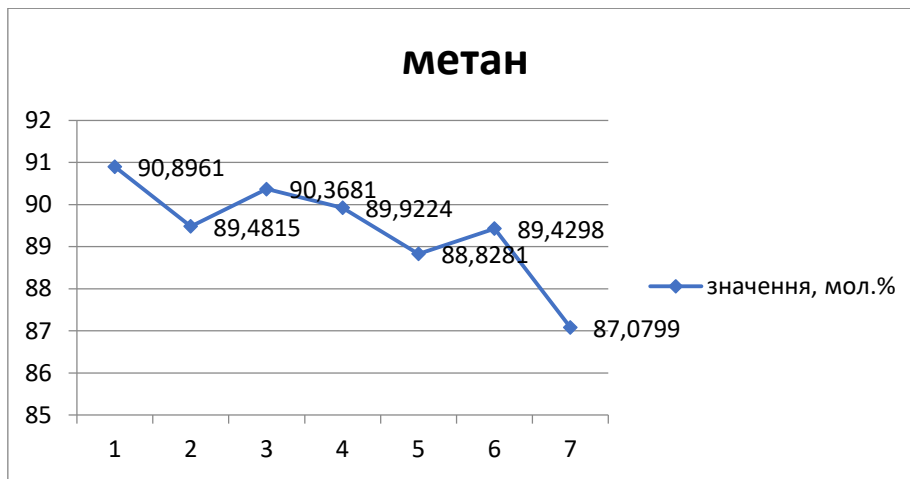


Рис. 1. Вміст метану в природному газі (січень – липень 2024 р.)

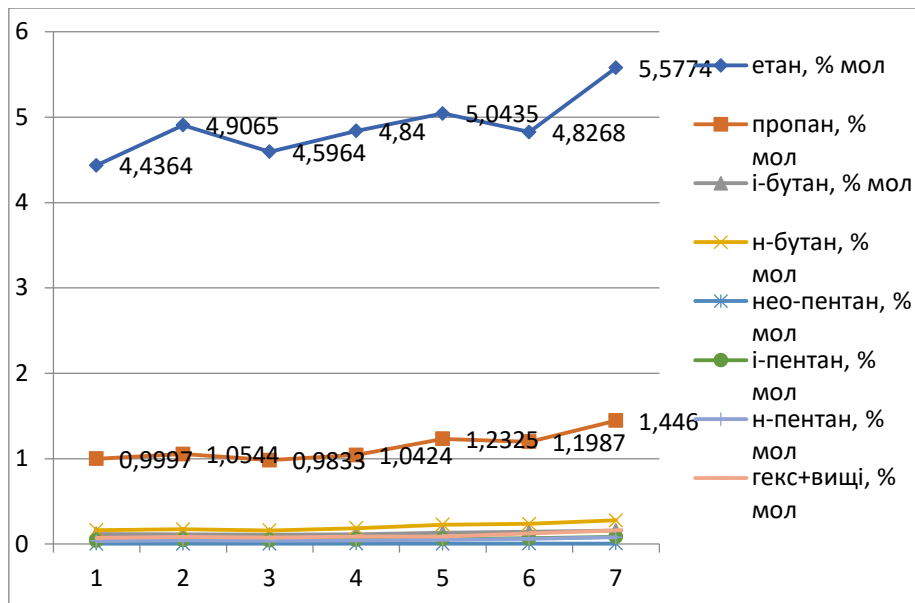


Рис. 2. Вміст етану, пропану, і – бутану, н – бутану, нео-пентану, і- пентану, н – пентану, гекс+вищі вуглеводні в природному газі (січень – липень 2024 р.)

Також було визначено фізико-хімічні показники якості природного газу за період 2024 року газі (січень – липень) по маршруту ГРС Житомир Бердичівське ЛВУМГ. Варто зазначити, що відносна густина газу, показники «Теплота згорання нижча», «Теплота згорання вища», «Число Воббе» знаходились в межах норми, їх значення наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Значення показників якості газу (січень – липень 2024 р.)

Показник/ значення	Місяць						
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень
Густина природного газу (відносна, кг/м ³)	0,743	0,7549	0,7496	0,7506	0,763	0,7582	0,7777
Теплота згорання нижча (ккал/м ³)	8197	8200	8228	8231	8266	8276	8284
Теплота згорання вища (ккал/м ³)	9110	9081	9083	9114	9114	9153	9160
Число Воббе (ккал/м ³)	11598	11469	11536	11546	11450	11536	11400

Порівнюючи отримані показники якості природнього газу в період з січня по липень 2024 року з вимогами визначеним у ДСТУ ISO 13686:2015 [3], можемо зробити висновок про відповідність показників нормам за всіма параметрами та можливість застосування цього газу в промисловості та комунально-побутових потребах.

1. ДСТУ ISO 13686:2015. Природний газ. Показники якості. (ISO 13686:2013, IDT). [Чинний від 2016-09-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 38 с.
2. ДСТУ 2925- 94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення
3. Якість газу: Укртрансгаз. URL: <http://www.utg.ua/utg/businessinfo/yakst-gazu.html>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ХІМІЇ: ММ+ ТА МД ОЛІГОМЕРНИХ ПРОДУКТІВ ХЛОРОПРЕНУ ТА БУТАДІЕНУ $n=10$ З ЗАЛУЧЕННЯМ МОЛЕКУЛЯРНОГО ДИЗАЙНУ АТОМУ МЕТАЛУ НА ПОДВІЙНОМУ ЗВ'ЯЗКУ

Павлюк Олександра Олександрівна,
здобувач вищої освіти II курсу, serenitysoul212123@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Віленський Володимир Олексійович,
професор (б.в.з.), доктор хімічних наук, старший науковий співробітник,
volodymyr-vilensky@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Вивчення структури та властивостей матеріалів є ключовим завданням сучасної хімії, яке сприяє синтезу нових сполук із заданими фізико-хімічними характеристиками. Використання комп'ютерних методів у хімії дозволяє моделювати структури молекул, прогнозувати їхні властивості та оптимізувати конфігурації, що значно підвищує ефективність досліджень. Програма HyperChem надає можливість тривимірного відображення молекулярних структур, моделювання хімічних реакцій та аналізу результатів, досягаючи точності в прогнозах до 90%. [1] Метою даної роботи є дослідження методами комп'ютерної хімії ММ+ та МД олігомерних продуктів хлоропрену та бутадієну з $n=10$ з додаванням атома металу до подвійного зв'язку. У роботі використано програму HyperChem для розрахунків та оптимізації геометрії молекул, що дозволило отримати необхідні параметри силового поля та структури [2].

Молекулярна механіка (ММ+) представляє молекули як сукупність атомів, пов'язаних між собою зв'язками, що розглядаються як пружини. Розрахунки проводяться з використанням силового поля, яке враховує напругу у зв'язках, валентні та торсійні кути, а також міжмолекулярні взаємодії. Це дозволяє швидко отримувати оптимізовані структури молекул та передбачати їхню стабільність [4]. Метод молекулярної динаміки (МД) доповнює ці розрахунки, визначаючи рух атомів у молекулі з часом за рівняннями Ньютона, що дозволяє досліджувати траєкторії атомів і конформаційні зміни [3].

Для олігомерних продуктів хлоропрену та бутадієну з $n=10$ було проведено оптимізацію структур з використанням ММ+. В результаті оптимізації для олігохлоропрену кінцева енергія становить 33.247443 kcal/mol з градієнтом 0.001516, що вказує на досягнення стабільної конфігурації. Основний вклад в енергію структури забезпечують міжмолекулярні взаємодії за рахунок сил Ван-дер-Ваальса ($V_{dw} = 22.8553$), що підкреслює важливість полярних зв'язків у структурі молекули. Внески від інших параметрів становлять: зв'язки ($Bond = 2.73105$), валентні кути ($Angle = 8.87867$), дієдральні кути ($Dihedral = 0.197311$), електростатичні взаємодії ($Electrostatic = -1.96077$) та взаємодії розтягування-згинання ($Stretch-bend = 0.545929$). Ці дані демонструють підвищену жорсткість та поляризованість молекули, що зумовлено наявністю атома хлору, який утворює полярні ковалентні зв'язки з карбоном і підвищує міжмолекулярні взаємодії та стабільність молекули.

Для олігобутадієну отримано нижчу енергію оптимізації, яка становить 15.345918 kcal/mol з градієнтом 0.004260, що вказує на меншу напругу в структурі. У цьому випадку основний вклад в енергію забезпечують сили Ван-дер-Ваальса ($V_{dw} = 16.8168$), що є значно меншим, ніж у випадку олігохлоропрену, а також зв'язки ($Bond = 1.54211$), валентні кути ($Angle = 2.91199$), дієдральні кути ($Dihedral = -7.39568$), електростатичні взаємодії ($Electrostatic = 1.11324$) та взаємодії розтягування-згинання ($Stretch-bend = 0.357496$). Низький рівень міжмолекулярних взаємодій свідчить про неполярний характер молекули олігобутадієну, де відсутні сильно електронегативні елементи, що робить її менш жорсткою та більш гнучкою у порівнянні з олігохлоропреном.

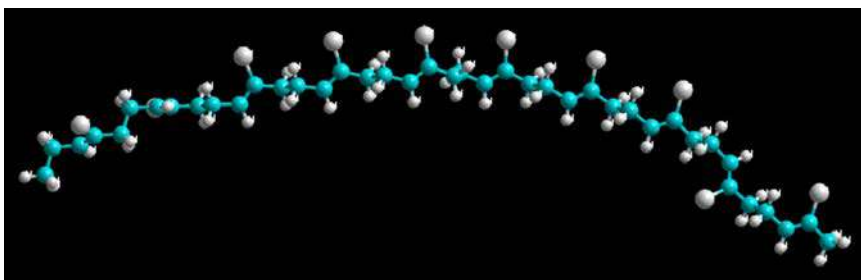


Рис. 1. Молекула оптимізованого олігомеру хлоропрену (n=10)

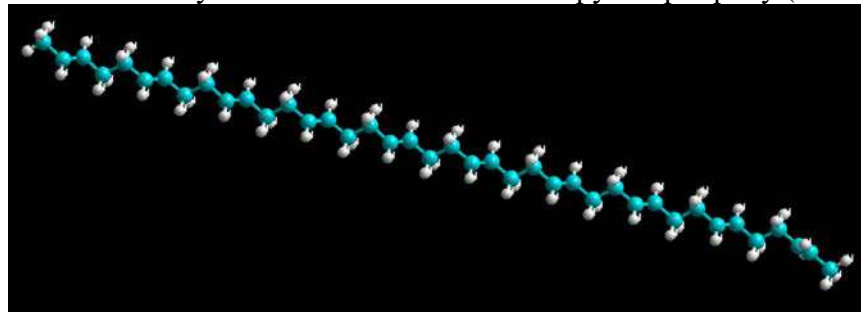


Рис. 2. Молекула оптимізованого олігомеру бутадієну (n=10)

Аналіз отриманих даних свідчить про суттєвий вплив атома хлору на структуру і властивості олігомерів. У випадку олігохлоропрену, наявність полярних С-Сl зв'язків створює значну внутрішню поляризацію молекули, підсилюючи міжмолекулярні взаємодії та підвищуючи жорсткість, стабільність і температуру плавлення. Ці властивості роблять олігохлоропрен придатним для застосувань, де важлива висока жорсткість та стійкість до хімічних впливів, наприклад, у будівельних матеріалах та покриттях з полівінілхлориду (ПВХ) [5].

На противагу, олігобутадієн характеризується меншою енергією та гнучкістю, що робить його підходящим для матеріалів, де потрібна еластичність і хімічна інертність. Його структура залишається стабільною завдяки відсутності полярних зв'язків і сильних міжмолекулярних взаємодій, що обумовлює його низьку температуру плавлення та гнучкість.

Отже, атом хлору відіграє ключову роль у модифікації властивостей полімерів, збільшуючи жорсткість та поляризацію молекул. Розуміння цього впливу дозволяє ефективніше розробляти полімерні матеріали з конкретними властивостями, орієнтованими на промислове застосування. Подальше дослідження покаже, як вплине атом металу на подвійному зв'язку на дані структури.

1. 2 березня 2021 р./ІНСТРУКЦІЯ ДО НАВЧАННЯ ТА ЗАЛУЧЕННЯ. Програма HyperChem v.8.0.8. Проф. кафедри Хімії, Докт. хім. наук, В.О Віленський
2. Бондар О.С. Практикум з комп'ютерної хімії. Навчальний посібник. Чернігів: ЧНПУ, 2016.
3. Gunsteren W.F., Berendsen H.J.C. Computer Simulation of Molecular Dynamics: Methodology, Applications, and Perspectives in Chemistry.
4. Modeling Molecular Structures With Hyperchem: Computational Chemistry Laboratory.
5. Kiyoshi Endo, Synthesis and structure of poly(vinyl chloride).

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ КОМПОНЕНТІВ КОСМЕТИЧНОГО ЗАСОБУ З ПОВЕРХНЕЮ ОКА

Подоляк Уляна Олегівна,
здобувач вищої освіти IV курсу, ulanapodolak47@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі знань Освіта/ Педагогіка, доцент, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Туш, тіні та підводка являються косметичними засобами, що широко використовуються для підкреслення контуру очей і, зазвичай, наносяться близько до ока.

Побічні реакції на косметику для очей починаються з подразнення, потім запалення епітелію рогівки, дерматиту та симптому сухого ока. Потрапляючи на рогівку ока, деякі компоненти активно починають взаємодіяти, розчиняючись у слизовій оболонці та подразнюючи її. Основні подразники – це консерванти й ароматизатори [2]. Саме вони викликають токсичні та алергічні реакції. Сучасне виробництво полягає в тому, щоб уникнути використання цих речовин. Однак включення консервантів до складу косметичних засобів запобігає росту бактерій в ході їх зберігання та використання.

Найпоширенішим консервантом є бензалконій хлорид (рис. 1). Це поверхнево активна речовина, позитивно заряджена, амонієва сполука з гідрофільними та гідрофобними елементами, завдяки чому вона розчинна у воді та має бактерицидні властивості [1]. Бактерицидна активність здійснюється, зв'язуючись із мембранами бактеріальних клітин, що призводить до нестабільності мембрани та руйнування клітин під дією агентів [3]. Бензалконій хлорид ефективний проти грампозитивних і грамнегативних бактерій, грибків, а також пригнічує функції мітохондрій.

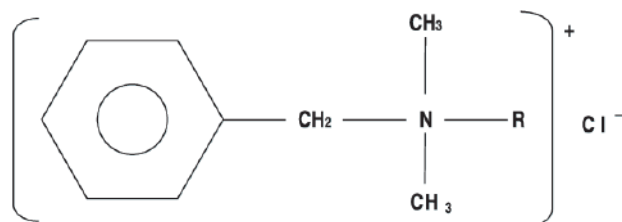


Рис. 1. Структурна формула бензалконій хлориду

Початкова міграція косметичного засобу із зовнішнього середовища на поверхню ока відбувається морганням повік, всмоктуванням його компонентів через натяг поверхні сльози [2]. Потрапляючи на поверхню ока, хімічні речовини розподіляють свої іони по зволоженій поверхні. Проникнення відбувається через ліпідний шар. При низькій концентрації, менше 0,01% адсорбований компонент у ліпідному шарі існує у вигляді окремих мономерів у вигляді міцел при вищій концентрації. Зазвичай мономери не можуть проникнути через ліпідний шар, але та мала частина, якій вдалося проникнути, змінює його структуру та потрапляє в нижчі шари ока. Для того, щоб зменшити шкідливість консервантів необхідно використовувати допоміжні речовини, які зв'язуючись утворюють менш розчинну та менш проникну сполуку.

Таким чином, косметичні засоби для зони очей мають бути ретельно підібраними з урахуванням особливостей цієї делікатної зони. Безпечні формули, зволожувальні компоненти, відсутність агресивних речовин та оптимальний рН є ключовими факторами у забезпеченні комфорту і захисту під час використання косметичних засобів для очей.

1. Chemical formula of benzalkonium chloride. URL: https://www.researchgate.net/figure/Chemical-formula-of-benzalkonium-chloride-BAC-R-contains-C-8-H-17-and-C-18-H-37_fig1_23183049
2. Transport and interaction of cosmetic product material within the ocular surface. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1367048412000811>
3. Ocular benzalkonium chloride exposure. URL: <https://www.nature.com/articles/s41433-021-01668-x>

ХІМІЧНІ СКЛАДОВІ СОНЦЕЗАХИСНИХ КРЕМІВ

Поліщук Олена Андріївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, спеціальність 102 Хімія, a.serediuk777@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка, доцент кафедри
хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Сонцезахисні креми розроблені з метою усунення впливу УФ-випромінювання на шкіру людини. До їх складу входять різні речовини (від емульгаторів до консервантів), але головною складовою таких засобів є сонцезахисні фільтри. Це спеціальні речовини, які використовуються в косметичних засобах для захисту шкіри від шкідливого впливу ультрафіолетового випромінювання (UV). Вони допомагають запобігти сонячним опікам, передчасному старінню шкіри та зменшують ризик розвитку раку шкіри.

Сонцезахисні фільтри поділяються на два основних типи:

1. хімічні фільтри – поглинають UV-випромінювання та перетворюють його на тепло, яке вивільняється з шкіри.

2. фізичні (мінеральні) фільтри – відбивають UV-випромінювання від шкіри [1].

Хімічні фільтри, як правило, є ароматичними сполуками, які сполучені з карбонільною групою. До них відносяться: цинамати, похідні п-амінобензоату, саліцилати, бензофенони, похідні камфори, дибензоїлметани, антранілати та ін. Цинамати, похідні п-амінобензоату, саліцилати та похідні камфори – це все, в основному, поглиначі UVB, тоді як похідні бензофенону, дибензоїлметану та антранілати є поглиначами UVA.

Саліцилати були першими УФ-фільтрами, які використовувались у сонцезахисних препаратах. Вони є орто-дизаміщеними сполуками, які дозволяють утворювати внутрішній водневий зв'язок і, таким чином, зменшують здатність електронів для взаємодії з іншими інгредієнтами або розчинниками. Хоча вони відносно слабкі UVR-абсорбери, проте безпечні і тому легко входять до складу косметичних рецептур, деякі використовуються для розчинення інших, зазвичай для бензофенонів. Із саліцилатів, представлених сьогодні на ринку, гомосалат і етилгексилсаліцилат найбільш широко використовуються в сонцезахисних засобах. Етилгексилметоксицинамат на даний момент є найпопулярнішим хімічним фільтром у сонцезахисних кремах, з хорошим поглинанням УФ-променів, безпечністю, розчинністю в маслах і нерозчинністю у воді, що робить його придатним для використання в більшості водостійких сонцезахисних формулах [2].

Оксибензон також відомий як бензофенон-3, органічна сполука, яка зазвичай використовується як інгредієнт сонцезахисного крему. Він забезпечує захист широкого спектру, оскільки захищає від двох типів променів, що можуть спричинити пошкодження та збільшити ризик раку шкіри. Це стабільний продукт, який залишається ефективним при тривалому впливі сонячного світла, тому він є популярним при виготовленні сонцезахисних засобів.

Активні інгредієнти мінерального сонцезахисного крему, такі як цинк оксид і титан діоксид, діють як фізичні бар'єри, які відбивають і розсіюють УФ-промені від шкіри. Ці інгредієнти безпечні та можуть підійти для чутливої шкіри, оскільки вони рідше викликають подразнення. Цинк оксид забезпечує широкий спектр захисту від UVA та UVB променів. Він утворює фізичний бар'єр на поверхні шкіри, ефективно відбиваючи та розсіюючи УФ-промені. Має білий колір, тому при використанні у великих кількостях (зазвичай у мінеральних сонцезахисних кремах) крем надає білий відтінок.

Титан діоксид має аналогічну дію як цинк оксид, але його часто поєднують з іншими інгредієнтами для посилення захисту від ультрафіолетового випромінювання [3].

Деякі сонцезахисні креми включають: антиоксиданти, які допомагають захищати шкіру від окислювального стресу, спричиненого сонячним випромінюванням (вітамін Е, вітамін С, екстракти рослин); зволожувальні компоненти для підтримки зволоженості шкіри, що часто піддається пересушуванню під впливом сонця (гіалуронову кислоту, гліцерин); стабілізатори та емульгатори тощо.

Отже, сонцезахисні креми – це складні формули косметичних композицій, які включають комбінацію хімічних і фізичних УФ-фільтрів, антиоксидантів, зволожувачів і стабілізаторів. Поєднання цих компонентів дозволяє забезпечити ефективний захист від ультрафіолетового випромінювання, зберігаючи здоров'я, красу та молодість шкіри.

1. Пешук Л. В., Бавіка Л. І., Демідов І. М.П 31 Технологія парфумерно-косметичних продуктів. К.: Центр учбової літератури, 2007. 154 с.
2. Chemical and physical characteristics of sunscreen constituents. URL: file:///C:/Users/Admin/Downloads/Handbook5_Sunscreens-2.pdf
3. Ingredients in Sunscreen to Avoid and Why. URL: https://ultrasun.in/blogs/skincare/ingredients-in-sunscreen-to-avoid?srsId=AfmBOooBi4RJEcyQYr_RS7z7FtYmN6dzEb1OVGZ0eCrUmIFG6FmGYDKE

ВИКОРИСТАННЯ НАНОШПІНЕЛЕЙ У МЕДИЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Свиридюк Аліса Володимирівна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу, sviridyukalisa02@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чумак Володимир Валентинович,
кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Писаренко Сніжана Василівна,
доктор філософії з галузі знань Хімічна та біоінженерія, старший викладач кафедри хімії,
snezhunka1107@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Наношпінелі – це один з видів наноматеріалів, які мають структуру подібну до спінелі, мають кристалічну решітку спінельного типу, з формулою AB_2O_4 , де А і В – катіони, а О – аніони кисню. Наношпінелі характерні своїми унікальними фізико-хімічними властивостями, такими як висока магнітна сприйнятливість, гарними властивостями каталізатора та можливістю функціоналізації поверхні. Наношпінелі на даний час використовуються в багатьох сферах життя, таких як: медицина, енергетика, електроніка, в пристроях, де важливі магнітні властивості, для водоочищення та для покращення властивостей керамічних матеріалів.

В медицині наношпінелі доцільно використовувати через їх унікальні властивості, які надають нові можливості в лікуванні та в діагностиці. Популярність використання наношпінелей в медичній сфері зросла за останній час, через розвиток методів синтезу наночастинок, підвищення розуміння потенціалу наноматеріалів, що призвело до збільшення фінансування розробок в галузі наночастинок. Серед основних напрямків використання наношпінелей в медицині можна виділити такі:

- **Доставка лікарських засобів.** Наношпінелі можуть бути задіяні у цільовій доставці ліків. Модифікація поверхонь наношпінелей дає можливість взаємодії зі специфічними рецепторами на поверхні клітин, що в свою чергу дозволить знизити кількість побічних ефектів та підвищити ефективність лікування, особливо це важливо для лікування онкологічних захворювань. До прикладу, наношпінелі на основі оксиду заліза показали високу ефективність в доставці хіміопрепаратів до пухлин [1];

- **Магнітно-резонансна томографія.** Наношпінелі використовуються як контрастні агенти в МРТ для покращення контрастності зображень, через свою магнітну сприйнятливості [2];

- **Використання у розробці біосенсорів.** Наношпінелі можна застосовувати у створенні біосенсорів для виявлення специфічних біомаркерів під час діагностики різних хвороб, в тому числі інфекційних і онкологічних [3];

- **Вакцини і імунна терапія.** Наношпінелі можуть бути використані для розробки нових вакцин, які будуть провокувати активнішу імунну дію на специфічні антигени, через свою можливість взаємодіяти з клітинами імунної системи [4];

- **Магнітна гіпертермія.** При нагріванні наношпінелей в зовнішньому магнітному полі, температура в клітинах злоякісних пухлин підвищується, що призводить до їхньої загибелі. Це дасть можливість цілеспрямовано вражати злоякісні новоутворення, зменшуючи загальний вплив на здорові тканини. Для магнітної гіпертермії використовуються наношпінелі таких типів, як оксиди заліза – є найпоширенішими через їхню високу магнітну сприйнятливості та біосумісності, також високоефективними є NiFe_2O_4 і CoFe_2O_4 [5].

Отже, звертаючи увагу на все вищесказане, використання наношпінелей в медичній сфері дає можливість впроваджувати інноваційні технології у діагностику, лікування та спостереження за перебігом хвороб. Наношпінелі здатні покращити та підвищити ефективність вже існуючих методів лікування та відкрити нові способи боротьби з різними захворюваннями. Важливо продовжувати дослідження у галузі синтезу та модифікування наношпінелей, щоб мати можливість ефективно використовувати їх в медичній практиці.

1. Zhang, Y., et al. Magnetic Nanoparticles for Drug Delivery. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. 2015. Vol. 11, № 6. P. 1433-1445.

2. Bulte, J.W.M., Kraitchman, D.L. Magnetic nanoparticles for the imaging of stem cells. *Nature Reviews: Clinical Oncology*. 2010. Vol. 7, № 10. P. 551-558.

3. Xie, J., et al. Magnetic Nanoparticles for the Detection of Pathogens. *ACS Nano*. 2014. Vol. 8, № 9. P. 9125-9132.

4. Liu, Y., et al. Magnetic Nanoparticles in Vaccine Development. *Vaccines*. 2017. Vol. 5, № 4. article 36.

5. Pankhurst, Q.A., et al. Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2003. Vol. 36, № 13. P. 167-181.

ПОБІЧНІ ДІЇ, СПРИЧИНЕНІ ВИКОРИСТАННЯМ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Сергійчук Олексій Олександрович,
здобувач вищої освіти IV курсу, oleksijsergijcuk57@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Косметичні засоби можуть мати серйозний вплив на здоров'я, особливо через наявність у них хімічних речовин, які часто є причинами можливих негативних реакцій організму. Крім того, якщо людина не схильна до алергії, існує ймовірність розвитку алергії на певний косметичний продукт. Особливо це стосується людей із чутливою шкірою. Головними провокаторами алергії в косметиці є консерванти, ароматизатори та барвники.

Використання синтетичних консервантів, таких як парабени і формальдегіди, справді дозволяє суттєво збільшити термін зберігання косметичних продуктів. Це вигідно для виробників, оскільки засіб може довше залишатися на полицях магазинів, що робить його більш комерційно привабливим. Однак вміст агресивних хімічних консервантів також створює ризик небезпечних реакцій у споживачів, особливо для людей з високою чутливістю шкіри або алергіків. Натуральні консерванти, такі як сорбінова кислота або бджолиний віск, можуть забезпечити певний рівень захисту продукту від псування, але при цьому вони менш агресивні для шкіри. Наприклад, сорбінова кислота ефективно захищає від грибків і бактерій, а бджолиний віск створює природний бар'єр. Проте навіть натуральні компоненти можуть викликати алергію, наприклад, продукти на основі бджолиного воску протипоказані людям із алергією на продукти бджільництва.

У косметичних засобах із приємними ароматами квітів та фруктів, виробники використовують синтетичні ароматизатори, які можуть надавати кремам, шампуням та іншій продукції насичений запах. І хоча ці аромати роблять косметичні продукти більш привабливими для покупців, вони часто використовують речовини, які здатні викликати алергічні реакції або подразнення шкіри. Багато людей помилково вважають, що натуральні ароматизатори, наприклад, ефірні олії безпечніші за синтетичні. Проте в реальності це не завжди так. Наприклад, ефірні олії цитрусових, зокрема бергамота, лимона, апельсина, часто викликають алергію, особливо у людей із чутливою шкірою. Ці ефірні олії можуть спричинити фоточутливість (підвищену чутливість до сонця) і навіть подразнення, якщо їх використовувати на регулярній основі. Щоб зменшити ризик для здоров'я, можна вибрати косметику без ароматизаторів або з мінімальним вмістом натуральних ефірних олій, якщо є можливість виникнення алергічної реакції. При виборі продукції також слід уникати косметики з насиченим ароматом тому, що це свідчить про високий вміст ароматизаторів.

Анілінові барвники в помаді, а також солі металів (наприклад хрому, аргентуму, нікелю) в олівцях для очей, є потенційними алергенами в косметиці. Чим яскравіший і стійкіший колір косметичного засобу, тим більше в ньому агресивних барвників. Тож, обираючи яскраво-блакитний гель для волосся, насичено-червону помаду або водостійку туш, варто замислитися, чи готові ви відмовитися від цих засобів у разі негативної реакції організму на їхні компоненти.

Не тільки нова і перевірена роками косметика може викликати алергічну реакцію. Причин даного ефекту може бути декілька:

1. термін придатності косметики – з часом, після відкриття упаковки, продукт вступає в контакт із повітрям, що спричиняє окиснення та розвиток бактерій. Це особливо

небезпечно для людей із чутливою шкірою, після цього можуть виникати подразнення та специфічні алергічні реакції;

2. порушення умов зберігання та правил використання косметики, наприклад, якщо косметика стоїть на туалетному столику поруч із батареєю, це можна призвести до її псування через тепло тощо.

3. фотосенсибілізація – деякі компоненти косметичних засобів можуть несподівано реагувати на ультрафіолет, тому склад косметики варто змінювати залежно від сезону (зима – літо);

4. нанесення косметичних засобів на подразнену або послаблену шкіру після хімічного пілінгу та лазерної депіляції.

Отже, **побічні дії від використання косметичних засобів** можуть варіюватися від легкого подразнення до серйозних алергічних реакцій і виникати через індивідуальну чутливість, неправильне використання продукту або наявність агресивних інгредієнтів у складі. Щоб зменшити ризик небажаних наслідків, важливо розуміти можливі побічні дії та знати, які компоненти можуть спричиняти такі реакції. Адже вони можуть бути викликані як індивідуальною чутливістю, так і агресивними компонентами, які містяться в їх складі. Для зменшення ризику негативних реакцій важливо знати про можливі алергени та подразники, уважно перевіряти склад і робити тест на чутливість перед застосуванням нового продукту.

1. Шкідливі компоненти косметики. URL: https://sz.lviv.ua/more/article/Shcho_u_Vashii_kosmetychtsi/20180725_1426/

2. Шкідливі інгредієнти в косметиці (чорний список). URL: <https://organic-eco.com.ua/shkidlivi-ingredijenti-v-kosmetitsi-chorniy-spisok/>

3. Перевірка складу косметики на небезпечні компоненти. URL: https://mariefreshcosmetics.com/posts/nebezpechni-komponenti-v-kosmetici?srsId=AfmBOorL9I-4G65Bw9hBh76kWUKwqlxVijFyv_6MQvirc_Alu5xVngOt

ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ МИЛА В ДОМАШНІХ УМОВАХ

Хімчик Ольга Сергіївна,
здобувачка IV курсу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
himchik.olya29@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі Освіта/Педагогіка, доцент, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Мила – це солі лужних елементів і вищих карбонових кислот, переважно стеаринової та пальмітинової, з добавками барвників, запашних речовин, антисептиків тощо. Щоб краще зрозуміти, як створюється мило, необхідно розглянути його компоненти та певні хімічні процеси, а також ознайомитись з особливостями виготовлення мила в домашніх умовах.

Основними компонентами мила є жири, луги, вода, а також додаткові інгредієнти, які надають косметичному продукту особливих властивостей. Луги, які використовують для омилення – це натрієві (NaOH) і калієві (KOH) гідроксиди. Луги є необхідними для реакції з жирами, в результаті якої утворюються солі вищих жирних кислот. Натрієве мило зазвичай є твердим, тоді як калієве – рідким.

Вода виступає в ролі розчинника, в якому відбувається реакція омилення. Вона також необхідна для розчинення лугів перед їх додаванням до жирів. Жири можуть використовуватись як рослинного, так і тваринного походження.

До рослинних жирів входять бавовняна, пальмова, оливкова, кокосова олії та інші. Вони часто містять ненасичені жирні кислоти, які надають милу зволожувальні та пом'якшувальні властивості. Наприклад, кокосова олія забезпечує милу хороше піноутворення, робить його більш твердим і зволожувальним. Оливкова ж олія робить його м'яким та ніжним для шкіри.

Тваринні жири включають тваринне сало або риб'ячий жир. Ці жири багаті на насичені жирні кислоти, що робить мило більш міцним і стійким до розпаду. Вони часто використовуються в традиційному миловарінні, оскільки надають милу триваліший термін зберігання. Найбільш розповсюдженими серед тваринних жирів є ляд або свинячий жир (надає милу твердості та ніжну піну) і телячий жир (крім твердості і стабільного піноутворення, має ще й зволожувальний ефект).

Очищені жири піддаються розкладанню в присутності лугів при певній температурі. У результаті цього процесу утворюються вищі жирні кислоти, які реагують з лугом, утворюючи солі. Натрієві або калієві солі цих вищих кислот і є милом [1].

У миловарінні часто використовуються різноманітні додаткові компоненти, такі як ефірні олії, натуральні барвники, рослинні екстракти, гліцерин, глина або скрабуючі частинки та ін [2]. Вони додають милу аромат, колір та додаткові корисні властивості.

Хімічна реакція утворення мила (рис. 1):

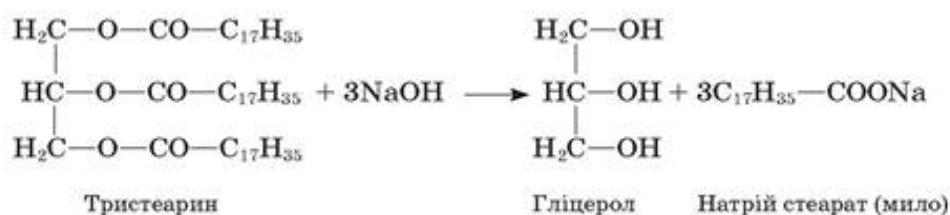


Рис. 1. Процес виготовлення мила

Ця реакція важлива, оскільки в результаті утворюється не лише мило, яке використовується для очищення, але і гліцерин, який має зволожувальні властивості і часто міститься в косметичних засобах.

Виготовлення мила в домашніх умовах стало популярним заняттям, яке дозволяє контролювати якість інгредієнтів і створювати унікальні рецепти. Проте цей процес вимагає дотримання певних заходів безпеки через використання лугів.

Процес виготовлення мила починається з підготовки всіх необхідних інгредієнтів та обладнання. Рекомендується використовувати захисні окуляри та рукавички в роботі з лугами та гарячими розчинами. Наступним кроком є приготування лужного розчину, який необхідно обережно додавати до води, щоб уникнути спалахів. Після того, як луг розчиниться, його слід остудити до 55 °С.

Олії необхідно розтопити на водяній бані і також дочекатися охолодження до 50-55 °С. Важливо, щоб олії і лужний розчин мали однакову температуру. Допускається розбіжність в 5 °С. Після, лужний розчин повільно вводиться до жирів. Цю суміш необхідно перемішувати до отримання однорідної маси, яку потім можна перелити у форми для застигання.

Варто зауважити, що додаткові інгредієнти додають до утвореного мила не одразу. Готова суміш на початку буде рідкою і матиме відносно високу температуру для додавання запашок, ефірних олій та інших наповнень. Щоб не погіршити властивості мила, а тільки покращити їх – такі інгредієнти краще вносити в період 2-3 хвилин після перемішування. Саме в цей час мило почне густішати і переходити в стадію, яка називається слід. Це момент, коли на поверхні залишаються сліди від змішування, але ми все ще можемо працювати з сумішшю.

Якість домашнього мила залежить від чистоти використовуваних інгредієнтів, точності вимірювань, умов виготовлення та самого зберігання готового продукту (табл. 1). Наприклад, температура та вологість можуть впливати на процес омилення, а якість олій і жирів визначає кінцеві властивості продукту.

Таблиця 1. Фактори, які впливають на якість мила

Фактори, які впливають на якість мила	
Чистота інгредієнтів	Використання високоякісних, органічних олій та жирів. Гармонійне поєднання продуктів за їх властивостями.
Точність вимірювань	У випадку з лугом, його надлишок зробить мило агресивним для шкіри, а нестача може призвести до неповного омилення.
Умови виготовлення	Дотримання температурних значень грає найважливішу роль. При підвищенні температури мило втрачає свої властивості.
Зберігання	Мило ручної роботи потрібно зберігати подалі від прямих сонячних променів і вологи (якщо не користуватись ним), до прикладу, обмотавши в харчову плівку. В протилежному випадку, на поверхні продукту може виділятися гліцерин, який забезпечує милу піноутворення, і це погіршить його подальше використання.

Виготовлення мила в домашніх умовах є захоплюючим і креативним процесом, що дозволяє кожному створити унікальний продукт, адаптуючи його до особистих потреб і переваг. Правильне розуміння хімічних принципів, що лежать в основі омилення, допоможе забезпечити високу якість готового мила.

1. Пешук Л. В., Бавіка Л. І., Демідов І. М. Технологія парфумерно-косметичних продуктів. К.: Центр учбової літератури, 2007. 376 с.
2. Хімія, 9 клас: Підручник. Т. М. Гранкіна / Харків: Вид.група «Основа», 2017. С.232-239.

«ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК: ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ МЕДИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Юлія Юріївна,
старший викладач кафедри медико-біологічних дисциплін, juli.7110308@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, denisuknet@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Сучасний розвиток медицини потребує безпечних та ефективних матеріалів для діагностики, лікування та профілактики захворювань. Наночастинки мають великий потенціал для використання як компонентів лікарських засобів завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям. Водночас традиційні методи синтезу наночастинок часто супроводжуються негативним екологічним впливом, пов'язаним із використанням токсичних реагентів та утворенням шкідливих відходів. Використання методів «зеленого» синтезу, що базуються на екологічно чистих джерелах (наприклад, грибах, рослинних екстрактах або біоматеріалах), забезпечує отримання наночастинок із високим рівнем біосумісності та мінімальним впливом на довкілля.

Метою дослідження було вивчення можливостей медичного застосування наночастинок, синтезованих з використанням методів «зеленого» синтезу, з акцентом на їхні біосумісні та антимікробні властивості.

Використання рослинних екстрактів, які містять природні відновники (флавоноїди, алкалоїди, таніни) дозволяє отримувати наночастинки без застосування токсичних реагентів. «Зелений» синтез за участю мікроорганізмів (бактерій, грибів, вірусів) дозволяє синтезувати наночастинки різних металів (золото, срібло, мідь) з контрольованим розміром, морфологією та функціональними властивостями. Крім того синтез можливий із використанням натуральних полімерів (пектин, целюлоза), які виконують роль стабілізаторів, підвищуючи біосумісність матеріалу.

Наночастинки, які синтезовані з метою подальшого використання у біології або медицині, повинні мати низьку токсичність або повну її відсутність, високу біосумісність, здатність до біодеградації чи виведення з організму природним способом. Велика питома поверхня збільшує адсорбційну ємність та адсорбцію на наночастинках контамінантів з полегшенням їх транспорту в клітини.

Наночастинки металів, завдяки маленьким розмірам, легко проникають у організм через органи дихання, травлення, шкіру, долають біобар'єри, зв'язуються з нуклеїновими кислотами та білками, вбудовуються в мембрани клітин, проникають в органели зі зміною їх функцій та проявляють вираженішу біологічну активність через велику площу поверхні на одиницю маси.

Наночастинки, отримані «зеленим» синтезом, демонструють високу біосумісність, що мінімізує ризик токсичних реакцій у організмі, і можуть бути використані для створення біоматеріалів, сумісних з тканинами людського організму. Срібні та мідні наночастинки, синтезовані за допомогою рослинних екстрактів, показали високу антимікробну активність проти широкого спектру патогенних мікроорганізмів, включно з бактеріями та грибами. Це робить їх перспективними у лікуванні інфекційних захворювань та створенні антимікробних покриттів для імплантатів.

Встановлено потенціал металевих наночастинок проти різних вірусів. Наночастинки срібла, золота та карбиду вольфраму було оцінено як потенційні терапевтичні засоби для лікування аденовірусних інфекцій людини, також вони виявляли значну противірусну активність щодо вірусу Анкара, поліовірусу та норовірусу. Тому можуть бути використані як ефективний дезінфікувальний засіб. Біосинтезовані наноматеріали, зокрема наночастинки міді, цинку, золота та срібла є ефективними проти вірусу герпеса. Наночастинки срібла блокують проникнення вірусу герпесу в клітину хазяїна, наночастинки цинку пригнічують активність вірусної ДНК-полімерази, а наночастинки міді генерують АФК для інактивації вірусних білків або деградацією вірусного геному.

Біосинтезовані наночастинки, зокрема Ag, Au, Zn, ZnO, CuO, MgO, Ni, NiO та Со-легований SnO, продемонстрували своє потенційне застосування як протипухлинні агенти. Зокрема, наночастинки MgO синтезовані з водного екстракту водоростей *Sargassum wightii*, характеризувалися протипухлинною активністю проти клітин раку легень. Біосинтезовані наночастинки MgO виявляли підвищену протипухлинну активність, спричиняючи цитотоксичність до клітин раку легень, які гинуть через апоптоз.

Завдяки унікальним фізико-хімічним властивостям (розмір, форма, поверхнева зарядженість), наночастинки у поєднанні з іншими біомолекулами можуть бути застосовані в якості носіїв для контрольованої доставки ліків. Такі гібридні частинки знижують системну токсичність терапевтичних засобів, контролюють кількість введень і покращують дотримання процедури лікування пацієнтами. Нанотранспортерам притаманні біосумісність, здатність долати біологічні бар'єри та можливість у собі транспортувати ліки до вогнища ураження.

Наночастинки з антиоксидантними властивостями, синтезовані методами «зеленого» синтезу, можуть використовуватись у лікуванні запальних процесів, що відкриває нові перспективи в терапії хронічних захворювань. Такі наноантиоксиданти мають низку переваг над звичайними антиоксидантами, зокрема підвищену біодоступність, контрольоване вивільнення та цільове доставлення до місця дії. Встановлено, що наночастинки CeO₂ здатні пригнічувати захворювання, пов'язані з оксидативним стресом, такі як хвороба Альцгеймера, кардіоміопатія та рак.

Екологічно чисті методи синтезу наночастинок для медичних застосувань мінімізують шкідливий вплив на довкілля завдяки відмові від токсичних хімікатів та скороченню відходів. Відновлення та стабілізація наночастинок природними речовинами дозволяє знизити витрати енергії і забезпечити отримання стабільних наноматеріалів із заданими властивостями.

«Зелений» синтез наночастинок є перспективним екологічно чистим підходом до створення біосумісних наноматеріалів для медичних застосувань. Наночастинки, отримані такими методами, поєднують високу біосумісність, антимікробні та антиоксидантні властивості, що робить їх особливо привабливими для створення інноваційних терапевтичних препаратів, антимікробних покриттів та систем доставки ліків.

1. Mittal, A. K., Chisti, Y., & Banerjee, U. C. (2013). Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. *Biotechnology Advances*, 31(2), 346–356. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.01.003>
2. Rai, M., Yadav, A., & Gade, A. (2009). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*, 27(1), 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.09.002>
3. Iravani, S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, 13(10), 2638–2650. <https://doi.org/10.1039/C1GC15386B>
4. Ahmed, S., Saifullah, Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. (2016). Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.06.006>
5. Singh, P., Kim, Y.-J., Zhang, D., & Yang, D.-C. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from plants and microbes: Mechanisms and applications. *Journal of Nanomaterials*, 2016, Article ID 2489492. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.02.006>.
6. Sharma, V. K., Yngard, R. A., & Lin, Y. (2009). Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science*, 145(1-2), 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2008.09.002>
7. Kumar, V., & Yadav, S. K. (2009). Plant-mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and their applications. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 84(2), 151–157. <https://doi.org/10.1002/jctb.2023>
8. Tran, Q. H., & Le, A.-T. (2013). Silver nanoparticles: Synthesis, properties, toxicology, applications, and perspectives. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 4(3), 033001. <https://doi.org/10.1088/2043-6262/4/3/033001>

ЕРГОЛІТИЧНІ ЗАСОБИ В СПОРТІ: ВІД ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ДО МЕХАНІЗМУ ДІЇ

Чайка Юлія Юріївна,
старший викладач кафедри медико-біологічних дисциплін, juli.7110308@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, denisuknet@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Ергогенні засоби використовуються для підвищення спортивних результатів, прискорення відновлення та покращення фізичних показників. Ці речовини можуть бути як природного, так і синтетичного походження, і відрізняються за хімічним складом та механізмами дії на організм спортсмена. Знання про ергогенні засоби дозволяють оптимізувати тренувальні процеси, проте неправильне або надмірне їх використання може завдати шкоди здоров'ю.

Метою дослідження є аналіз основних типів ергогенних засобів, вивчення їх хімічного складу, механізму дії на організм та основних методів отримання.

Ергогенні засоби – це речовини або добавки, які використовуються для покращення фізичної працездатності, витривалості та спортивних результатів. Вони можуть впливати на різні аспекти організму, підвищуючи енергію, стимулюючи м'язову діяльність, прискорюючи відновлення або знижуючи відчуття втоми.

Щодо їх різновидів, то за походженням ергогенні засоби поділяють на природні (рослинні екстракти, амінокислоти) та синтетичні (стероїди, стимулятори), а за механізмом дії: стимулятори (кофеїн, амфетаміни), анаболічні агенти (стероїди, гормони), нейропротектори (ноотропи), відновлювальні засоби (глутамін, електроліти), антиоксиданти та адаптогени.

Для отримання ергогенних засобів використовують:

Синтетичні методи синтезу: анаболічні стероїди та стимулятори отримують шляхом хімічного синтезу в лабораторіях із застосуванням різних органічних та неорганічних вихідних речовин.

Природні методи одержання: кофеїн екстрагується з кавових зерен та чаю, креатин синтезується у тваринних тканинах та може бути отриманий внаслідок хімічних синтезів, амінокислоти та вітаміни отримують з рослинної та тваринної сировини.

Біотехнологічні методи синтезу: еритропоетин і гормон росту виробляються за допомогою рекомбінантної ДНК у біореакторах шляхом культивування клітин, що продукують ці гормони.

Хімічний склад основних ергогенних засобів включає:

- ✓ Кофеїн ($C_8H_{10}N_4O_2$) – стимулятор, який підвищує витривалість і зменшує відчуття втоми завдяки впливу на центральну нервову систему.
- ✓ Креатин ($C_4H_9N_3O_2$) – амінокислота, яка забезпечує резерв енергії в м'язах за допомогою синтезу АТФ (аденозинтрифосфату).

- ✓ Анаболічні стероїди – похідні тестостерону (наприклад, метандростенолон, C₂₀H₃₀O₂), які сприяють збільшенню м'язової маси та силових показників.
- ✓ Еритропоетин (ЕПО) – гормон, який стимулює продукцію еритроцитів, тим самим підвищуючи здатність крові переносити кисень.

Розглянемо механізм дії ергогенних засобів на організм:

Кофеїн стимулює центральну нервову систему, блокуючи аденозинові рецептори, що знижує відчуття втоми і підвищує фізичну витривалість.

Креатин підвищує рівень АТФ у м'язових клітинах, що забезпечує енергію для короткотривалих, високої інтенсивності вправ, сприяючи росту м'язової маси.

Анаболічні стероїди стимулюють синтез білка, активізуючи рецептори андрогенів, що сприяє росту м'язової маси та підвищенню сили.

Еритропоетин збільшує кількість еритроцитів у крові, що покращує постачання кисню до м'язів і підвищує аеробну витривалість.

Хоча ергогенні засоби можуть значно покращити спортивні досягнення, їх використання повинно бути контрольованим, оскільки: неправильне або надмірне використання анаболічних стероїдів може призводити до гормональних порушень, захворювань серцево-судинної системи та печінки, використання еритропоетину підвищує ризик утворення тромбів і може призводити до серйозних серцевих ускладнень а стимулятори, такі як кофеїн та амфетаміни, можуть спричиняти збудження нервової системи, підвищувати артеріальний тиск та призводити до зневоднення.

Ергогенні засоби, як природного, так і синтетичного походження, відіграють важливу роль у сучасному спорті, сприяючи підвищенню фізичної працездатності спортсменів. Вибір та методи застосування цих засобів залежать від мети та потреб спортсмена, однак необхідно враховувати можливі ризики для здоров'я. Оптимальний баланс між ефективністю та безпечністю досягається при раціональному використанні ергогенних засобів під контролем фахівців.

1. Tarnopolsky, M. A. (2008). Caffeine and creatine use in sport. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 52(Suppl. 2), 23-32. <https://doi.org/10.1159/000322696>
2. Delanghe, J., De Slypere, J. P. (2008). Caffeine, sports and health. *International Journal of Sports Medicine*, 9(2), 110–114.
3. Sureda A, Pons A. (2012). Arginine and citrulline supplementation in sports and exercise: ergogenic nutrients? *Med Sport Sci*, 59, 18-28. <https://doi.org/10.1159/000341937>
4. Spriet, L. L. (2014). Exercise and sport performance with low doses of caffeine. *Sports Medicine*, 44(2), 175-184. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0257-8>
5. Gualano, B., Ugrinowitsch, C., Novaes, R. B., Artioli, G. G., Shimizu, M. H., Seguro, A. C., & Lancha, A. H. (2008). Effects of creatine supplementation on renal function: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *European Journal of Applied Physiology*, 103(1), 33-40. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0669-3>
6. Абрамов В.В. Фізична реабілітація, спортивна медицина: [підручник для студ. вищих мед. навч. закладів] / В.В. Абрамов, В.В. Клапчук, О.Б. Неханевич [та ін.]; за ред. професора В. В. Абрамова та доцента О. Л. Смирнової. – Дніпропетровськ, Журфонд, 2014. – 456 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЇ ТА ДЕСОРБЦІЇ ЗНЕБОЛЮВАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ АЛЬГІНАТНИМИ ГІДРОГЕЛЕВИМИ ПЛАСТИНАМИ

Черкас Юлія Володимирівна,
бакалавр III курсу,
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Самарик Володимир Ярославович,
доктор хімічних наук, професор, volodymyr.y.samaryk@lpnu.ua
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Серед цілей сталого розвитку, які ще називають «Глобальними цілями», що були ухвалені на Саміті ООН є за переліком третя ціль – міцне здоров'я та благополуччя, тобто забезпечення здорового способу життя та добробуту людей будь якого віку. За даними всесвітньої організації охорони здоров'я у всьому світі зростає кількість людей похилого віку які потребують догляду, оскільки з віком прогресують захворювання які супроводжуються виникненням ран (трофічні виразки, діабетична стопа, пролежні). Свою частку в збільшенні кількості потребуючих догляду та допомоги вносять і військові дії в різних частинах світу. Для нашої країни це великі виклики, оскільки триває уже третій рік війни в нашій державі і зростає кількість людей, що отримують поранення як серед військових, так і серед мирного населення. Для допомоги всім групам людей незалежно від віку та від причини і способу виникнення захворювання використовують різноманітні засоби надання допомоги, зокрема гідрогелеві матеріали. Тому створення нових типів гідрогелевих лікувальних засобів для догляду за ранами є актуальним.

Гідрогелі забезпечують проведення прогресивного методу «вологого» заживлення ран. Завдяки цьому способу, тривалість лікування скорочується вдвічі. Існує велике різноманіття лікувальних гідрогелевих засобів як на основі природної, так і синтетичної сировини. Однак невелика кількість їх містить додаткові лікарські препарати.

Введення до складу гідрогелів лікарських препаратів дозволяє використовувати їх для трансдермальної доставки лікарських препаратів так як це дозволяє звести до мінімуму варіабельність терапевтичного ефекту, знизити ефект пресистемного метаболізму в печінці, застосовувати речовини з вузьким терапевтичним індексом, а також виключити можливість передозування в початковий період терапії та пов'язану з цим частоту прояву побічної дії.

Метою даної роботи було отримати гідрогелеві вироби із введенням до їх складу препаратів із знеболюючими властивостями.

Як основу було обрано альгінатну гідрогелеву пластину товщиною – 2,0 мм, вмістом води – 43,8 %, вмістом альгінату натрію – 5,60 %, яка характеризується здатністю до набрякання у воді – 56,6 гр./гр. полімеру, та в ексудаті – 121,5 гр./гр. полімеру. Досліджували сорбцію та десорбцію ряду знеболюючих препаратів, а саме кейверу, диклофенаку натрію, лідокаїну, кетанову, новокаїну. Введення препаратів проводили методом вичерпного набрякання та створювали концентрації дозволені для зовнішнього використання цих препаратів. А саме концентрації: кейверу – 1%, диклофенаку натрію -1%, лідокаїну-5%, кетанову – 2%, новокаїну - 3%. В таблиці 1 наведено коефіцієнти сорбції цих препаратів альгінатними пластинами. Коефіцієнт сорбції розраховували як відношення кількості лікарського препарату введеного до складу гідрогелевих пластин до кількості лікарського препарату введеного у розчин для проведення сорбції.

Десорбцію вивчали в різні середовища: фізрозчин, модельний ексудат та в середовище октанолу. Фізрозчин та модельний ексудат в певній мірі імітують середовища в які може десорбуватись лікарський препарат зі складу пов'язки за умови відкритої рани. При стадії грануляції інформацію про десорбцію отримуємо при дослідженнях в октаном, оскільки бінарна система октанол-1-вода, вважається моделлю взаємодії клітинної мембрани з середовищем яке її оточує. В таблиці 1 приведені коефіцієнти десорбції які розраховували

як відношення кількості лікарського препарату виведеного із складу гідрогелевих пластин у відповідне середовище до кількості лікарського препарату введеного у гідрогелеву пластину.

Таблиця 3. Коефіцієнти сорбції та десорбції знеболювальних препаратів гідрогелевими пластинами.

Препарат	Коефіцієнт сорбції, %	Коефіцієнт десорбції*, % (на 3 години десорбції, середовище – модельний ексудат)
Новокаїн	37,0	25,0
Кайвер	82,0	34,0
Диклофенак натрію	78,0	45,5
Лідокаїн	90,0	37,3
Кетанов	61,0	36,6

*відсоток вказаний від кількості препарату введеного в пластину.

Дослідження демонструють, що у середньому на 6÷12 годину процесу десорбції вивільніється у середовище: фізрозчину 50÷60 %; модельного ексудату 40÷60 %; октанолу 20÷35 %. Це дозволяє прогнозувати пролонговану доставку лікарських препаратів.

Результати досліджень по отриманню лікувальних пов'язок з наповненням знеболювальними препаратами демонструють, що можливо ввести ряд лікарських препаратів до складу альгінатних гідрогелевих пластин і що можливо забезпечити його пролонговане вивільнення.

Подяка.

Результати досліджень, наведені в цій публікації, отримані за фінансування Міністерством освіти і науки України в рамках виконання науково-дослідного проекту «Створення засобів медичного призначення на основі нових полімергібридних гідрогелевих систем для лікування та реабілітації військовослужбовців з терапевтичною та хірургічною паталогією».

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

Шаран Тетяна Олександрівна
здобувач вищої освіти III курсу, tillajti8@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєв Сергій Володимирович
старший викладач кафедри хімії, avdeevssv@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Органічні добрива – це природні речовини, які містять поживні елементи, необхідні для росту і розвитку рослин, такі як азот, фосфор, калій, кальцій та інші мікроелементи. Використання органічних добрив має численні переваги, серед яких: покращення структури ґрунту, підвищення його родючості та підтримка екологічного балансу. Однак для їх ефективного застосування важливо розуміти особливості таких добрив та їхній вплив на ґрунт, ріст і розвиток рослин [1].

Розрізняють органічні добрива як рослинного, так і тваринного походження. Вони можуть бути рідкими, твердими і гранульованими.

До органічних добрив належать гній, торф, компост, екскременти тваринного та людського походження, відходи сільськогосподарського виробництва та заводів, солома, сапрпель, кісткове борошно тощо.

Гній є найбільш відомим органічним добривом. Розрізняють підстилковий і безпідстилковий гній. Це поширене і цінне добриво, яке є джерелом поживних речовин для росту та розвитку рослин.

Підстилковий гній називають повним добривом. До його складу входять такі хімічні елементи, як нітроген, фосфор, калій, кальцій, магній та ін. Така підстилка покращує якість гною та зменшує втрати азоту. Безпідстилковий гній є сумішшю екскрементів тварин розведених або розчинених водою з домішками.

Пташиний послід є швидко діючим та ефективним добривом. Від кожної пташки на добу можна мати від 6 кг (курей) до 11 кг (гусей) посліду. Найбільш поживною речовиною у пташиному посліді є азот. У курячому посліді є приблизно 56% води, 1,6% азоту, 1,5% фосфору, 0,8% калію, 2,4% кальцію і 0,7% магнію. рН-середовище посліду може коливатися від 7,1 до 6,9.

У соломі міститься близько 0,5% азоту, стільки ж кальцію, магнію та інших речовин, але при використанні однієї соломи як добрива може знизитися кількість урожаю, тому потрібно це врахувати [2, 3].

До складу торфу також входить велика кількість азоту, який перебуває у формі органічних сполук, що є важкодоступними для рослин (від 0,04 до 0,36 %). Калію і кальцію в торфі майже немає. Це добриво найкраще заготовляти шарово поверхневим способом, що надає йому гарної якості та може використовуватися на сільськогосподарських угіддях.

Основні особливості використання органічних добрив:

- повільне вивільнення поживних речовин (поступово розкладаються у ґрунті, при цьому рослини отримують стабільне підживлення протягом усього вегетаційного періоду, що сприяє їх рівномірному росту);
- поліпшення структури ґрунту (містять органічну речовину, яка розкладається та збагачує ґрунт гумусом, завдяки чому підвищується здатність ґрунту утримувати вологу, стає кращою його структура, а ґрунт стає більш пухким і аерованим);
- підтримка біологічного балансу ґрунту (стимулюють розвиток корисних мікроорганізмів, які розщеплюють органіку і роблять поживні речовини доступними для рослин);
- захист від ерозії (покращують зв'язок частинок ґрунту, що запобігає ерозії);

- високий вміст мікроелементів (мікроелементи з органічних добрив краще засвоюються рослинами, ніж із синтетичних).

Отже, основними перевагами використання органічних добрив є: екологічне виробництво, збільшення врожайності сільськогосподарських культур, що не спричиняє шкоди для людського організму, збільшення корисних бактерій у ґрунті. Органічні добрива можна використовувати як основне або додаткове джерело живлення для рослин. Ці добрива можна застосовувати на різних етапах росту та розвитку рослин. Їх можна використовувати як у великих господарствах, так і в малих садах або городах, теплицях і, навіть, у домашніх горщиках для рослин. Але серед усіх цих переваг є й недоліки використання органічних добрив. Так, у порівнянні з мінеральними добривами, органічні містять меншу кількість поживних елементів, що вимагає більших обсягів для отримання бажаного ефекту. Вони потребують більше місця для зберігання, а також певних умов (наприклад, для компосту), щоб запобігти неприємним запахам та розмноженню шкідливих мікроорганізмів. Якщо органічне добриво не пройшло достатньої ферментації, існує ризик занесення бур'янів і шкідливих бактерій у ґрунт. Такі добрива діють повільніше, тому ефект може стати помітним не одразу, що не завжди зручно при вирощуванні культур із коротким періодом вегетації.

Таким чином, органічні добрива мають численні переваги, пов'язані з покращенням структури ґрунту, підтримкою біологічного балансу та збереженням природного середовища. Їх використання потребує знань і розуміння властивостей кожного типу добрива, а також врахування специфіки вирощуваних культур і умов ґрунту. Правильне застосування органічних добрив забезпечує довготривалий і стійкий розвиток сільського господарства та підтримку родючості землі.

1. Агроекологія / М.М. Городній, А.Г. Сердюк, М.П. Вовкотруб та ін. К.: Вища шк., 1993. 415 с.

2. Споживання органічних добрив в Україні. URL: <https://saf.org.ua/news/938/>

3. Organic Food: Production and Control. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/organic-fertilizer>

МЕБРАННИЙ ЕЛЕКТРОЛІЗ РОЗЧИНІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ІОНАМИ КАДМІЮ

Шокаленко Олександр Вікторович,
здобувач вищої освіти IV курсу, aleksandrsokalenko@gmail.com

Большаніна Світлана Борисівна,
доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії, s.bolshanina@chem.sumdu.edu.ua
Сумський державний університет, Україна

Європейський “Зелений курс” покликаний забезпечити кліматичну нейтральність, процвітання та справедливість економіки ЄС. Він забезпечує визначеність для промисловості та інвесторів, підтримує розвиток енергоємних галузей, встановлюючи чіткі цілі до 2030 року. Дана визначеність дає стимул енергоємним галузям розробляти інновації в сфері кліматично нейтральних технологій. Основними цілями є використання великого потенціалу світового ринку технологій з низькими рівнями викидів, стійких продуктів та послуг, щоб досягнути до 2050 стану кліматичної нейтральності[1].

Для того, щоб дійсно приєднатися до курсу «зеленого» європейського економічного розвитку, ця робота має пропозицію суттєвого покращення екологічно шкідливого та ресурсовитратного гальванічного виробництва. Дане виробництво передбачає використання великої кількості агресивних розчинів і численних операцій з промивання. Це призводить до споживання великої кількості чистої води та утворення токсичних стічних вод, які необхідно нейтралізувати та утилізувати[2].

У цій роботі пропонується використання мембранного електролізу для поліпшення складу гальванічних ванн і побудови безвідходного виробничого циклу.

В рамках дослідження було зібрано двокамерний модуль, оснащений катіонообмінною мембраною. Вміст іонів кадмію в розчині аналізували методом комплексонометричного титрування. Для характеристики осадів, що утворюються в результаті роботи електрохімічного пристрою, використовували наступні методи: рентгенівська дифрактометрія та растрова електронна мікроскопія з функцією рентгенівського мікроаналізу. Виявлено, що процес є найбільш ефективним при високій концентрації вихідних розчинів сульфату кадмію. При цьому число переносу іонів кадмію зростає в середньому з 0,2 до 0,55 при подвоєнні концентрації вихідного розчину. При цьому значення пов'язаного з відновленням іонів кадмію до металу виходу за струмом не має чіткої залежності від початкової концентрації розчину. Наглядною демонстрацією цього є таблиця.

Таблиця 1. Розрахунок чисел перенесення іонів кадмію процесу електрохімічного вилучення іонів кадмію з модельного розчину

$C_{\text{аноліту}} (CdSO_4)$ моль-екв/л	Кл	$Q(Cd),$ Ку, г	Δm_k	$Q_{\text{заг}}, Кл$	$t_+(Cd^{2+})$	BC, %
0,25		450,19	0,697	2117,11	0,21	7,65
0,5		993,72	0,587	1783,99	0,557	8,37

При концентрації кадмій сульфату 0,25 моль-екв/л середній вихід за струмом становить дещо більше 7%, а при 0,5 моль-екв/л – близько 8%. Незначні та близькі між собою значення виходу за струмом металевого кадмію на катоді пояснюється конкурентним процесом утворення газоподібного водню.

З таблиці також видно, що зі збільшенням концентрації розчину аноліту міграція іонів

через мембрану зростає, збільшуючи концентрацію кадмію в розчиннику католіту і загальну кількість молей кадмію, що мігрували. Зважаючи на число переносу іонів кадмію можна припустити, що при більш тривалому процесі мембранного електролізу збільшиться вміст іонів в католіті, а за ним і збільшення виходу за струмом металевого кадмію на катоді.

Таким чином, результати проведеного дослідження дозволяють стверджувати, що використання двокамерного електрохімічного модуля з катіонообмінною мембраною сприяє ефективному вилученню іонів кадмію з промивних гальванічних розчинів, що зменшить надходження цього токсичного іона в навколишнє середовище і створить умови для замкнутого циклу виробництва.

1. European industrial strategy. *European Commission*.

URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy_en (date of access: 05.11.2024).

2. Membrane Processes during the Regeneration of Galvanic Solution / V. O. Serdiuk et al. *Journal of Engineering Sciences*. 2018. Vol. 5, no. 2. P. F1–F6.

URL: [https://doi.org/10.21272/jes.2018.5\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2018.5(2).f1) (date of access: 05.11.2024).

СЕКЦІЯ 6:

Особливості викладання хімії в закладах середньої та вищої освіти

«ПЕРЕВЕРНУТЕ НАВЧАННЯ» В ХІМІЇ: ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ОСВІТИ У ВИЩІЙ ШКОЛІ

Авраменко Юлія Юріївна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, yulia03avramenko@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юріївна
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Низька мотивація студентів щодо самостійного навчання – це один із найбільших викликів сучасного світу, з яким часто можуть зіткнутися викладачі закладів вищої освіти. У зв'язку з цим, дуже важливо шукати актуальні та ефективні методи, прийоми та технології, які сприятимуть підвищенню ефективності навчального процесу. Наразі саме «перевернуте навчання» вважається інноваційною педагогічною технологією, що повністю відповідає усім вище перерахованим критеріям пошуку. Ця новітня форма організації освітнього середовища є однією з моделей змішаного навчання, що включає в себе елементи традиційних методів навчання та дистанційної форми. Крім того, вона активно застосовується у формальній і неформальній освіті [1].

Тематика «перевернутого навчання» активно досліджується науковцями, у ході чого здійснено та опубліковано численні систематичні оглядові наукові праці, які охоплюють широкий спектр важливих тем. Одним із таких є дослідження [2], де описано результати вивчення здобувачами бакалаврського рівня вищої освіти хімії з метою реалізації перевернутого формату. Для дослідження було взято педагогічну модель: здобувачі вищої освіти позааудиторно переглядали відеолекції та брали участь у діяльності з вирішення проблем у ході занять що, як показали результати, позитивно вплинуло на оцінки та відвідуваність занять, чого не можна було сказати про студентів традиційного формату навчання. Це є яскравим прикладом ефективності впровадження моделі «перевернутого навчання» у закладі вищої освіти, а саме у викладанні хімії.

Визначення переваг і недоліків щодо використання підходу перевернутого навчання під час викладання хімії досліджувалося в межах співпраці трьох педагогів [3], які були запрошені з метою розробки «перевернутих» навчальних матеріалів для підготовки викладачів хімії. Матеріали включали в себе плани курсів, онлайн-відео, завдань, особливостей викладання навчальної дисципліни, а також послідовності навчання за допомогою мережі Інтернет і очного навчання. За даними дослідження, застосування підходу «перевернутого навчання» в країнах, що розвиваються, може бути корисним, однак потребує відповідної інфраструктури інформаційно-комунікаційних технологій, зацікавленості та відданості самих викладачів і їх якісної професійної підготовки для розробки, вдосконалення змісту та використання даного підходу.

Нами проаналізовано технології та інструменти, які використовуються для перевернутого навчання в межах закладів вищої освіти. Так, у сучасному цифровому середовищі інструменти для створення відео, такі як Camtasia, скрінкасти та YouTube, є надзвичайно актуальними та важливими, оскільки вони зробили революцію в освіті, комунікації та ідеях цифрової епохи. Такі засоби навчання дають змогу отримати вищу освіту у спосіб, який ніколи не можна було собі уявити, створюючи, розповсюджуючи та залучаючи різноманітні групи [4]. Для студентів-хіміків не менш важливу роль в реалізації методу «перевернутого навчання» відіграють різноманітні симуляції та віртуальні лабораторії. Такі платформи дають змогу проводити хімічні експерименти в умовах, які можуть бути недоступні в реальному житті. Віртуальні лабораторії (PhET Interactive Simulations, Labster, ChemCollective, Virtual Labs by Amrita University), наприклад,

допомагають учням вивчати концепції, які інакше могли б бути важкими для розуміння. Поза увагою не варто лишати й віртуальні дошки, цифрові підручники та онлайн-колабораційні інструменти.

Незважаючи на те, що «перевернуте навчання» надає багато переваг для закладів вищої освіти, в цього методу також є деякі недоліки, такі як витрата часу, відсутність мотивації до реалізації навчання, зниження якості записаних лекцій, відсутність технологічних ресурсів, прийняття «перевернутого навчання» [5].

Отже, важливою характеристикою підходу «перевернутого навчання» є його гнучкість, що дозволяє здобувачам вищої освіти контролювати своє навчання. Студенти можуть дивитися навчальні відео до заняття та читати конспекти лекцій у власному темпі перед заняттям. Таким чином, викладачі можуть по-іншому планувати та організувати час заняття, щоб максимально підтримати навчання здобувачів. Стосовно недоліків «перевернутого навчання», варто зауважити, що визначення проблем у впровадженні даного методу навчання служить дорожньою картою для майбутніх дослідницьких починань експериментального характеру. Інші дослідники можуть використовувати ці виклики як відправну точку для більш детального дослідження конкретних питань, що в подальшому значно полегшить впровадження «перевернутого навчання» у заклади вищої освіти.

1. Кадемія М. Ю. Інформаційно-комунікаційні технології у перевернутому навчанні студентів. Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України: збірник матер. наук. конф., м. Київ, 28 берез. 2017 р. Київ: ІТЗН НАПН України, 2017. С. 147–150.

2. Casasola T., Nguyen T., Warschauer M., Schenke K. Can Flipping the Classroom Work? Evidence from Undergraduate Chemistry. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1150758>

3. B. Aidoo, M. A. Macdonald, V. Vesterinen, S. Pétursdóttir, B. Gísladóttir Transforming Teaching with ICT Using the Flipped Classroom Approach: Dealing with COVID-19 Pandemic. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/6/421>

4. L. K. Ng, C. K. Lo Flipped classroom and gamification approach: Its impact on performance and academic commitment on sustainable learning in education. Sustainability. URL: https://www.researchgate.net/publication/360297136_Flipped_Classroom_and_Gamification_Approach_Its_Impact_on_Performance_and_Academic_Commitment_on_Sustainable_Learning_in_Education

5. M. I. Baig, E. Yadegaridehkordi Flipped classroom in higher education: a systematic literature review and research challenges. URL: <https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-023-00430-5>

ЕЛЕКТРОННІ ІГРИ З ХІМІЇ – ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ЗАСВОЄННЯ ЗНАНЬ

Блищик Микола Олександрович,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, halk123098123@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Електронні ігри з хімії – це ефективний шлях до покращення процесу навчання та засвоєння складних хімічних суджень у сучасній освіті. Вони поєднують розваги з навчальними елементами, що дозволяє студентам активніше залучатися до вивчення хімії і розвивати як теоретичні, так і практичні навички.

Проведені дослідження свідчать, що використання електронних ігор у навчанні хімії підвищує рівень засвоєння матеріалу. Здобувачі вищої освіти, які використовують інтерактивні ігри та симуляції, краще запам'ятовують інформацію, швидше розуміють складні теорії та судження з хімії, краще демонструють свої знання на іспитах із навчальних дисциплін [1]. Варто зазначити, що електронні ігри з хімії дозволяють студентам безпосередньо застосовувати теоретичні знання на практиці. Так, виконуючи завдання, вони можуть відразу бачити результати своїх дій і розуміти, які хімічні явища спостерігають, які ознаки проходження хімічних реакцій фіксують, що сприяє розвитку не тільки знань, але й навичок аналізу, критичного мислення та вирішення проблемних ситуацій.

Таким чином, у сучасних реаліях потенціал та актуальність використання електронних ігор у ході вивчення хімії збільшується, розвивається та підтримується, що робить навчання більш живим, цікавим і веселим. Тому в умовах сьогодення використання під час реалізації освітнього процесу смартфонів у вигляді мобільних додатків допомагає здобувачам вищої освіти оцінити свої можливості та здібності до навчання. Постійна потреба в реагуванні на зміни в грі допомагає студентам краще зосереджуватися на навчальному матеріалі, що підвищує ефективність засвоєння знань [4].

Аналізуючи літературні джерела [2, 3, 5], визначено основні три категорії електронних ігор із хімії: цифрові ігри, нецифрові ігри та поєднання цифрових і нецифрових ігор у процесі навчання. Приклади цифрових ігор із хімії, які можуть використовуватися для більш ефективного навчання в закладі вищої освіти: Chemistry Board Game або Al Chemist Knight, Mobile Game-Based Learning (M-GBL), освітні ігри на базі Android і смартфонів, ігри Molebots і WebQuest тощо. Нецифрові ігри характеризуються використанням карток, дощок, головоломок, наукових настільних ігор під назвою Element Enterprise Tусoon (EET). Такі види ігор викликають все більший інтерес до вивчення навчальних дисциплін хімічної тематики та сприяють досягненню більш глибокого розуміння матеріалу.

На відміну від традиційних підходів до реалізації освітнього процесу, які мають меншу ефективність у ході навчання здобувачів, добре розроблені електронні ігри безпосередньо залучають і розвивають їхній інтерес з метою досягнення очікуваних цілей навчання. Крім того, ігрове навчання може заощадити кошти порівняно з навчанням у лабораторії, оскільки воно потребує засобів активного навчання, інструментів і матеріалів, які є досить дорогими та мають відповідати індивідуальним навчальним потребам.

Отже, **електронні ігри** у викладанні хімії — це перспективний шлях, який поєднує інтерактивність, візуалізацію та залученість здобувачів вищої освіти у навчальний процес. Вони не лише підвищують продуктивність навчання, але й сприяють глибокому розумінню матеріалу, розвивають практичні навички та роблять процес навчання цікавішим і доступнішим. Ігри з хімії відкривають нові можливості для освіти, адаптуючись до потреб

сучасного студента та змінюючи традиційні підходи до навчання.

1. Journal of Technology Enhanced Learning, 12(2), 146-160. Cahyana, U., Paristiowati, M., Savitri, D. A., & Hasyrin, S. N. (2017). Developing and application of mobile game-based learning (M-GBL) for high school students' performance in chemistry. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 13(10), P. 7037–7047.

2. Chen, S., Jamiatul Husnaini, S., & Chen, J. J. (2020). Effects of games on students' emotions of learning science and achievement in chemistry. International Journal of Science Education, 42(13), P. 2224–2245.

3. Clapson, M. L., Gilbert, B. C. T., & Musgrove, A. (2020). Race to the Reactor and Other Chemistry Games: Game-Based and Experiential Learning Experiences in Materials and Polymer Chemistry. Journal of Chemical Education, 97(12), P. 4391–4399.

4. Fitriyana, N., Wiyarsi, A., Ikhsan, J., & Sugiyarto, K. H. (2020). Android-based-game and blended learning in chemistry: Effect on students' self-efficacy and achievement. Cakrawala Pendidikan, 39(3), P. 507–521.

5. Wang, M., & Zheng, X. (2020). Using Game-Based Learning to Support Learning Science: A Study with Middle School Students. The Asia-Pacific Education Researcher, 30, P. 167–176.

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ДИДАКТИЧНИХ ІГОР ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ В ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бурківська Ірена Вікторівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, iraburkivska0@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєв Сергій Володимирович
старший викладач кафедри хімії, avdeevssv@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Електронні дидактичні ігри є інноваційним засобом підвищення ефективності навчання хімії. Вони поєднують у собі елементи гейміфікації, інтерактивних технологій і педагогічних методів, що сприяє формуванню в здобувачів вищої освіти стійкого пізнавального інтересу до вивчення навчального предмета та підвищенню їхньої мотивації до навчання.

Поняття «дидактична гра» трактується як спосіб активного навчання, що базується на включенні студента у навчальний процес через ігрову діяльність, яка має чітко визначену мету та структуру [1].

Електронні дидактичні ігри дозволяють створювати інтерактивне середовище, яке моделює хімічні процеси та реакції, забезпечуючи глибше розуміння матеріалу через візуалізацію та симуляцію, а також сприяють розвитку логічного мислення, вмінню аналізувати та приймати рішення.

Основні переваги використання електронних дидактичних ігор у процесі вивчення хімії [2]:

- *Інтерактивність та візуалізація* — ігри дозволяють студентам вивчати хімічні процеси у віртуальному середовищі, яке недоступне у традиційних лабораторіях.
- *Збільшення мотивації* — ігрові елементи створюють позитивне ставлення до навчання, викликають цікавість та сприяють кращому засвоєнню знань.
- *Розвиток дослідницьких навичок* — студенти мають можливість проводити віртуальні експерименти, аналізувати результати та робити висновки, що сприяє формуванню дослідницьких компетентностей.
- *Індивідуалізація навчання* — електронні ігри дозволяють кожному здобувачу освіти працювати у власному темпі, обираючи рівень складності завдань відповідно до своїх знань.

Таблиця 1. Використання електронних дидактичних ігор при вивченні хімії

Тип гри	Опис	Переваги
Експериментальні ігри	Ігри, що імітують хімічні реакції та експерименти.	Розвиток навичок критичного мислення та аналізу.
Вікторини	Гра на запитання про хімію для перевірки знань студентів.	Підвищення зацікавленості та мотивації до навчання.
Симуляційні ігри	Імітація лабораторних процесів та досліджень.	Сприяння практичному навчанню в безпечному середовищі.

Кросворди та головоломки	Задачі на розв'язання, пов'язані з хімічними термінами.	Збагачення словникового запасу та зміцнення пам'яті.
Віртуальні лабораторії	Онлайн-платформи для проведення експериментів.	Доступність для студентів з різних регіонів.

В умовах сучасної освіти важливими є такі методи активізації пізнавальної діяльності здобувачів вищої освіти під час використання електронних дидактичних ігор: метод проблемного навчання, дослідницького підходу та метод проєктів. Саме ці методи сприяють інтеграції теоретичних знань із практичним застосуванням через ігрову діяльність. Таким чином, електронні дидактичні ігри є важливим компонентом у навчальному процесі, що дозволяє створити середовище для активного навчання, підтримки інтересу та формування ключових компетенцій майбутніх фахівців із хімії.

1. Іванов І. О. Використання електронних дидактичних ігор у процесі вивчення хімії. Київ: Видавництво «Освіта», 2020. 150 с. URL: <https://chemistrygames.edu.ua>.

2. Петрова Т. Г. Методичні засади впровадження інтерактивних технологій у хімічну освіту. Харків: Видавництво «Педагогічні науки», 2019. 200 с. URL: <https://interactchemistry.ua>.

ОНОВЛЕННЯ МЕТОДИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВЧИТЕЛЯ ДЛЯ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ НА БАЗОВОМУ РІВНІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ КОНЦЕПЦІЇ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ

Гошовець Катерина Володимирівна,
здобувач ІІ курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, goshka@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Анічкіна Олена Василівна,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри хімії, eva_kvitka@meta.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Починаючи з вересня 2024 року в закладах загальної середньої освіти розпочали працювати оновлені програми з хімії для 7-9 класів відповідно до нового Державного стандарту базової середньої освіти. Найпопулярнішими трендами оновлення змісту освіти на сьогодні визнані: інклюзивне навчання; інтегроване навчання (STEM); широка співпраця на різних рівнях; компетентнісний підхід, а не накопичення знань, умінь, навичок; формування дослідницького ставлення до життя; цифрові інструменти здобуття освіти; сталий розвиток суспільства в кожному предметі; особистісний розвиток кожного здобувача.

З огляду на значення хімічної науки для розвитку суспільства та життєдіяльності кожної людини в пріоритеті вчителя хімії знаходяться: інклюзивне навчання на кроках хімії, оскільки відсутні докладні методичні інструкції щодо його реалізації, адже загалом інклюзія – це процес збільшення ступеня участі всіх громадян в соціумі, а інклюзивна політика є пріоритетом уряду.

Інтегроване навчання для вчителя хімії полягає в реалізації STEM-освіти, як поєднання (S – science, T – technology, E – engineering, M – mathematics) – природничих наук, технологій, інженерії та математики, як складова державної політики з підвищення конкурентоспроможності національної економіки та розвитку людського капіталу.

Значення формування елементарних компетентностей в хімії є пріоритетним завданням закладів освіти всіх рівнів, адже з 2015 року ООН визначила 14 цілей сталого розвитку суспільства на період до 2030 року, 7 з яких може розв'язати хімічна наука, за визначенням Американського хімічного товариства (ACS). У світлі введення в дію Закону України «Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією», усвідомлення значення хімії для досягнення цілей сталого розвитку стає ще більш актуальним.

Формування дослідницького ставлення до життя є одним із пріоритетів реалізації Концепції Нової Української Школи, проте потребує конкретизації саме в хімічній науці, адже хімічний експеримент – метод наукового пізнання, потребує організації діяльності з опанування здатністю його використовувати та формування вмінь проводити спостереження в ході експериментування.

Сучасний методичний інструментарій вчителя хімії потребує використання лепбуків, ментальних карт, моделювання, додаткової візуалізації, оповідань, тих методів, які вважалися до запровадження інноваційними, а вже сьогодні стали традиційними, адже використовуються всіма вчителя хімії. Міндмепінг – найчастіше пропонується сучасними програмами [1, 2] метод навчання хімії, адже використовувати його на уроках пропонується в 72,73-100% виучуваних тем. Проте проведене опитування засвідчує, що 19,05% вчителів використовували його час від часу, а 80,95% не використовували взагалі [3].

Таким чином модернізація методичного інструментарію має бути забезпечена докладними методичними рекомендаціями щодо створення та використання новітніх методів у традиційному викладанні хімії в закладі загальної середньої освіти, вчителі мають набути досвід їх використання.

1. Модельна навчальна програма «Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої

освіти (авт. Лашевська Г. А.) «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України» (наказ Міністерства освіти і науки України від 16 серпня 2023 року № 1001).

2. Модельна навчальна програма «Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (автор Григорович О. В.) «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України» (наказ Міністерства освіти і науки України від 27.12.2023 № 1575).

3. Анічкіна О. В., Авдєєва О. Ю., Євдоченко О. С., Писаренко С. В. Сучасні виклики традиційного навчання хімії в школі: інноватика методичного інструментарію. Вісник науки та освіти. 2024. Вип. 5 (23). С. 673-686.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ САМОСТІЙНОСТВОРЕНИХ ЕЛЕКТРОННИХ РЕСУРСІВ НА УРОЦІ ХІМІЇ В ОФЛАЙН ФОРМАТІ

Груздюк Катерина Володимирівна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти II курсу,
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Анічкіна Олена Василівна,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри хімії, eva_kvitka@meta.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Сучасний етап реформування освіти [1] в Україні передбачає зосередження уваги на підготовці вчителів, здатних ефективно використовувати в професійній діяльності методики компетентнісного навчання та сучасні освітні технології, які набули потужного розвитку, зокрема й за рахунок тривалого використання дистанційного та змішаного навчання. Одними з засобів такої трансформації освіти виступають цифрові інструменти, які дозволяють в зручній для учнів формі презентувати навчальний матеріал, а також адмініструвати освітній процес, комунікувати.

Інтенсивний розвиток цифрових засобів навчання часто стає підґрунтям відмови від реальних, таких як: хімічний експеримент, розв'язування задач, складання перетворень, що є значним ускладненням вивчення хімії в закладі загальної середньої освіти. Більшість учнів виявляють інтерес до цифрових, віртуальних способів діяльності уникаючи реальних.

Таким чином, сучасний учитель хімії перебуває в умовах боротьби бажання учнів використовувати віртуальні засоби вивчення предмету та власного переконання в необхідності застосування реальних способів діяльності на уроці.

Значний розвиток дистанційного навчання протягом чотирьох років привів до накопичення значної кількості цифрових інструментів навчання хімії в відкритому, вільному доступі, проте оновлення змісту Державного стандарту базової середньої освіти призвело до значної втрати актуальності таких ресурсів, адже відбулася докорінна зміна програми з хімії для закладів загальної середньої освіти 7-9 класів, а започаткування в 2027 році Концепції Профільної освіти призведе до відмови більшості від вивчення хімії на профільному рівні та зміні змісту навчання в 10-12 класах.

Сучасний вчитель хімії відповідно до оновленого Професійного стандарту вчителя закладу загальної середньої освіти, оприлюдненому 10.09.2024 року [2] має володіти 15 компетентностями, однією з яких є інформаційно-цифрова, покликана забезпечити орієнтування в інформаційному просторі, здатність здійснювати пошук необхідної інформації та критично її оцінювати (медіаграмотність), трансформувати її у викладання хімії; здатність ефективно використовувати існуючі електронні (цифрові) ресурси та за необхідності власноруч створювати нові, які задовольнятимуть потреби учнів у вивченні певної теми; готовність і здатність використовувати сучасні цифрові технології на уроці та в позаурочній діяльності з хімії.

Отже, сучасний вчитель хімії зобов'язаний бути готовим не лише до використання складних, створених програмістами засобів навчання: моделювальних (MolView, ChemDraw); симуляторів (PhET - University of Colorado Boulder, labster); сервісів невеликих інтерактивних модулів для підтримки навчання та викладання (LearningApps.org, Online Test Pad, rebus1.com/ua/, jigsawplanet.com/, worditout.com/, GIPHY), цифрових вимірювальних комплексів (Verner, NeuLog, Data Harvest), вебсервісів підтримки та організації навчального процесу (Google Classroom, HUMAN, Prosvita, MOODLE), а й наповнювати власний цифровий освітній простір створеними власноруч електронними ресурсами. Адже кожний вебсервіс – це набір шаблонів, які необхідно заповнити власними дидактичними розробками для кожного уроку.

Пріоритетом сьогодення закладу загальної середньої освіти визнано перехід на офлайн-

навчання, що викликає занепокоєння вчителів у частині нагромадження досвіду цифрового контенту та неможливості його включення в офлайн-формат.

Урок хімії потребує обов'язкового використання реального хімічного експерименту та вправ на складання рівнянь хімічних реакцій, написання перетворень, як елементів формування креативного мислення та усвідомлення значення хімічної науки для життєдіяльності пересічної людини, проте освітні втрати в галузі природничо-математичної освіти вже у 2022 році становили 1,5 роки [3] і продовжують накопичуватися, тому використання таких реальних засобів навчання потребує ґрунтовної підготовки учнів до їх сприйняття та використання через тренування в віртуальному форматі, через використання цифрових, звичних і цікавих інструментів опанування.

Так, симулятори можуть бути запропоновані вчителем хімії перед проведенням реальних експериментів на уроках для тренування здатності спостерігати за об'єктами, дотримуватися правил безпеки в лабораторії, усвідомлення процесів, які відбуватимуться в ході реакцій. Навіть звичне використання роботи за картками на уроці може отримати новий зміст у включенні його в діяльність у вигляді цифрової дидактичної гри, а конструювання молекул у цифровому форматі має значно привабливіший для учнів вигляд і позбавляє вчителя необхідності використовувати коштовні конструктори або спрощувати хімічну науку використанням ужиткових засобів. Слід чітко усвідомлювати: хімія – центральна природнича наука, яка потребує залучення до вивчення об'єктів оточуючого світу для формування свідомого ставлення, проте значне спрощення та орієнтація лише на ужиткові об'єкти та процеси примітивізує науку, знищує її перспективи

Сучасна методика навчання хімії потребує використання реальних об'єктів на уроках, повернення до використання матеріальних засобів навчання на офлайн-уроках, проте підготовка до їх використання може, і має, відбуватися в віртуальному просторі. А для цього вчитель хімії має створити активне цифрове середовище, яке стане запорукою формування розуміння хімії, як перспективної, популярної, необхідної та пріоритетної науки сучасного світу.

1. Реформа освіти та науки. Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/reformi/rozvitok-lyudskogo-kapitalu/reforma-osviti>

2. Професійний стандарт «Вчитель закладу загальної середньої освіти». URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefndmkaj/https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/646-ilovepdf_merged.pdf

3. Національний звіт за результатами міжнародного дослідження якості освіти PISA-2022 / кол. авт. : Г. Бичко (осн. автор), Т. Вакуленко, Т. Лісова, М. Мазорчук, В. Терещенко, С. Раков, В. Горох та ін. ; за ред. В. Терещенка та І. Клименко ; Український центр оцінювання якості освіти. Київ, 2023. 395 с.

ІНТЕРАКТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ХІМІЇ ЯК ЕЛЕМЕНТ STEM-ОСВІТИ

Вовченко Марія Миколаївна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти,
vovchenkoallo19@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Інтерактивне моделювання – потужний інструмент, який перетворює абстрактні хімічні поняття на візуально привабливі та інтуїтивно зрозумілі моделі. Застосування таких моделей у навчальному процесі сприяє: поглибленню розуміння (візуалізація атомів, молекул, хімічних реакцій дозволяє здобувачам уявити мікросвіт, який неможливо спостерігати безпосередньо), підвищенню зацікавленості (інтерактивні моделі роблять навчання хімії більш цікавим і захоплюючим, стимулюючи допитливість і бажання досліджувати), розвитку навичок (працюючи з моделями, здійснюється розвиток навичок аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення та критичного мислення), підготовці до практичної діяльності (підготовка здобувачів освіти до проведення реальних хімічних експериментів, дозволяючи їм заздалегідь ознайомитися з процесами та явищами) [2].

Види інтерактивного моделювання в хімії: 3D-моделі молекул (візуалізація геометрії молекул, типів хімічних зв'язків, електронної густини); симуляції хімічних реакцій (моделювання процесів розриву та утворення хімічних зв'язків, зміни енергії системи); віртуальні лабораторії (симуляція проведення хімічних експериментів з різними речовинами та обладнанням); інтерактивні презентації та анімації (візуальне представлення хімічних процесів, механізмів реакцій); доповнена реальність (накладання віртуальних моделей на реальний світ, що дозволяє побачити молекули та процеси у просторі навколо нас) тощо [1].

Інтерактивне моделювання в хімії є важливим елементом STEM-освіти (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), оскільки дозволяє здобувачам вищої освіти зрозуміти та вивчити складні хімічні теорії, процеси та будову молекул через інтерактивний досвід. Цей метод навчання зосереджений на практичній та візуальній взаємодії з матеріалом, що сприяє розвитку критичного мислення, розумінню наукових принципів та застосуванню знань у реальних ситуаціях.

Програмне забезпечення, яке використовується з метою реалізації інтерактивного моделювання: спеціалізоване програмне забезпечення (Avogadro, GaussView, VMD, ChemDraw), онлайн-платформи (PhET Interactive Simulations, ChemDoodle, MolView), системи доповненої реальності (ARKit, ARCore) тощо.

Переваги інтерактивного моделювання з хімії: 1. візуалізація абстрактних понять (інтерактивні моделі перетворюють невидимі атоми, молекули та хімічні процеси на яскраві, тривимірні зображення, що значно полегшує їх розуміння); 2. створення інтерактивних середовищ (студенти можуть маніпулювати моделями, змінювати параметри та спостерігати за результатами, що сприяє глибшому засвоєнню матеріалу); 3. моделювання ускладнених експериментів (інтерактивні симуляції дозволяють проводити хімічні експерименти, які були б небезпечними або непрактичними в реальному житті, забезпечуючи безпеку здобувачів); 4. розвиток навичок критичного мислення (інтерактивні моделі стимулюють здобувачів вищої освіти до аналізу, синтезу інформації та формулювання висновків, що сприяє розвитку їхніх когнітивних навичок). А з розвитком штучного інтелекту, доповненої та віртуальної реальності, можна очікувати створення ще більш реалістичних та інтерактивних моделей. Це відкриває нові можливості для персоналізації навчання, проведення складних експериментів

у безпечному середовищі та глибшого розуміння хімічних процесів [3].

Отже, інтерактивне моделювання в хімії як елемент STEM-освіти забезпечує сучасний і практичний підхід до вивчення цієї науки. Воно дозволяє здобувачам вищої освіти не лише теоретично опанувати хімічні знання, а й застосовувати їх на практиці, набуваючи компетентностей, необхідних для майбутньої професійної діяльності в галузях науки і технологій. Це робить інтерактивне моделювання потужним інструментом, що сприяє глибокому розумінню хімії та мотивує студентів до подальшого вивчення науки.

1. Анічкіна, О. В., Авдєєва, О. Ю. Використання інтерактивного моделювання при викладанні хімії в закладах вищої освіти. Інноваційна педагогіка, 1 (48). 2022. с. 38-41.

2. Пометун О. І., Пироженко Л. В. Сучасний урок: інтерактивні технології: наук.-метод. посіб. Київ: А.С.К., 2003. 192 с.

3. Слободяник О. В. Виконання домашніх експериментальних завдань з використанням PhET-симуляцій. Наукові записки. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. Вип.1. 2014. С.165–168. DOI:10.32626/2307-4507.2014-20.165-168.

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ У ВИЩІЙ ШКОЛІ

Костиціна Альона Миколаївна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти,
alenagorbul16@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юріївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Викладання хімії у закладах вищої освіти, як один із найважливіших чинників підвищення якості освітнього процесу, нерозривно пов'язане з високим рівнем знань, умінь і навичок кожного фахівця.

У вищій школі існує декілька напрямів розвитку інноваційної діяльності з хімії та якісної її реалізації у ході підготовки майбутніх фахівців, які умовно можна поділити на традиційні та інноваційні [1].

Традиційні пов'язані з використанням підручників, лекцій та інших необхідних засобів навчання, які в умовах сьогодення не відповідають потребам сучасних здобувачів вищої освіти. Без них неможливе засвоєння будь-якої галузі знань, проте вони потребують постійного оновлення та модернізації. Адже знання студентів-хіміків мають відповідати високому рівню засвоєння матеріалу й сучасним методам навчання. Тож актуальним є питання: як правильно це зробити? Адже використати все і одразу є неможливим та не дасть потрібного результату. Тому все потребує різноманітних інновацій, оскільки світ не стоїть на місці.

Сучасну молодь потрібно заохочувати до навчання та розуміння ролі хімії в житті кожної людини. З метою зацікавлення здобувачів вищої освіти у ході вивчення хімії, варто продемонструвати, наскільки ця наука важлива в різних аспектах сучасності, пояснити її широкі можливості, практичне застосування у всіх сферах життя суспільства та, разом із тим, інтегруючи інноваційні підходи до навчання в закладі вищої освіти.

Інноваційні методи сприяють розвитку майбутніх фахівців і підвищують ефективність освітнього процесу. Вони дозволяють створити цікаве, інтерактивне і гнучке навчальне середовище, яке відповідає сучасним вимогам та забезпечує розвиток критичного мислення, креативності, практичних навичок тощо. Серед інноваційних методів можна виділити багато напрямів: застосування цифрових технологій, інтегрованого навчання (STEM, STEAM, STREAM) [2], інтерактивного навчання, навчання у формі гри (ігрової технології), мультимедійних технологій, проблемно-орієнтованого навчання, застосування методу проєктів, використання доповненої та віртуальної реальності тощо.

На сьогодні в закладах вищої освіти використовується проєктний підхід, завдяки якому можна опрацювати безліч проблемних питань у групі, знайти їх вирішення, а також покращити навички комунікації між студентами. В багатьох країнах використовується інтегроване навчання, яке поєднує в собі не один предмет, а декілька й одразу, що допомагає здобувачам розширювати їх уяву, мислення й розуміння, засвоюючи знання різного напрямку.

Метод віртуальної реальності дозволяє створювати інтерактивні лабораторії, де майбутні фахівці можуть досліджувати хімічні реакції та процеси у тривимірному просторі. Це відкриває нові можливості для навчання та експериментування, зокрема у випадках, коли реальні лабораторії обмежені в ресурсах. У свою чергу, метод фліпд-класів передбачає, що студенти самостійно вивчають теоретичний матеріал вдома (через відеолекції, статті та інші онлайн-матеріали), а під час занять викладач концентрується на практичних завданнях і обговоренні складних питань. Найцікавішим для студентів-хіміків є залучення до реального

наукового дослідження, коли вони беруть участь у реальних наукових дослідженнях, що реалізуються в закладі вищої освіти; проводити хімічний експеримент, аналізувати його та робити відповідні висновки. Це дозволяє здобувачам отримати досвід роботи з дороговартісним науковим обладнанням, хімічними реактивами, лабораторним посудом і сформулювати висновки на основі одержаних наукових експериментальних даних[3].

Саме інноваційні технології у вивченні хімії допомагають майбутнім фахівцям із цікавістю, наполегливістю та розумінням пізнати хімічну науку. Це полегшить їх сприйняття та дозволить зануритися у вир знань; підвищить ефективність і якість освітнього процесу, роблячи його більш інтерактивним, доступним і захопливим.

1. Калінін О. В. Інноваційні методи викладання природничих наук у вищій школі. Збірник наукових праць «Педагогіка вищої школи». 2020. № 5. С. 35–42.

2. Сидоренко О. М. Методи інтерактивного навчання в хімічній освіті. Наукові праці НУБіП України. Серія: Педагогіка. 2019. Т. 2, № 50. С. 78–85.

3. Яковлев В. І. Інноваційні освітні технології у викладанні хімії у вищих навчальних закладах. Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. 2021. № 12. С. 112–118.

ХІМІЧНА СКЛАДОВА ІНТЕГРОВАНОГО КУРСУ "ПРИРОДНИЧІ НАУКИ", ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ НА ПРОФІЛЬНОМУ РІВНІ

Котляр Сергій Сергійович,

здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, diz.carbed@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Анічкіна Олена Василівна,

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри хімії, eva_kvitka@meta.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Реформування профільної загальної освіти потребує ґрунтовного вивчення особливостей вивчення природничих предметів у програмах різних профілів. Дослідження проведене в Україні протягом 2018-2022 рр. щодо запровадження викладання інтегрованих курсів у старшій школі (наказ МОН № 863 від 03.08.2018 року), засвідчило потребу оновлення та наскрізної інтеграції змісту природничих предметів, на противагу механічному об'єднанню змісту фрагментів природничих предметів. Аналіз запропонованих програм інтегрованого курсу «Природничі науки 10-11 клас для закладів загальної середньої освіти» [1-4], дозволяє стверджувати значне скорочення хімічної складової, проте деякі теми мають інтеграційний характер і потребують від учнів достатніх знань із хімії, фізики та біології.

Так, в 10 класі програма [1] передбачає в темі «Речовини» проведення лабораторної роботи «Хроматографія рослинних пігментів», а програма [4] передбачає в темі «Виникнення та розвиток життя на Землі» проведення практичної роботи «Хроматографія пігментів». Таким чином, 50% програм пропонують подібну практичну діяльність учням в межах інтегрованого курсу.

Успішність такої роботи пов'язана з попередньою підготовкою та не залежить від матеріального забезпечення закладу загальної середньої освіти. Так, інтеграція змісту відбувається між біологічними знаннями про рослинні пігменти та їх забарвлення. Саме такі знання потребують визначення різновидів пігментів у рослинних об'єктах: хлорофілу а, хлорофілу b, ксантофілу, каротину, антоціану. Встановлення їх порівняльної маси, залежно від складу молекули. Фізичний компонент представлений особливостями розподілу речовин в динамічних умовах між рухомою і нерухомою фазами (на різній сорбції компонентів суміші яким-небудь адсорбентом). Хімічна складова полягає в використанні такого методу для визначення та розділення речовин із різною масою.

Таким чином, використання експериментування з теми «Хроматографія пігментів», може бути потужним засобом інтеграції змісту природничих предметів.

Так, для ефективного проведення експерименту з хроматографії рослинних пігментів слід використати темно-зелені листки рослин, проте можна скористатися і жовтим, і червоним. Їх аналіз продемонструє наявність зелених пігментів хлорофілів, проте в менш значній кількості. Також необхідно підготувати ступку з товкачиком – для подрібнення рослинної сировини; високий стакан на 400-500 мл, бамбукова паличка та половинка чашки Петрі – для створення хроматографічної камери; піпетка з тонким носиком для нанесення екстракту рослинних пігментів на папір; фільтрувальний папір (синя стрічка); ваги – для відбору певної маси рослинної сировини. З речовин знадобиться: рослинна сировина – 2 г; невеликий шматок крейди (1-2 г) – для руйнування клітинних стінок рослинної сировини при подрібненні; спирт етиловий (аптечний, 96%) 20 мл – для екстрагування рослинних пігментів; бензин (А92) 20 мл – в якості рухомої фази.

Відважену рослинну сировину слід подрібнити в ступку, додати крейду та розтерти до максимально гомогенного стану. Після залити суміш етиловим спиртом, розтерти ще раз і дати настоятися 5-10 хвилин. Відфільтрувати або відібрати екстракт у бідь-яку посудину. Нанести на фільтрувальний папір піпеткою з тонким носиком 20-30 шарів екстракту рослинних пігментів, обов'язково висушуючи кожен. У саморобну хроматографічну камеру

налийте бензину до висоти 1 см та закривши чашкою Петрі, дайте настоятися 10-15 хвилин.

У підготовлену хроматографічну камеру розмістіть закріплений на бамбуковій паличці фільтрувальний папір, так щоб він торкався бензину, але лінія нанесення екстракту розчинних пігментів не потрапила в нього.



Рис.1. Хроматографія рослинних пігментів.

Залиште систему на 5-8 хвилин для проходження хроматографії. Результати хроматографії рослинних пігментів представлені на хроматограмі.

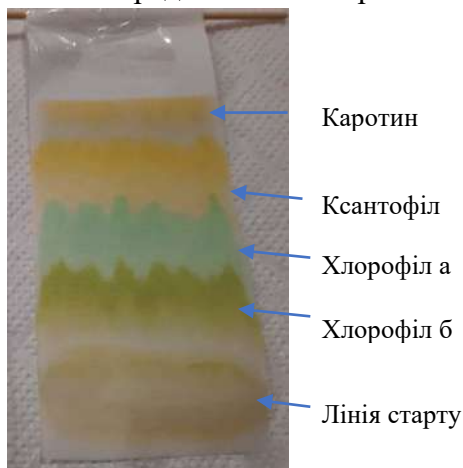


Рис.2. Хроматограма рослинних пігментів.

Цікавим досвідом використання хроматографії може стати заміна фільтрувального паперу фільтрами для кави, одноразовими мішками для пилосмока, аркушів альбому для малювання та навіть щільних паперових рушників, що дозволяє використовувати такий експеримент і в якості проєкту для домашнього виконання.

Таким чином, для забезпечення інтеграції змісту природничих предметів в закладі загальної середньої освіти необхідним є аналіз та модернізація змісту предметів із виділення найбільш яскравих, цікавих учню та важливих для формування ставлення до природничих наук досліджень, які стануть підґрунтям запровадження STEM-освіти.

1. Навчальна програма «Природничі науки. Інтегрований курс. 10-11 клас». Авторський колектив: Дьоміна І. О., Задоянний В. А., Костик С. І. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/prirodnichi-nauki-10-11-domina-zadoyannij-kostik.docx>

2. Навчальна програма «Природничі науки. Інтегрований курс. 10-11 клас». Авторський колектив під керівництвом Засекої Т. М. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/1prirodnichi-nauki-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-zasekinoyi-tm.doc>

3. Навчальна програма «Природничі науки. Минуле, сучасне та можливе майбутнє людства і біосфери. Авторський колектив під керівництвом Ільченко В. Р. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/prirodnichi-nauki-10-11-avtorskij-kolektiv-pd-kerivnicztvom-ilchenko-vr.doc>

4. Інтегрований курс. 10-11 клас». Авторський колектив: Шабанов Д. А., Козленко О. Г. Навчальна програма «Природничі науки. 10-11 клас. Інтегрований курс». URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/prirodnichi-nauki-10-11-shabanovkozlenko-minule-suchasne-majbutne-lyudstva-i-biosferi.docx>

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІГРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ

Крижанівська Валентина Вікторівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, v.burkivska22@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юріївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєв Сергій Володимирович
старший викладач кафедри хімії, avdeevsv@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Використання ігрових технологій із хімії в освітньому процесі є сучасним підходом, який допомагає активізувати пізнавальну діяльність і підвищити інтерес здобувачів вищої освіти до вивчення хімічної науки. Ігрові технології включають різноманітні види ігор, які мають значний потенціал для підвищення продуктивності та ефективності навчання. Цей підхід, відомий як **гейміфікація**, тобто застосування ігрових елементів у неігрових контекстах, що не тільки робить навчання цікавішим, але й сприяє кращому засвоєнню вивченого матеріалу.

Поняття «ігрова технологія» охоплює різноманітні методи навчання, засновані на використанні ігрових елементів. Це не лише традиційні настільні ігри, але й цифрові платформи, що забезпечують інтерактивність та залучення здобувачів до освітнього процесу.

Нами виокремлено основні переваги та типи ігрових технологій навчання хімії (табл. 1):

1. *інтерактивність та візуалізація* – ігри дозволяють студентам вивчити складні хімічні явища у віртуальному середовищі, яке може бути недоступне в традиційних хімічних лабораторіях;

2. *підвищення мотивації та зацікавленості* – ігрові елементи, такі як змагання, конкурси, вікторини або квести, стимулюють інтерес здобувачів до вивчення хімії та сприяють кращому засвоєнню знань;

3. *розвиток критичного мислення та дослідницьких навичок* – ігрові технології, особливо інтерактивні симуляції та експериментальні ігри, дозволяють студентам аналізувати результати своїх дій, формувати висновки та набувати дослідницьких компетенцій, необхідних для майбутньої професійної діяльності;

4. *індивідуалізація навчання* – використання ігрових платформ дозволяє здобувачам працювати у власному темпі, вибираючи рівень складності завдань відповідно до свого рівня знань.

Таблиця 1. Типи ігрових технологій для навчання хімії

Тип гри	Опис	Переваги	Приклади програм
Експериментальні ігри	Ігри, що моделюють хімічні реакції та експерименти	Розвиток критичного мислення та навичок аналізу	ChemCollective, інтерактивне моделювання PhET
Вікторини	Запитання для перевірки знань студентів	Підвищення мотивації та цікавості до предмета	Kahoot!, Quizizz

Симуляційні ігри	Імітація лабораторних процесів та досліджень	Можливість практичного навчання у безпечному віртуальному середовищі	Labster, ChemLab
Кросворди та головоломки	Завдання на розв'язання термінологічних задач з хімії	Збагачення словникового запасу та зміцнення знань	Crossword Labs, Discovery Education
Віртуальні лабораторії	Платформи для проведення онлайн-експериментів	Доступність для студентів незалежно від географічного розташування	LabXchange, віртуальна лабораторія

Отже, ігрові технології є сучасним популярним інструментом вивчення хімії в закладі вищої освіти, оскільки вони забезпечують ефективний спосіб підвищення її якості. Використання ігор в ході вивчення хімії покращує мотивацію до навчання, розуміння складних хімічних процесів; сприяє набуттю практичних умінь і навичок через інтерактивність, розумінню безпечного освітнього середовища для виконання хімічних експериментів, а також забезпечує індивідуальний підхід до навчання.

1. Коваленко О. В. Використання ігрових технологій у навчанні хімії: методичний аспект. Київ: Видавництво «Наукова думка», 2021. 180с. URL: <https://gamechemistry.edu.ua>

2. Семенова Н. П. Інтерактивні методи навчання у вищій освіті: досвід впровадження. Львів: Видавництво «Львівська політехніка», 2020. 220 с. URL: <https://highereduinteractive.ua>

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ GOOGLE В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Литвинчук Анна Петрівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, oximiriocat@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Найбільш популярною системою хмарних сервісів, що використовується в навчальному процесі, є платформа G Suite for Education (раніше znana як Google Apps). Вона містить стандартний набір хмарних додатків, які допомагають у плануванні спільної діяльності, колективній роботі, комунікації, публікації матеріалів, хостингу відео та багатьох інших завданнях. На ринку представлено чимало цифрових освітніх платформ, і їх кількість, безумовно, буде зростати [1].

Застосування сервісів Google в освітній сфері пропонує низку переваг (табл. 1):

- *безкоштовність* – усі базові можливості доступні без оплати, і немає обмежень на термін використання.;
- *один акаунт* – достатньо одного облікового запису Google для доступу до всіх сервісів, з персональними налаштуваннями та організатором.;
- *знайомий інтуїтивно зрозумілий інтерфейс* – дизайн відповідає стандартам офісних програм і доступний українською мовою відповідає стандартним офісним програмам, має україномовну версію.;
- *хмарне зберігання інформації* – забезпечує безпеку даних, зручний доступ та можливість спільного редагування документів через Інтернет.;
- *мінімальні вимоги для доступу* – не потрібно додаткового програмного забезпечення, сервіси працюють у більшості браузерів і на мобільних пристроях (смартфонів, планшетів).;
- *сумісне створення документів* – дозволяє спільну роботу над документами в режимі реального часу.;
- *історія всіх змін* – фіксує всі зміни в документах і дозволяє відновлювати попередні версії.;
- *розмежування прав на доступ* – різні рівні доступу для редагування, перегляду або коментування, можливість ділитися посиланнями.;
- *підтримка та розвиток* – регулярні оновлення, інтеграція нових технологій.;
- *спільнота реальних користувачів* – активна спільнота допомагає з обміном досвідом і порадами щодо використання інструментів Google [2].

Таблиця 1. Використання цифрових інструментів Google в освітньому процесі

Сервіси Google	Характеристика
Google Docs	веб-сервіс, який дає змогу користувачам створювати, редагувати, експортувати документи та забезпечувати спільний доступ для командної роботи
Google Tables	веб-сервіс для створення, редагування, експорту та спільного використання таблиць
Google Forms	інструмент, за допомогою якого можна легко і швидко планувати заходи, складати опитування та анкети, а також збирати іншу

	інформацію
Google Presentations	онлайн-сервіс для створення, редагування, експорту та спільного використання презентацій.
Google Keep	веб-сервіс, що дозволяє створювати та редагувати замітки, списки та малюнки, а також надавати доступ та можливість колективної роботи над ними
Google Sites	веб-сервіс, що дозволяє користувачам створювати сайти в домені G Suite Basic або на зовнішніх ресурсах. Користувач може створити сайт за допомогою веб-інструменту, а потім надати доступ до нього групі інших осіб або ж зробити його вільнодоступним
Google Jamboard	інтерактивна дошка, яка дозволяє викладачам і студентам разом працювати над ідеями в режимі реального часу

Таким чином, використання середовища Google значно підвищує зацікавленість здобувачів вищої освіти у навчанні, створює можливості для саморозвитку, активізує пізнавальну активність, сприяє формуванню навичок обробки великих обсягів інформації, розвиває спостережливість і перцептивну увагу, а також формує компетенції у сфері пошукової та науково-дослідної діяльності. Завдяки сервісам Google учасники освітнього процесу отримують більше інструментів для спільної роботи: створення веб-сайтів, ведення блогів, групова робота над проєктами, проведення дистанційних лекцій та лабораторних занять тощо [3].

1. Каштан Н. Б. Використання хмарних технологій в освітньому процесі сучасного навчального закладу. Оновлення змісту, форм та методів навчання і виховання в закладах освіти. 2016. Вип. 13(2). С. 135–137.

2. Дронь В. В. Google-сервіси в навчальній діяльності викладачів: методичні рекомендації. Економіка в школах України. 2017. № 4. С. 2–7.

3. Прохорова О. В. Хмарні технології в науково-дослідній діяльності магістрів педагогічних університетів. Педагогічний процес: теорія і практика. 2013. Вип. 4. С. 170–178.

МЕТОДИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ ХІМІЇ, ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ

Ліщук Марія Петрівна,
здобувач ІІ курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, fedcukmarija@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Анічкіна Олена Василівна,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри хімії, eva_kvitka@meta.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Інклюзивність - одна з реалій сьогодення, а інклюзивна освіта – один із основних викликів системи хімічної освіти ЗЗСО. Україна розвиває інклюзивну освіту, переймаючи міжнародний досвід та адаптуючи його до реформ власної системи освіти. Це освітня галузь, що перебуває в процесі становлення та інтенсивного розвитку, основа для повноцінної участі людей з особливими потребами в повсякденному житті та недопущення бідності й експлуатації, а також найважливіша умова затребуваності інвалідів на ринку праці та їхньої повноцінної участі в суспільному житті [1].

Крім загальної середньої освіти, такі учні проходять соціальну адаптацію, яка дає їм змогу самореалізуватися та в майбутньому адаптуватися до пересічного життя. Адаптація та модернізація методів викладання хімії та створення навчальних матеріалів для учнів із особливими освітніми потребами потребують особливо значних зусиль. А адаптація та модернізація змісту загальної середньої хімічної освіти потребує формування психологічної та емоційно-ціннісної компетентності вчителя хімії [1].

Правильний вибір методів навчання - запорука успішності учнів та отримання ними якісних знань. Перш ніж обрати той чи інший метод, вчителю необхідно проаналізувати, які форми діяльності можуть бути реалізовані на уроці та будуть ефективними. Проведення уроків хімії у малих групах у різних форматах і з використанням традиційних, активних та інтерактивних методів навчання може допомогти визначити пріоритетні для конкретного уроку, теми та категорії учнів. Особливо цікавим буде використання традиційних для учнів із типовими освітніми потребами методів навчання в групах, які включають учнів із ООП. Для інклюзивних учнів важливо здобувати компетентності саме тими методами, якими працюють на уроці хімії учні з ТОП [1].

Запорукою ефективності використання методів навчання на уроці в інклюзивному класі є докладне планування діяльності кожної групи учнів. Для цього вчителю необхідно розробити чіткий і ясний особистий календар навчального плану. До календаря слід додати навчальні теми, які діти мають зрозуміти. Після цього вчитель, дотримуючись календаря, складає плани занять із кожної теми, після – реалізує поурочне планування, обов'язково визначаючи методи, якими будуть реалізовувати власну діяльність учні з ООП на кожному уроці.

Основними способами реалізації інклюзивної освіти на уроці хімії виступають адаптація – представлення матеріалу максимально сприятливим для сприйняття учня з ООП способом (великі символи, яскраві зображення, написи тощо) та модернізація – виключення надскладних тем курсу хімії та зміщення акценту на формування практикоорієнтованих компетентностей, необхідних учню в побуті [2].

Важливо поступово ускладнювати діяльність учнів з підручником, підвищуючи їхню самостійність у виконанні завдань, спрямованих не лише на оволодіння знань, але й вміннями та навичками, формування ставлення. Ефективність навчальної діяльності залежить від чіткості постановки цілей і розуміння їх учнями. Творчість досягає найвищого рівня, коли учні самостійно ставлять запитання та знаходять шляхи їх вирішення [3].

Так, використання методу роботи за картками, дозволяє розподіляти завдання між учнями відповідно до їх освітніх потреб, використання проектного методу дозволяє учням з

ООП реалізувати власні творчі можливості та долучитися до роботи команди в найбільш вигідний для себе спосіб [1].

Розробка та модернізація методичного інструментарію вчителя хімії є ключовим етапом у забезпеченні доступності якісної освіти для всіх учнів, включаючи учнів із різними потребами. Дотримання принципів інклюзії у навчальному процесі дозволяє створити сприятливі умови для розвитку кожного учня, незалежно від їхніх можливостей. Розробка методичного інструментарію повинна враховувати індивідуальні особливості учнів, використовувати різноманітні педагогічні підходи та методи навчання. Цей процес вимагає співпраці вчителів, педагогів-дефектологів, батьків та інших фахівців з метою створення безбар'єрного середовища навчання для всіх учнів [2,3].

1. Бабенко О.М. Навчання хімії у інклюзивних класах. 2019. с.124-126.
2. Порошенко М.А. Інклюзивна освіта. Навчальний посібник. 2019. с.10-28.
3. Данілавічюте Е.А. Стратегії викладання в інклюзивному навчальному закладі : навч.-метод. посіб. / Е.А. Данілавічюте, С.В. Литовченко; За заг. ред. А.А. Колупасової. Київ : Видавнича група «А.С.К.», 2012. 360 с.

ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОГО СТАВЛЕННЯ ДО ЖИТТЯ ЗАСОБАМИ ВИВЧЕННЯ ХІМІЇ В ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Мельничук Олена Андріївна

здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, ooksutovic@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Анічкіна Олена Василівна

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри хімії, eva_kvitka@meta.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

У сучасному суспільстві дослідницьке ставлення до життя стає вирішальним фактором для успішної адаптації до швидкоплинних змін у різних сферах людської діяльності. Швидкий розвиток науки, техніки, нових інформаційних технологій та глобалізаційних процесів вимагає від сучасної молоді не лише володіння базовими знаннями, а й здатності до самостійного пошуку нової інформації, критичного аналізу та прийняття обґрунтованих рішень. Ці навички набувають особливого значення у контексті змін на ринку праці, де від працівників очікується гнучкість, здатність до швидкої адаптації та самостійного навчання протягом усього життя.

Хімія, як одна з основних природничих наук, відіграє важливу роль у розвитку дослідницького мислення в учнів. Завдяки своєму практичному та експериментальному компоненту, вона відкриває можливість не тільки для засвоєння теоретичних знань, але й для розвитку критичного мислення, навичок аналізу та проведення досліджень. Виконуючи хімічні експерименти, учні вчаться ставити науково обґрунтовані питання, розробляти гіпотези, планувати й проводити експерименти, робити висновки на основі отриманих даних та шукати шляхи вирішення наукових проблем. Такий підхід сприяє формуванню у школярів не лише глибоких знань з хімії, але й широкого спектру дослідницьких компетенцій, необхідних для подальшого навчання і здобуття професії.

Особливо актуальним стає впровадження новітніх підходів до формування дослідницького ставлення у сучасних умовах реформування української освітньої системи. Нова українська школа (НУШ) робить акцент на розвитку ключових компетентностей учнів, серед яких провідне місце займає дослідницька компетентність. У межах цього підходу передбачається активніше залучення учнів до дослідницької діяльності, що включає використання проектних технологій, інтегрованого навчання та експериментування. Усе це сприяє більш ефективному засвоєнню матеріалу та стимулює інтерес до наукових досліджень.

Останніми роками в Україні спостерігається зростання інтересу до інтеграції дослідницької діяльності в освітній процес, особливо у викладанні природничих наук. Це пов'язано з тим, що дослідницьке ставлення допомагає формувати в учнів як науковий світогляд, так і практичні навички, необхідні для життя в умовах сучасного суспільства. Такий підхід дозволяє учням розвивати не лише необхідні для майбутньої професії навички, але й загальні життєві компетентності, що підкреслює актуальність даної теми дослідження.

Дослідницьке ставлення до життя відображає готовність та здатність індивіда активно шукати нові знання, ставити запитання і критично оцінювати навколишні явища. Формування такого ставлення є важливою складовою освітнього процесу, оскільки воно сприяє розвитку творчого мислення, самостійності та здатності приймати обґрунтовані рішення.

Дослідницька поведінка в сучасному світі сприймається як стиль життя не лише науковців, а й кожної людини. Це твердження підкреслює значущість розвитку дослідницької поведінки як основи для критичного мислення та здатності адаптуватися до швидкозмінного середовища. Прагнення досліджувати світ навколо себе є однією з найбільш

цінних рис людської психіки, яка сприяє адаптації та задоволенню творчих, духовних і емоційних потреб. Цей висновок демонструє зростаюче усвідомлення того, що дослідницька діяльність необхідна для успішного розвитку особистості в сучасному суспільстві [4, с. 5].

За Нечипуренко П.П., основною метою профільного навчання хімії є розвиток в учнів ключових компетентностей, які сприяють творчій самореалізації та формуванню навичок самостійної науково-практичної і дослідницько-пошукової діяльності. Серед них важливе місце займають дослідницькі компетентності, які є багатогранним особистісним утворенням. Вони включають не лише знання і вміння, необхідні для виконання дослідницької діяльності, а й позитивне ставлення до цього процесу, усвідомлення його важливості та значущості в житті людини. Важливо зазначити, що ці компетентності виявляються як у самостійній, так і в колективній діяльності, де учні навчаються співпрацювати, генерувати нові ідеї та розв'язувати складні завдання [5].

Важливо підкреслити, що дослідницьке ставлення не виникає спонтанно – воно формується під впливом цілеспрямованої діяльності вчителя, правильного навчального середовища, а також внутрішньої мотивації учнів. Психологічні аспекти цього процесу включають розвиток інтересу до досліджень, когнітивні здібності та емоційне задоволення від пізнавальної діяльності. Педагогічні аспекти, у свою чергу, стосуються створення сприятливих умов для самостійного мислення, експериментальної діяльності та співпраці між учнями.

За Гуслістою А.В. та Подопрігорою Н.В., ефективність розвитку дослідницьких умінь учнів у процесі вивчення природничих предметів залежить від низки важливих педагогічних умов. Передусім це стосується формування позитивного ставлення учнів до дослідницької діяльності та її результатів. Важливим є організація продуктивної взаємодії між учнями та вчителем, а також між учнями й об'єктами дослідження, такими як експериментальні установки або природні об'єкти. Також необхідно створити дослідницько-творче середовище, яке сприятиме поєднанню різних природничих предметів і допомагатиме учням розвивати цілісне розуміння наукових процесів. Це середовище повинне стимулювати творчість учнів, надаючи їм можливість вибирати теми для власних досліджень відповідно до їхнього особистого досвіду та інтересів. Навчання має бути спрямоване на оволодіння науковими методами пізнання природи та технологіями для вирішення дослідницьких завдань. Важливу роль у цьому процесі відіграє матеріально-технічне забезпечення шкільних кабінетів хімії, зокрема лабораторного обладнання з хімії, фізики, біології, комп'ютерних класів для реалізації завдань STEM-освіти.

Основними дослідницькими вміннями в навчальному процесі є: робота з науковою літературою, спостереження та проведення експериментів. Ці вміння формуються під час організації навчальної діяльності, яка відображає структуру наукового пізнання: від постановки проблеми та пошуку її рішення до обговорення ідей та їхньої практичної реалізації. Усі ці компоненти розвиваються через роботу з варіативним навчальним матеріалом із хімії, який дозволяє учням застосовувати свої знання та навички в різних контекстах. Зрештою, успішне формування дослідницьких умінь залежить від рівня розвитку експериментальних навичок учнів, їх здатності користуватися науковою термінологією та розуміти сутність досліджуваних процесів і явищ [3].

Сучасні освітні технології пропонують широкий спектр методів, які ефективно сприяють формуванню дослідницької компетентності учнів. Це може бути і активне навчання, яке стимулює пізнавальну активність та сприяє досягненню запланованих результатів [7]; і використання цифрових інструментів, що дозволяють проводити симуляції експериментів у віртуальному середовищі, використовувати програми для аналізу даних та візуалізації результатів [6]; інтерактивні методи навчання, такі як мозкові штурми, обговорення, вікторини та ігри, що залучають учнів до активної участі в навчальному процесі, допомагаючи їм глибше усвідомити навчальний матеріал та розвинути критичне мислення [1]; і методи на основі дослідження (як в класі, так і в домашніх умовах) які стимулюють учнів до самостійного мислення, розвитку креативності та вміння вирішувати

проблеми [8].

Метод проєктів у викладанні хімії в закладі загальної середньої освіти є ефективним інструментом досягнення дидактичних цілей, і для його успішного застосування потрібно враховувати кілька ключових вимог: 1 – наявність значущої проблеми або завдання, яке має дослідницький і творчий характер; 2 – теоретична, практична та пізнавальна важливість очікуваних результатів; 3 – самостійна діяльність учнів у процесі роботи над проєктом; 4 – чітке структурування змісту проєкту; 5 – обговорення методів дослідження, збір даних, підбиття підсумків, оформлення результатів і їх презентація. Проєктне навчання у викладанні хімії базується на інтеграції знань, компетентностей та практичних навичок, специфічних саме для хімії. Така діяльність сприяє розвитку ключових компетентностей, зокрема вміння аналізувати хімічні процеси, виконувати лабораторні дослідження та застосовувати отримані знання на практиці. Учитель, зі свого боку, має бути прикладом в науковій точності, культурі оформлення та подачі результатів експериментів. Завдяки проєктній діяльності учні можуть не лише отримувати теоретичні знання, але й активно використовувати їх у лабораторній та дослідницькій роботі, розвивати свої практичні навички. Метод проєктів у хімії формує критичне і творче мислення, навички самостійної роботи з хімічними матеріалами [2].

Отже, інтеграція сучасних підходів, проєктної діяльності та ІКТ у викладанні хімії є необхідною умовою для формування активних, самостійних, критично мислячих особистостей, готових до вирішення складних завдань у швидко змінюваному світі. Ці методи сприяють розвитку дослідницького ставлення до життя, що є основою для успішної адаптації учнів у соціумі та подальшої професійної діяльності.

1. Башкір О.І. Активні й інтерактивні методи навчання у вищій школі. Збірник наукових праць «Педагогіка та психологія». Харків, 2018. Вип. 60. С. 33-44.

2. Горбатюк Н.М. Метод проєктів при викладанні дисциплін хімічного циклу. Міжнародні Психологічні науки: проблеми і здобутки. Додаток 1 до №1, Том II. 2012 р. Тематичний випуск “Міжнародні Челпанівські психолого-педагогічні читання”. С. 310-314.

3. Гусліста А.В., Подопригора Н.В. Розвиток дослідницьких умінь учнів у навчанні природничих дисциплін. Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Підготовка майбутніх учителів фізики хімії біології та природничих наук в контексті вимог Нової української школи». 2020. С. 245-249.

4. Мороз П.В., Мороз І.В. Дослідницька діяльність учнів у процесі навчання всесвітньої історії в основній школі : методичний посібник / П. В. Мороз, І. В. Мороз. – К. : ТОВ «КОНВІ ПРІНТ», 2018. – 96 с.

5. Нечипуренко П.П. Навчально-дослідницька діяльність учнів з хімії у профільній школі як засіб формування дослідницьких компетентностей. Новітні комп'ютерні технології. Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2016. Том XIV. С. 135-136.

6. Панасенко Н.В. Готовність вчителів хімії до використання цифрових освітніх інструментів в новій українській школі. Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи: Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. 23-24 травня 2024 р., м. Тернопіль. – С. 115-118.

7. Хома Т. В. Активні методи навчання в педагогіці вищої школи. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах: зб. пр.наук. Запоріжжя: КПУ, 2020. Вип. 69. Т.3. С. 149-152.

8. Чередник Д.С. Методика проведення експерименту з використанням цифрової лабораторії при навчанні інтегрованого курсу «Природничих Наук». Наукові записки. Серія: Педагогічні науки, (198), С. 257-262.

ІННОВАЦІЙНІСТЬ, ЯК ОЗНАКА СУЧАСНОСТІ

Оникійчук Олена Віталіївна

здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, AlenkaOnykiichuk@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,

доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Освіта – одна з найважливіших складових сучасного світу. З одного боку, вона залежить від процесів, що відбуваються в суспільстві, повинна швидко реагувати та відповідати стану науково-технічного прогресу, тенденціям розвитку економічної сфери країни, а з іншого – впливає на всі процеси, що відбуваються в навколишньому світі, оскільки готує фахівців, розвиває творчу особистість, формує певні життєві погляди та принципи. Тому особливої уваги в умовах сьогодення заслуговує сучасний стан проблеми впровадження та перспектив інновацій в освіті нашої країни.

Актуальність проблеми полягає в тому, що в сучасному вимогливому та швидкозмінному соціально-економічному середовищі рівень освіти значною мірою залежить від результативності запровадження інноваційних технологій навчання, що ґрунтуються на нових методологічних засадах, умінні чітко і правильно, а головне в режимі онлайн, подати необхідний матеріал з навчального предмету, в тому числі, й хімії.

Хімія – наука майбутнього. Проте на сьогодні в деяких закладах вищої освіти існує проблема неможливості відвідувати очно лабораторні заняття або недостатнього забезпечення необхідним обладнанням і хімічними реактивами лабораторій, що унеможливує демонстрацію та відпрацювання особливостей хімічних реакцій, які необхідно знати здобувачам вищої освіти, щоб успішно навчатися. В зв'язку з цим, в сучасних реаліях в умовах війни ефективне вивчення хімії без використання інноваційних технологій навчання є неможливим.

Необхідною умовою якісної інноваційної діяльності викладача є **постійний професійний розвиток і готовність до впровадження нових технологій і методик** у навчальний процес. Інновації в освіті вимагають від викладача не тільки знань новітніх інноваційних підходів, але й вміння адаптувати їх до потреб здобувачів вищої освіти.

Дослідники проблем педагогічної інноватики (О. Арламов, М. Бургін, В. Журавльов, В. Загвязинський, Н. Юсуфбекова, А. Ніколс та ін.) намагаються співвіднести поняття нового в педагогічній практиці з такими характеристиками, як корисне, прогресивне, позитивне, сучасне, передове [2]. Так, інновація трактується вченими як «щось нове, геніальна ідея, новий продукт в галузі техніки, технології, а особливо в освіті». Інновації в освіті вчені розглядають як: результат творчого пошуку оригінальних, нестандартних рішень різноманітних педагогічних проблем; процес оновлення чи вдосконалення теорії й практики освіти, який оптимізує досягнення її мети тощо.

Інноваційність необхідно розглядати не тільки як налаштованість на сприйняття, продукування і застосування нового, а насамперед як відкритість і демократичність освітньої системи: відкритість викладача до діалогічної взаємодії зі здобувачами вищої освіти, яка передбачає рівність психологічних позицій обох сторін; відкритість культурі й суспільству, яка виявляється у прагненні педагога змінити дійсність, дослідити проблеми та обрати оптимальні способи їх розв'язання; відкритість свого «Я», власного внутрішнього світу, тобто організація такого педагогічного середовища, яке сприяло б формуванню і розвитку образу «Я».

Використання інноваційних технологій в освітньому процесі дозволяє викладачу

реалізувати свої педагогічні ідеї, а здобувачам вищої освіти дає можливість самостійно вибирати індивідуальну освітню траєкторію – послідовність і темп вивчення тем із хімічних дисциплін, систему тренувальних завдань і задач, способи контролю знань тощо. Так реалізується найважливіша вимога сучасної освіти – вироблення в суб'єктів освітнього процесу індивідуального стилю діяльності, культури самовизначення, особистісного розвитку та самовдосконалення [1].

Отже, інноваційність як ознака сучасності забезпечує умови розвитку особистості, здійснення її права на індивідуальний творчий внесок, на особистісну ініціативу, на свободу саморозвитку та досягнення власної та суспільної мети. **Зокрема, в ході вивчення хімії інноваційність** відкриває нові можливості для покращення якості навчання, розширення доступу до сучасних знань та ефективного засвоєння складних хімічних фактів і теорій. Сучасні інноваційні підходи роблять вивчення хімії більш цікавим, інтерактивним і доступним, адаптованим до вимог сучасного світу.

1. Н. П. Наволокова Енциклопедія педагогічних технологій та інновацій. Х.: Вид. група «Основа», 2010. 176 с.
2. Нісімчук А.С., Падалка О.С., Шпак О.Т. Сучасні педагогічні технології. К.: Просвіта; 2000. 368с.

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ХІМІЇ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ

Павлюк Олександра Олександрівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, serenitysoul212123@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Інтерактивне моделювання в ході викладання хімії стає дедалі важливішим елементом змісту сучасної освіти. Традиційні методи викладання, такі як лекції, розповіді, пояснення та демонстрації, поступово доповнюються і вдосконалюються за рахунок цифрових технологій навчання [4]. Моделювання хімічних процесів у віртуальному середовищі надає нові можливості для здобувачів вищої освіти, дозволяючи їм більш глибоко розуміти складні теоретичні аспекти хімічної науки, зокрема ті, що стосуються молекулярних взаємодій, хімічної кінетики термодинаміки тощо [1]. Тому актуальним є питання можливості використання інтерактивного моделювання в ході викладання хімії в закладі вищої освіти, а також пошук перспективних шляхів розвитку цієї галузі.

Інтерактивне моделювання базується на використанні сучасних програмних продуктів, що дозволяють візуалізувати хімічні процеси. Одними з найбільш популярних і корисних платформ є PhET Interactive Simulations, Molecular Workbench, ChemCollective, Avogadro та інші. Вони пропонують широкий спектр можливостей для вивчення хімічних реакцій, властивостей речовин та їх взаємодій на атомарному і молекулярному рівнях [3].

PhET Interactive Simulations, наприклад, пропонує розглянути особливості будови моделі атома, молекул речовин, різноманітних хімічних реакцій, процесів термодинаміки та електрохімії, що дає можливість здобувачам освіти не лише спостерігати, але й активно брати участь у дослідженні змін, що відбуваються в системі.

Molecular Workbench дозволяє будувати молекули та спостерігати за їх поведінкою у різних середовищах, що робить навчання більш інтерактивним та захоплюючим. Такі цифрові інструменти є надзвичайно корисними в освітньому процесі, оскільки вони поєднують теоретичні знання з практичними навичками [2].

Залучення здобувачів вищої освіти до активної участі у процесі навчання є ключовим аспектом сучасної хімічної науки, оскільки інтерактивні моделі дозволяють студентам експериментувати та досліджувати без ризиків для здоров'я чи бюджету закладу вищої освіти. Такі симуляції сприяють формуванню критичного мислення та самостійного аналізу результатів, що підвищує загальний рівень зацікавленості до вивчення хімії. Крім того, інтерактивне моделювання полегшує розуміння таких складних тем, як хімічна рівновага, кінетика та каталіз, які в реальному лабораторному середовищі можуть бути важкими для виконання через технічні чи безпекові обмеження. Віртуальні хімічні експерименти надають можливість змінювати параметри системи, такі як температура чи концентрація реагентів, і швидко бачити вплив цих змін на результат реакції, наприклад, «Шкала рН», «Схеми хімічних реакцій», «Хімічні рівняння», «Концентрація», «Молярність» тощо [2].

Таким чином, інтерактивні моделі сприяють розвитку важливих компетентностей, необхідних для майбутніх хіміків, оскільки вони отримують навички проведення хімічних експериментів, визначення особливостей будови моделей молекул і проходження хімічних реакцій за допомогою віртуальних інструментів. Це не тільки розвиває технічну обізнаність, але й сприяє розвитку аналітичного мислення, вмінню працювати з великими обсягами інформації та ухвалювати обґрунтовані рішення [5].

Особливо корисною є можливість використовувати інтерактивні моделі для

дослідження проблем, які важко реалізувати в реальній хімічній лабораторії. Наприклад, моделювання хімічних реакцій у реальному часі з використанням комп'ютерних симуляцій дозволяє студентам вивчати складні взаємодії між молекулами, передбачати результати реакцій і розуміти механізми, що їх супроводжують [4].

Отже, використання інтерактивного моделювання в ході викладання хімії є важливим інструментом для підвищення якості освіти та розвитку наукових компетенцій здобувачів вищої освіти. Завдяки новітнім технологіям, викладання стає більш доступним, цікавим і ефективним, дозволяючи інтегрувати теоретичні знання з практичними навичками та формуючи нове покоління науковців.

З метою подальшого розвитку інтерактивного моделювання у викладанні хімії необхідно посилювати співпрацю між науковими установами та технологічними компаніями для створення нових програмних продуктів. Важливим є також залучення викладачів та здобувачів вищої освіти до тестування цих продуктів із метою адаптації їх до освітнього процесу, що є перспективою подальших наукових пошуків. Адже налагодження контактів між науковцями допоможе створити спільноту однодумців, яка зможе ефективно вирішувати проблеми сучасної хімічної освіти, обмінюватися досвідом та результатами наукових досліджень.

1. *Innovations in Science Education: Using Technology in the Chemistry Classroom* / edited by J. Smith, A. Brown. New York: Springer, 2019. 312 p.

2. *Virtual Laboratories in Chemistry Education: A Guide for Teachers* / M. Davis, L. White. Boston: Pearson Education, 2020. 198 p.

3. *Interactive Modeling for Chemistry Learning: A Comprehensive Approach* / S. Martinez, K. Robinson. London: Academic Press, 2018. 275 p.

4. *Chemistry Education in the Digital Age: Integrating Technology and Teaching* / P. Green, R. Hall. San Francisco: Jossey-Bass, 2017. 290 p.

5. *Modern Approaches to Chemistry Teaching: Virtual and Interactive Labs* / edited by D. Taylor, C. Nelson. Chicago: University of Chicago Press, 2021. 330 p.

МУЛЬТИМЕДІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЯК ЗАСІБ ІНТЕРАКТИВНОГО НАВЧАННЯ ХІМІЇ: АКТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ТА ІННОВАЦІЇ

Панченко Тетяна Вікторівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, tanja99315@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юріївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

У сучасному світі, де технології швидко розвиваються, інтерактивні методи навчання стають необхідністю в освіті, зокрема й у ході вивчення хімії. Мультимедійні технології покращують навчальний процес, роблячи його більш ефективним і захоплюючим для здобувачів вищої освіти.

Сучасні мультимедійні технології стають невід'ємною частиною освітнього процесу, особливо в таких складних науках, як хімія. У світі, де студенти живуть у цифровому середовищі, інтеграція цих технологій забезпечує більш ефективне навчання. Використання віртуальних хімічних лабораторій і 3D-моделей молекул хімічних речовин допомагає їм краще уявити молекулярні структури та зрозуміти хімічні реакції, що робить навчальний матеріал більш доступним для вивчення та цікавим [1].

Змішане навчання, яке поєднує традиційні та онлайн-методи, стало одним із ключових інноваційних підходів у навчанні хімії. Цей формат дозволяє майбутнім фахівцям вивчати теоретичні аспекти самостійно, а практичні заняття проводити під безпосереднім керівництвом викладача. Додатково мобільні додатки та гейміфікація створюють можливості для навчання в ігровій формі, що підвищує мотивацію і активізує пізнавальну діяльність здобувачів вищої освіти.

Інтерактивні методи навчання забезпечують поглиблене розуміння хімічних теорій і концепцій, оскільки симуляції хімічних реакцій і візуалізації допомагають здобувачам освіти усвідомлювати матеріал на практиці. Такі технології також сприяють задоволенню різних стилів навчання: візуальних, аудіальних і кінестетичних, що робить освіту більш доступною. Крім того, інтерактивні платформи стимулюють співпрацю між студентами, розвиваючи їх комунікаційні навички та лідерські якості. В таблиці 1 представлено порівняння традиційного та інтерактивного навчання хімії.

Таблиця 1. Порівняння традиційного та інтерактивного навчання хімії

Критерій	Традиційне навчання	Інтерактивне навчання
Методи подачі інформації	Лекції, посібники	Віртуальні лабораторії, відео, ігри
Стиль навчання	Переважно теоретичний	Залучення різних стилів навчання
Залучення студентів	Обмежене, пасивне	Активне, здобувачі беруть участь у процесі
Доступ до ресурсів	Обмежений (паперові матеріали)	Широкий доступ до онлайн-ресурсів
Розвиток навичок	Спрямоване на запам'ятовування	Розвиток критичного мислення та співпраці

Попри численні переваги, інтеграція мультимедійних технологій в освітній процес супроводжується певними викликами. Технічні обмеження, такі як необхідність стабільного

інтернет-з'єднання та сучасного обладнання, можуть стати серйозними перешкодами для багатьох закладів вищої освіти. Також важливо забезпечити підготовку викладачів, адже ефективне використання цих технологій вимагає від них постійного вдосконалення навичок. Успішне впровадження технологій також потребує стратегічного підходу, щоб уникнути втрати контролю над процесом навчання здобувачів вищої освіти [2].

Отже, мультимедійні технології відкривають нові горизонти для інтерактивного навчання хімії, роблячи його більш захоплюючим і зрозумілим. Хоча існують певні виклики, їх подолання можливе за рахунок інвестицій у навчальні ресурси та підготовку викладачів. Подальші дослідження можуть допомогти виявити найбільш ефективні методи інтеграції технологій у навчальний процес, забезпечуючи майбутнім фахівцям якісну освіту.

1. Слушний О. Інноваційні освітні технології та діяльність учителя 21 століття. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2021. № 2 (106). С.150-159.

2. Ніколенко , К. В., Корнейко , Ю. М., Добростан, . О. В. Інтерактивні технології та їхнє застосування в мобільному навчанні: відмінності, виклики та переваги . Академічні візії, 2023. С. 26.

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ХІМІЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ

Порхун Ліна Василівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, linaporhun51@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

У сучасному світі, де технологічний прогрес значно впливає на різні сфери життя суспільства, важливим стає впровадження інноваційних технологій навчання, зокрема й у вивченні хімії [1]. Віртуальні хімічні лабораторії відкривають нові можливості для здобувачів як середньої, так і вищої освіти, дозволяючи виконувати хімічні експерименти без використання дорогих або небезпечних хімічних реактивів. Такий підхід дозволяє не тільки здобувати теоретичні знання, а й закріплювати їх на практиці.

Віртуальна хімічна лабораторія – це програмне забезпечення, яке моделює реальні хімічні процеси та експерименти у цифровому середовищі й дозволяє здобувачам проводити хімічні реакції, маніпулювати хімічними речовинами, досліджувати властивості речовин та аналізувати результати експериментів без фізичної присутності у реальній хімічній лабораторії. Так, віртуальні лабораторії пропонують широкий вибір хімічних реакцій, інструментів і реактивів, які можна використовувати без ризику для здоров'я чи шкоди довкіллю [3].

Переваги використання віртуальних хімічних лабораторій:

1. **безпека та екологічність** (проведення експериментів у віртуальному середовищі виключає ризики, пов'язані з хімічними речовинами, зокрема вибухи, опіки, виділення шкідливих газів тощо);
2. **економія матеріальних ресурсів** (немає необхідності купувати дорогі реактиви та обладнання. Це робить лабораторні роботи доступними навіть у закладах, де матеріальна база обмежена);
3. **можливість повторного проведення хімічних експериментів** (здобувачі можуть багаторазово повторювати експерименти, вивчаючи різні типи й особливості хімічних реакцій або коригуючи свої помилки. Така можливість покращує засвоєння матеріалу);
4. **доступність та інтерактивність** (віртуальні хімічні лабораторії можуть використовуватися на різних електронних пристроях. Це забезпечує доступ до експериментів з будь-якого місця, де є інтернет, та підвищує мотивацію до вивчення хімії) [2].

Використання віртуальних лабораторій сприяє розвитку креативного мислення, здатності до самостійного вирішення проблем та критичного аналізу. Здобувачі освіти вчаться прогнозувати результати, аналізувати різні варіанти та приймати на цій основі обґрунтовані рішення. Віртуальні лабораторії дозволяють також моделювати ситуації, які у звичайних умовах неможливі, наприклад, тривалі або небезпечні хімічні реакції.

Незважаючи на численні переваги, використання віртуальних лабораторій має й певні недоліки, одним з основних є відсутність практичного досвіду роботи з лабораторним обладнанням. Також деякі складні експерименти або багатоступеневі процеси не можуть бути повністю змодельовані у віртуальному середовищі. Крім того, необхідні технічні ресурси, такі як потужні комп'ютери та стабільне інтернет-з'єднання [4].

Віртуальні хімічні лабораторії є потужним інструментом для сучасного викладання хімії в закладах середньої та вищої освіти. Вони сприяють кращому засвоєнню теоретичних

знань через інтерактивну практику, забезпечуючи безпечне і економічне середовище для проведення хімічних експериментів. Однак, для досягнення максимального ефекту від їх використання, важливо поєднувати віртуальні лабораторії з традиційними методами викладання, що дозволить учням отримати повний спектр знань, умінь і навичок.

1. Тарасова О. В. Інноваційні технології в освіті: навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Освіта», 2018. 324 с.

2. Козак М. О., Пархоменко А. В. Використання віртуальних лабораторій у навчальному процесі: навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 216 с.

3. Шевченко О. В., Лисенко Л. Г. Моделювання хімічних процесів у віртуальному середовищі. Київ: Наукова думка, 2019. 245 с.

4. Гриценко О. М., Таран П. І. Хімічна освіта в сучасній школі: проблеми та перспективи. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2017. 288 с.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ДИДАКТИЧНИХ ІГОР НА УРОКАХ ХІМІЇ

Прокопенко Владислав Сергійович,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, ogp.zt.2013@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Запровадження Концепції Нової української школи передбачає новий зміст освіти, заснований на формуванні ключових компетентностей, необхідних для успішної самореалізації здобувачів освіти в суспільстві. У чинному Держстандарті зазначено, що природничо-наукові компетентності окреслюють важливі для молоді знання, вміння, навички, способи мислення і цінності, необхідні для ефективного розв'язування навчальних й життєвих проблем, здатність чітко діяти в регламентованих і нерегламентованих ситуаціях [1].

Власні спостереження за освітнім процесом у ході виробничої педагогічної практики дають підстави вважати, що розвиток природничо-наукової компетентності на уроках хімії є ефективнішим за умови використання електронних дидактичних ігор. Готуючись до уроку хімії, вчитель планує доцільне використання електронних ігор, які сприятимуть розвитку природничо-наукової компетентності на різних етапах уроку [2].

Розглянемо приклади ігор для розвитку природничо-наукової компетентності на основі програмного матеріалу для учнів 7 класу [4].

Гра «Vaamboozle» (рис. 1).

Етап уроку: актуалізація і корекція опорних знань та чуттєвого досвіду учнів.

Хід виконання: учитель пропонує учням позмагатися, відповідаючи на запитання, які стосуються попередньої теми уроку.

Спосіб контролю: груповий контроль.

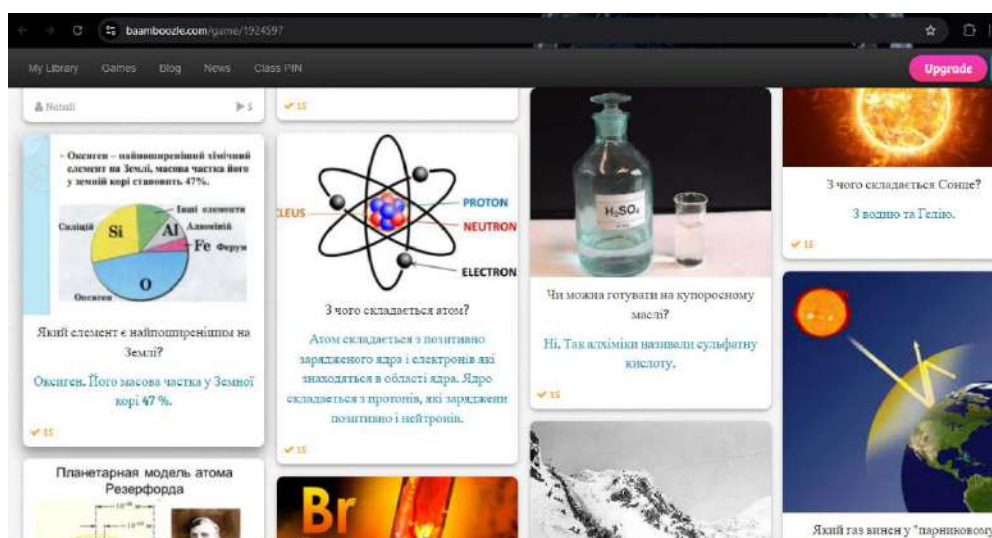


Рис. 1. Фрагмент гри «Vaamboozle»

Гра «Wordwall» (рис. 2).

Етап уроку: вивчення нового матеріалу.

Хід виконання: учитель пропонує учням обговорити та передбачити основний матеріал теми, яка розглядається.

Спосіб контролю: контроль з боку вчителя.

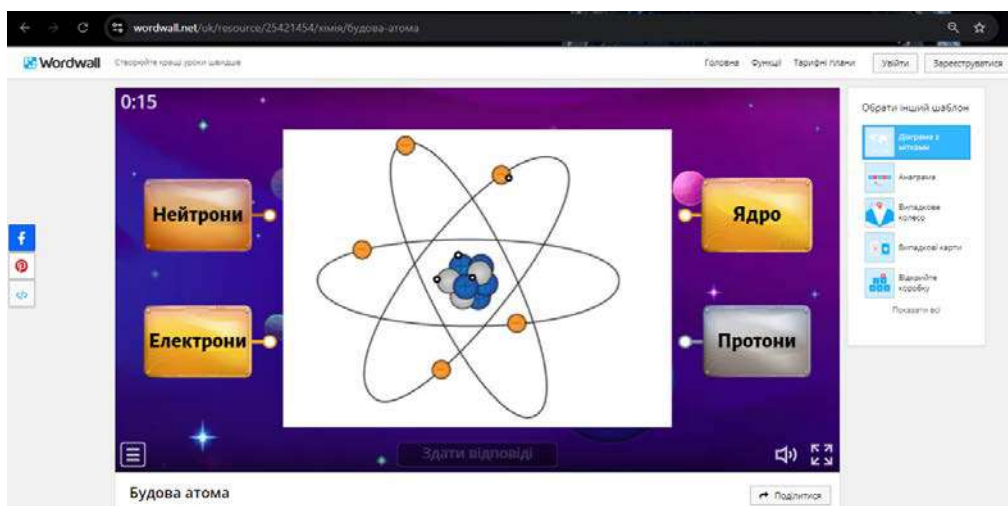


Рис. 2. Фрагмент гри «Wordwall»

Гра «Blooket» (рис. 3).

Етап уроку: узагальнення і систематизація знань.

Хід виконання: учитель пропонує учням дати відповіді на запитання за допомогою смартфонів.

Спосіб контролю: самоконтроль.

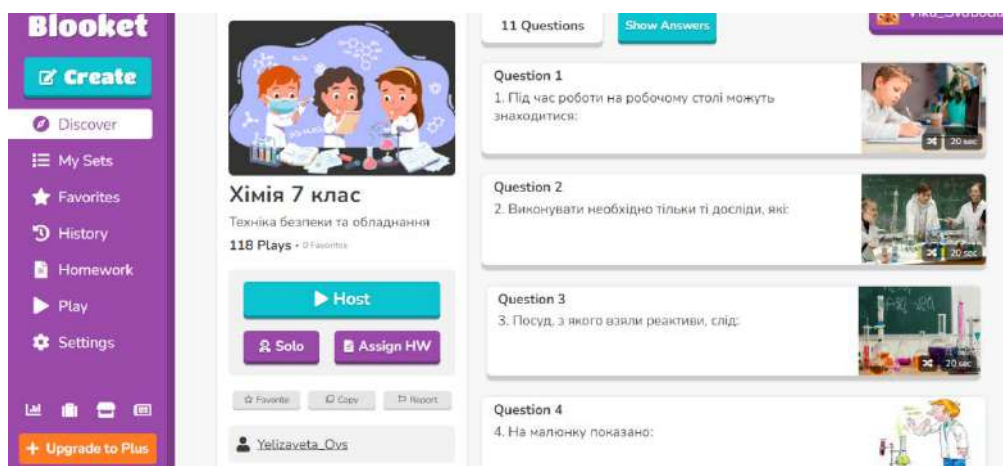


Рис. 3. Фрагмент гри «Blooket»

Таким чином, уроки хімії стають більш особистісно орієнтованими, результативними та наповненими змістом, коли поєднуються з використанням електронних дидактичних ігор. Важливою умовою ефективного розвитку природничо-наукової компетентності на уроках хімії вважаємо використання гри щонайменш на одному з етапів уроку.

Отже, можливість використання електронних ігор у ході вивчення хімії не лише підвищує продуктивність навчання, але й робить його більш привабливим і захопливим для здобувачів освіти. Гейміфікація дозволяє краще засвоювати складні теми, розвиває критичне мислення та практичні навички, а також стимулює зацікавленість до навчального предмета «Хімія». Цей підхід сприяє глибшому і тривалому засвоєнню знань учнів, забезпечуючи інтерактивність освітнього процесу.

1. Державний стандарт базової середньої освіти (МОН України. URL: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrainska-shkola-2/derzhavniy-standart-bazovoi-serednoi-osviti>)

2. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>
3. PISA 2025 Science framework (second draft). URL: https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/ukr_ukr/
4. Хімія: підруч. для 7 кл. закл. загал. серед. освіти / О. В. Григорович, О. Ю. Недоруб. Х.: Вид-во «Ранок», 2024. 208 с.

СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ: АНАЛІЗ ДОСТУПНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ

Раєць Вікторія Володимирівна,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти I курсу,
victoria.vladimirovna24@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі знань 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Сучасна освіта перебуває на етапі інтенсивної інформатизації та цифровізації. Вона характеризується швидким розвитком цифрових технологій, а також зростанням обсягу електронних ресурсів, застосуванням технологій доповненої та віртуальної реальності, онлайн-сервісів для створення тестів, вікторин, дидактичних ігор, ребусів, кросвордів, ментальних карт, хмар слів тощо.

Освітній процес вимагає наявності творчих педагогів-новаторів, які можуть швидко адаптуватися до змін і використовувати інтерактивні методи для залучення здобувачів освіти через інформаційно-комунікаційні (ІКТ) та цифрові технології (ЦТ). ІКТ охоплюють сукупність засобів для обробки, зберігання та передавання інформації, тоді як ЦТ стосуються будь-яких ресурсів, що дозволяють створювати, редагувати та зберігати дані в цифровому форматі. Цифрові інструменти прискорюють передачу знань і підвищують якість навчання.

У зв'язку з розвитком цифрових технологій виникає потреба впровадження нових методів навчання в хімічну освіту. Це забезпечує кращу підготовку майбутніх учителів хімії і підвищує їх зацікавленість у вивченні предмета. За останні роки цифровізація вплинула на традиційні педагогічні підходи, змінюючи способи комунікації між викладачем та студентами, а також пропонує більш інтерактивні й адаптовані до сучасних потреб технології навчання (Google Classroom, Kahoot, Quizizz) [1, 2].

Американський дослідник Марк Пренскі назвав сучасних дітей «цифровими аборигенами», адже вони виростили в епоху цифрових технологій. Легкий доступ до новітніх інструментів впливає на їхню здатність до концентрації, що позначається на академічних успіхах. Тому в сучасному навчальному середовищі доцільно використовувати 3D-моделі, інтерактивні вправи та ігри, симуляції та квести, щоб підтримувати мотивацію до навчання, розвивати самостійність і практичне застосування знань. Ряд авторів досліджував використання цифрових інструментів, зокрема І. Аман, О. Анічкіна, Т. Близнюк, О. Гиря, Т. Дергач, І. Кравець, О. Куленко, Л. Мідак, П. Нечипуренко та ін. Їхні праці висвітлюють різні аспекти застосування онлайн-ресурсів у викладанні хімії та інших дисциплін, проте тематика використання цифрових технологій потребує подальших досліджень, оскільки сучасні цифрові інструменти в освіті охоплюють широкий спектр технологій і платформ, які використовуються для покращення навчання та викладання. До них належать: онлайн-ресурси, мобільні додатки, віртуальні навчальні середовища та інтерактивні платформи, які дозволяють викладачам створювати та організовувати освітній процес більш ефективно. Ці інструменти сприяють інтерактивному навчанню, підвищенню пізнавальної активності та дозволяють адаптувати навчальний контент до потреб здобувачів освіти.

Цифрові інструменти відіграють важливу роль у підвищенні доступності навчальних ресурсів. Наприклад, платформи на кшталт Google Classroom дозволяють викладачам організовувати курси, розподіляти завдання та проводити оцінювання, що робить навчання більш доступним для учнів [1]. Гейміфікація, реалізована через інструменти, такі як Kahoot і Quizizz, стимулює інтерес учнів до навчання, оскільки вони інтегрують ігрові елементи в процес, що сприяє підвищенню мотивації до засвоєння матеріалу. Крім того, сучасні

технології, такі як веб-квести, стимулюють критичне мислення, надаючи здобувачам можливість інтерактивно досліджувати складні теми, що заохочує їх до самостійного аналізу та застосування теоретичних знань у практичних ситуаціях [2]. Адаптація навчального процесу до індивідуальних потреб учнів також стала можливою завдяки цифровим інструментам, що підвищує загальну ефективність освіти [3, 4].

Дослідження показують, що використання цифрових технологій позитивно впливає на успішність учнів, забезпечуючи їм більше практичних і теоретичних знань [5]. Отже, цифрові інструменти стають невід'ємною частиною сучасної освіти, адже вони не лише полегшують доступ до знань, а й сприяють інтерактивності та залученню здобувачів у освітній процес, що є особливо важливим у навчанні хімії.

Сучасні цифрові інструменти, такі як Google Classroom, Kahoot, і Quizizz, мають значний потенціал для впровадження у хімічну освіту. Google Classroom забезпечує зручний доступ до навчальних матеріалів і дозволяє викладачам розміщувати додаткові ресурси, такі як відеоматеріали, лекції та тести, що сприяють самостійному вивченню [5]. Використання інтерактивних платформ Kahoot та Quizizz допомагає створювати змагальні елементи, що підтримують зацікавленість учнів, дозволяючи швидко перевірити рівень їхньої обізнаності та глибину засвоєння матеріалу.

Отже, цифрові інструменти стали важливим компонентом сучасної хімічної освіти, так як дають змогу залучати учнів до активної участі в освітньому процесі, підвищуючи рівень зацікавленості та успішності. Однак для досягнення максимальних результатів важливо проводити ефективну підготовку майбутніх учителів хімії, які використовуватимуть ці інструменти, і регулярно оновлювати навчальні матеріали відповідно до сучасних вимог цифрової освіти, в цьому і вбачаємо перспективи подальших досліджень та розробку цікавих вправ.

1. Аман І. С., Литвиненко О. В. Інтернет-сервіси в освітньому просторі: методичний посібник. Кіровоград: КЗ «Кіровоградський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти імені Василя Сухомлинського», 2016. 88 с.

2. Анічкіна О. В. Гейміфікація – сучасний виклик хімічної освіти. Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки. 2020. Ч. I, № 3 (36). С. 74-80. DOI: 10.26661/2522-4360-2020-3-1-11.

3. Близнюк Т. Цифрові інструменти для онлайн і офлайн навчання: навчально-методичний посібник. Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2021. 64 с.

4. Гиря О. О. Використання ментальних карт на навчальних заняттях з хімії. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук. 2022. № 2. С. 45-55. DOI: 10.31652/2786-5754-2022-2-45-55.

5. Деркач Т. М. Інформатизація викладання хімії: від теорії до практики: монографія. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2011. 225 с.

МОЖЛИВОСТІ ВИБІРКОВИХ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТІЗ ХІМІЇ У ФОРМУВАННІ УСВІДОМЛЕННЯ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЩОДО НЕОБХІДНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА

Раєць Вікторія Володимирівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти,
victoria.vladimirovna24@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Анічкіна Олена Василівна,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри хімії, eva_kvitka@meta.ua
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Глобальні виклики сучасного світу, такі як зміни клімату, виснаження природних ресурсів, забруднення довкілля, потребують від майбутніх фахівців не лише опанування професійними компетентностями, але й формування ціннісного ставлення та розуміння важливості досягнення цілей сталого розвитку (ЦСР), які було визначено Організацією Об'єднаних Націй у 2015 році [8]. Важливу роль у формуванні усвідомленого ставлення до сталого розвитку суспільства можуть відіграти вибіркові освітні компоненти (ВОК) із хімії, сприяючи усвідомленню соціально-економічних та екологічних аспектів сталого розвитку. Завдяки інтеграції екологічних питань у зміст вибіркових компонентів, університети можуть виховувати фахівців, здатних приймати відповідальні рішення у сфері своєї професійної діяльності [1].

Цілі сталого розвитку охоплюють 17 ключових напрямків, серед яких особливе значення мають цілі, пов'язані зі збереженням навколишнього середовища, розвитком відповідального виробництва, впровадженням відновлюваних джерел енергії. У зв'язку з цим заклади вищої освіти мають завдання виховувати у студентів не лише професійні знання, але й цінності, орієнтовані на забезпечення сталого розвитку суспільства [2]. Серед сучасних освітніх практик особливо ефективною є інтеграція новітніх наукових досягнень із хімії в контексті глобальних викликів сталого розвитку. Так, вибіркові освітні компоненти можуть охоплювати курси з хімії навколишнього середовища, зеленої хімії, екологічної хімії, які сприятимуть формуванню екологічно свідомих фахівців [3].

У суспільстві поширене стійке негативне ставлення до хімічної промисловості та хімічної науки, хоча водночас мало хто готовий відмовитися від хімічних продуктів. Саме тому зменшення або попередження загроз, пов'язаних із хімічним виробництвом, закладає екологічно орієнтований підхід до хімічної технології. У період активного розвитку виробництва 50-60-х років минулого століття органічний синтез сприймався здебільшого як інтелектуальне змагання за можливість випускати нові продукти, без акценту на екологічні проблеми, що з часом накопичувалися. Таким чином, незважаючи на значні досягнення в галузі органічного синтезу, хімічна промисловість, яка створювала надто багато відходів, стикнулася з серйозними екологічними проблемами. Зростаюче споживання природних ресурсів спричинило деградацію навколишнього середовища та вплинуло на здоров'я людей, а проблема «меж зростання», яку підкреслив Римський клуб у 1972 році, стала реальною загрозою [1]. Щоб уникнути екологічної кризи, концепція розвитку почала включати в себе ідеї збереження довкілля. Це питання вперше порушили на Конференції ООН з довкілля людини (1972, м. Стокгольм), де наголосили на важливості екологічних питань та потребі створити ефективні міжнародні механізми для їх вирішення. Термін «сталий розвиток» з'явився у 1980 році з виходом «Всесвітньої стратегії охорони природи», підготовленої Міжнародною спілкою охорони природи, де було підкреслено, що збереження природи тісно пов'язане з питаннями розвитку [2].

Концепція сталого розвитку набула популярності після публікації звіту «Наше спільне

майбутнє» у 1987 році, що його підготувала комісія під керівництвом Брундтланд Г. Х. [3]. Ідея отримала подальше визнання після Конференції ООН з довкілля та розвитку (1992, м. Ріо-де-Жанейро), де вона була закріплена в «Порядку денному на 21 століття». Сталий розвиток – це необхідний баланс між задоволенням сучасних потреб людства та захистом інтересів майбутніх поколінь, з акцентом на їхню потребу у безпечному та здоровому середовищі [4]. Як визначила комісія Брундтланд, сталий розвиток означає «розвиток, який задовольняє потреби нинішнього покоління без шкоди для можливості майбутніх поколінь задовольняти власні потреби».

Останні десятиліття методи хімії, спрямовані на вирішення екологічних проблем, привели до появи так званої «зеленої хімії». Її мета – забезпечити хімічні технології та виробництва з відсутністю негативних екологічних наслідків. «Зелена хімія» – це не новий розділ хімії, а новий підхід, нова філософія мислення. Її основні принципи сформулювали американські хіміки Пол Анастас і Джон Уорнер у 1998 році у вигляді 12 тез [5].

Для числового вираження небезпеки технологічного процесу «зелена» хімія використовує показник Е-фактора (Environmental factor), що визначається відношенням сумарної маси усіх відходів до маси цільового продукту, як запропонував професор Роджер Шелдон [6]. Найменші значення має нафтопереробка ($< 0,1$), тоді як найвищі – фармацевтичні процеси (5 – 100), де відходами є все, крім цільового продукту.

Основною метою вивчення вибіркового освітнього компоненту з хімії є надання студентам знань у галузі хімічних наук та водночас виховання відповідального ставлення до ресурсів і навколишнього середовища. До завдань таких дисциплін входить інтеграція знань із хімії в аспекті сталого розвитку, розвиток у студентів екологічного мислення, усвідомлення зв'язку між хімічними технологіями та екологічними проблемами, зокрема шляхом ознайомлення з принципами зеленої хімії та безпечного поводження з хімічними речовинами [4]. Завдяки вивченню сучасних хімічних методів, орієнтованих на мінімізацію впливу на навколишнє середовище, студенти зможуть зрозуміти та оцінити екологічні ризики своїх дій і приймати відповідальні рішення [5].

Вибіркові освітні компоненти з хімії, що орієнтовані на сталий розвиток, відіграють вирішальну роль у формуванні усвідомлення необхідності ефективного використання природних ресурсів не лише в професійній підготовці майбутніх хіміків або хімічних технологів, вони можуть бути актуальними для здобувачів освітніх програм з агрономії, біології, геології, екології, харчових технологій, фармації, охорони здоров'я та багатьох інших. Тому пропонування вибіркового освітнього компоненту з хімії для здобувачів вищої освіти практично всіх спеціальностей є необхідною умовою сьогодення. Адже хімічна наука здатна забезпечити досягнення 7 з 17 цілей сталого розвитку [1].

Вибіркові освітні компоненти екологічного спрямування охоплюють теми зелених технологій, управління відходами, екологічної безпеки та екологічного менеджменту, що є невід'ємною складовою підготовки майбутніх фахівців усіх спеціальностей. Такі курси дедалі частіше з'являються в освітніх програмах українських університетів, підвищуючи екологічну грамотність студентів і сприяючи розвитку у них компетентностей, потрібних для вирішення глобальних проблем сталого розвитку [7].

Таким чином, вибіркові освітні компоненти із хімії мають значний потенціал до формування ціннісного ставлення до необхідності сталого розвитку суспільства, екологічного світогляду, здоров'язбережувального та природоохоронного ставлення здобувачів вищої освіти всіх спеціальностей. Завдяки поєднанню сучасних знань і практичних навичок, університети можуть підготувати фахівців, здатних ефективно вирішувати проблеми сталого розвитку, сприяти екологічній стабілізації суспільства та збереженню середовища існування людини.

1. Анічкіна, О. В., Камінський, О. М., Євдоченко, О. С. (2023) *Актуальні питання професійної підготовки майбутніх фахівців: хімічний аспект*. Інноваційна педагогіка, 1 (64). с. 92-95. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/38342> (дата звернення: 06.11.2024 р.)

2. Василенко В. О. Екологічне виховання у вищій школі: проблеми та перспективи. Київ: Либідь, 2021. 274 с.
3. Демченко П. І. Хімія і сталий розвиток: підручник. Харків: Вид-во Харківського національного університету, 2019. 352 с.
4. Калюжний С. М. Основи екологічної хімії. Київ: КНУ імені Тараса Шевченка, 2020. 314 с.
5. Кулик Л. В. Екологічна освіта для сталого розвитку в Україні. Журнал «Освіта для всіх», 2023. №3. С. 25-30.
6. Петрова Н. В. Зелена хімія: концептуальні підходи до навчання. Одеса: ОНУ імені І.І. Мечникова, 2022. 198 с.
7. Тарасенко Ю. С. Екологічна грамотність як ключова компетентність сталого розвитку. Журнал «Педагогіка і сучасність», 2022, №2, С. 66-72.
8. Цілі Сталого розвитку. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>
(дата звернення: 04.11.2024 р.)

ВІРТУАЛЬНА ХІМІЧНА ЛАБОРАТОРІЯ ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЗНАНЬ ІЗ ХІМІЇ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Свиридюк Аліса Володимирівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, sviridyukalisa02@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Вже п'ятий рік Україна змушена жити в умовах або повноцінного, або змішаного дистанційного навчання. Під час пандемії та початку повномасштабного вторгнення кожен учень, студент, вчитель, викладач відчув на собі усі «принади» дистанційного навчання, оскільки лабораторні заняття з використанням реального хімічного експерименту є невід'ємною складовою успішної реалізації хімічної освіти.

Одним із засобів навчання в умовах дистанційної форми організації освітнього процесу є використання віртуальних хімічних лабораторій. Віртуальні лабораторії – це програми, які дають можливість здобувачу освіти виконувати типові завдання, схожі до тих, що мають бути на лабораторних заняттях, у віртуальній мережі. У віртуальних лабораторіях здобувач вищої освіти має можливість виконати потрібний хімічний експеримент та отримати прогнозований результат.

Використання віртуальних лабораторій у ході викладання хімії в закладі вищої освіти має достатньо переваг. Науковці, які досліджували дане питання, визначають деякі з них [1], [2]:

- тренування до власноруч проведених хімічних експериментів необмежену кількість разів;
- вдала заміна наочного хімічного експерименту в умовах дистанційного навчання, відсутності необхідного обладнання або хімічних реактивів у лабораторії;
- проведення експериментів, які є довготривалими або ускладненими, як метод підвищення інтересу здобувачів вищої освіти до наукової діяльності.

Основними віртуальними хімічними лабораторіями є: VirtuLab, Chemistry Lab, Labster, ChemCollective тощо.

Віртуальна хімічна лабораторія дає можливість проводити хімічні експерименти в онлайн-форматі, досліджувати фізичні властивості речовин та їх здатність взаємодіяти між собою, спостерігати ознаки проходження хімічних реакцій. До прикладу, здобувачі вищої освіти мають можливість спостерігати за зміною забарвлення розчинів, виділенням газу, випадінням осадів, що допоможе їм в майбутній професійній діяльності. Таким чином, майбутні фахівці будуть підготовлені до використання типових віртуальних лабораторій на власних лабораторних заняттях у разі відсутності хімічних реактивів, лабораторного обладнання або можливості відвідувати заняття в очному форматі та з впевненістю зможуть виконати типові хімічні експерименти власноруч.

Науковець Білкентського університету Аліпаса Аяс разом із професоркою комп'ютерних технологій Технічного університету Караденіз Зейнеп Татлі, які досліджували продуктивність віртуальних хімічних лабораторій в закладах освіти різних країн, таких як США, Туреччина, Великобританія та Канада зосередились на використанні цих можливостей в аналізі інструментів накопичення даних і результатів проведення експериментів. Вчені довели, що віртуальні лабораторії дають можливість здобувачам освіти зосередити свої сили саме на процесі експерименту, що дає можливість зекономити час та створити безпечні умови виконання дослідів. Основним недоліком даних віртуальних засобів навчання є, звичайно, неможливість реальної оцінки хімічних реактивів за органолептичними

показниками (відчуття запаху, дотику) і, взагалі, виконати весь хімічний експеримент від початку і до завершення самостійно [3]. Адже хімія є однією з тих навчальних дисциплін, у ході вивчення якої важливою складовою виступає наочність та особиста участь у проведенні хімічних експериментів. Проте, важливість упровадження та використання віртуальних засобів навчання в сучасному світі в умовах гейміфікації та діджиталізації лише збільшується, оскільки робота в хімічних лабораторіях може бути дорогою, недоступною, вимагати фізичної присутності здобувачів вищої освіти та викладачів, що є неможливим в умовах дистанційної форми навчання.

Проаналізувавши роботи дослідників, які здійснювали опитування здобувачів освіти щодо проведення лабораторних занять із хімії в навчальних аудиторіях та можливості використання при цьому віртуальних хімічних лабораторій, можна зробити висновок, що студенти в основному позитивно ставляться до експериментування у віртуальних лабораторіях (63% опитуваних звертають увагу на можливість багаторазового виконання одного й того ж досліду, 52% - відзначають більшу безпечність віртуальних хімічних лабораторій для здоров'я студентів). Однак великий відсоток здобувачів мають прагнення особисто виконувати експериментальні роботи (68%) [4].

Отже, використання віртуальної хімічної лабораторії є вдалим засобом навчання, який можна додатково використовувати з метою розвитку вмінь і навичок здобувачів вищої освіти, поглибленого вивчення суті хімічних реакцій, підвищення пізнавальної активності та цікавості майбутніх фахівців до вивчення хімії в умовах віддаленого навчання.

1. Нечипуренко П. П. Віртуальні хімічні лабораторії в процесі навчання хімії: сучасний стан та перспективи. Наук. часоп. НПУ ім. М. П. Драгоманова. Сер. № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. Вип. 33. С. 95–102.

2. Євангеліст О. О. Віртуальні хімічні лабораторії як засіб підтримки навчально-дослідницької діяльності учнів з хімії при вивченні теми «Розчини» : магістерська робота студентки спеціальності 014 Середня освіта (Хімія). Кривий Ріг, 2019. 94 с.

3. Tatli Z., Ayas A. Virtual laboratory applications in chemistry education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 2010. P. 938–942. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.263>

4. Войтович І., Войтович О., Мартинюк Г. Використання віртуальних лабораторій в процесі вивчення хімічних дисциплін. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка, 1(1), 2021. С. 32–41.

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ В УМОВАХ РЕАЛІЗАЦІЇ СУЧАСНОЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Ходюк Олександр Васильович,
здобувач вищої освіти II курсу, sasahoduk1@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка, доцент, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєв Сергій Володимирович
старший викладач, avdeevsv@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

В умовах пандемії та переходу до віддаленого процесу навчання віртуальні експерименти стали важливим інструментом для забезпечення якісної практичної підготовки здобувачів вищої освіти, зокрема, й хіміків. Це стало особливо актуальним в умовах сьогодення, оскільки традиційні методи навчання потребують адаптації до сучасних інноваційних технологій.

Віртуальні експерименти формують середовище для навчання, де студенти мають можливість безпечно виконувати хімічні реакції, використовуючи моделювання на комп'ютерах та інших гаджетах. Наприклад, платформи на зразок Labster або PhET Interactive Simulations пропонують широкий спектр можливостей виконання віртуальних хімічних експериментів, що дозволяють здобувачам освіти досліджувати складні хімічні процеси, які проблематично відтворити в реальних умовах. Використання запропонованих електронних ресурсів у повній мірі забезпечує не лише зменшення витрат на дороговартісне лабораторне обладнання та хімічні реактиви, але й дозволяє майбутнім фахівцям виконувати хімічні експерименти в зручний для них час, особливо в сучасних реаліях війни.

Результати опитувань здобувачів вищої освіти показують, що студенти, які використовують віртуальні хімічні експерименти в ході підготовки та опрацювання лабораторних занять, демонструють вищі показники успішності в засвоєнні вивченого матеріалу та відчувають себе більш впевненими у знаннях і техніці виконання експериментів, оскільки мають можливість багаторазово їх повторювати та краще розуміти основні закономірності перебігу хімічних реакцій і особливості їх проведення. Проте слід враховувати що, віртуальні експерименти мають свої недоліки та виклики. Технічні проблеми, такі як обмежений доступ до Інтернету, його недостатня швидкість тощо можуть в реальному часі зменшити можливості здобувачів освіти. Крім того, майбутнім фахівцям важливо зберегти баланс між виконанням віртуального та реального хімічного експерименту, оскільки практика в лабораторії необхідна для формування практичних (експериментальних, гностичних, дослідницьких) умінь і навичок.

Перспективи розвитку та використання віртуальних експериментів є надзвичайно великими, оскільки вдосконалення електронних онлайн платформ із використанням новітніх технологій, таких як віртуальна та доповнена реальність (VR, AR), відкриває нові горизонти для навчання. Наприклад, інтеграція VR може дозволити здобувачам освіти «перенестися» в віртуальну лабораторію та проводити взаємодію хімічних речовин, що підвищує їхню мотивацію до вивчення хімічної науки.

Отже, на сучасному етапі розвитку суспільства використання віртуального хімічного експерименту довело свою ефективність як інструменту навчання майбутніх фахівців, будучи невід'ємною частиною освітнього процесу в ході вивчення хімії, забезпечуючи доступ до якісної й ефективної освіти та підвищуючи мотивацію здобувачів, що є одним із ключових факторів у процесі навчання.

1. Семеніхіна О. В., Шапоня В. Г. Віртуальні лабораторії як інструмент навчальної та наукової діяльності. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. Суми: Вид-во СумДПУ імені А.С.Макаренка. 2011. №1. С. 341-346.
2. Деркач Т. М. Інформаційні технології у викладанні хімічних дисциплін. Дніпропетровськ: Видавництво ДНУ, 2008. 336 с.
3. Семенець В., Каук В., Аврунін О. Впровадження технологій дистанційного навчання у навчальний процес. Вища школа: Науковопрактичне видання 5. 2009. С. 40-57.

ПОЗАКЛАСНА РОБОТА З ХІМІЇ, ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Хоменко Лорена Василівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, lorenasivatskaya@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Позакласна робота відіграє важливу роль у формуванні інтересу учнів до вивчення хімії, оскільки надає їм унікальну можливість експериментувати та реалізовувати свої ідеї на практиці. Це не лише робить освітній процес більш захоплюючим, але й сприяє формуванню позитивного ставлення до вивчення хімії, оскільки учні можуть спостерігати безпосереднє застосування теоретичних знань у реальних умовах.

Коли учні беруть участь у позакласних заходах, таких як наукові проекти, олімпіади та виставки, вони мають змогу глибше дослідити різноманітні аспекти хімії, від простих експериментів до складних досліджень. Ця активна участь сприяє розвитку їхніх творчих здібностей і наукової допитливості, адже вони не лише спостерігають за хімічними процесами, а й активно залучені до їх проведення, аналізу результатів та формулювання висновків [1].

Залучення до позакласних заходів також дозволяє учням усвідомити важливість хімії у повсякденному житті. Вони можуть спостерігати, як хімічні реакції впливають на навколишній світ, що, в свою чергу, стимулює їхній інтерес до подальшого вивчення предмета. Наприклад, участь у конкурсах з вирішення реальних екологічних проблем може допомогти учням зрозуміти роль хімії в охороні довкілля, тоді як проведення демонстраційних експериментів може показати, як хімічні принципи використовуються в побуті.

Позакласна робота з хімії має на меті:

- *поглиблення знань* (учні мають можливість досліджувати теми, які не охоплюються під час звичайних уроків, вивчати нові концепції та застосовувати їх на практиці);
- *розвиток інтересу до предмету* (позакласні заходи сприяють формуванню стійкої зацікавленості хімією через різноманітні активності, такі як наукові експерименти, конкурси, виставки та дослідницькі проекти);
- *формування практичних навичок* (учні здобувають навички, які є важливими для їхньої подальшої освіти, зокрема вміння працювати з лабораторним обладнанням, аналізувати результати експериментів і приймати обґрунтовані рішення на основі отриманих знань) [2].

Особливості організації позакласної роботи з хімії стають дедалі важливішим елементом змісту сучасної освіти. Традиційні методи позакласної роботи, такі як гуртки, хімічні олімпіади, вікторини, лекції, конкурси та екскурсії, поступово вдосконалюються і доповнюються за рахунок нових технологій та підходів. Позакласна діяльність дозволяє учням не лише поглиблювати знання з хімії, але й розвивати практичні навички, критичне мислення та творчий підхід до вирішення наукових проблем.

Розвиток позакласної роботи з хімії в закладах загальної середньої освіти є важливим аспектом освітнього процесу, оскільки вона допомагає учням поглибити знання, розвивати навички та формувати інтерес до науки. Для досягнення цих цілей важливо впроваджувати нові методики, залучати фахівців, співпрацювати з науковими установами та організовувати міжшкільні заходи.

Сучасний освітній процес потребує адаптації до нових реалій та викликів.

Впровадження активних та інтерактивних методик навчання, таких як проєктне навчання, дослідницька діяльність, дидактичні ігри та тренінги, може суттєво підвищити зацікавленість учнів [3].

Співпраця з фахівцями хімічної галузі та науковцями може значно збагачувати позакласну роботу. Проведення майстер-класів, лекцій і семінарів, організованих запрошеними експертами, дозволить учням отримати актуальну інформацію про новітні досягнення з хімії та їх застосування. Крім того, така взаємодія сприятиме формуванню професійної орієнтації в старшокласників і підвищенню їхньої мотивації до навчання.

Міжшкільні заходи, такі як олімпіади, конкурси, фестивалі науки, виставки проєктів, можуть стати потужним інструментом для обміну досвідом між учнями та вчителями. Такі заходи створюють платформу для змагання та співпраці, де учні можуть демонструвати свої знання та вміння, а також дізнаватися про досягнення своїх однолітків. Це не лише стимулює навчання, але й формує позитивну атмосферу в навчальному середовищі.

Сучасні інформаційні технології відкривають нові горизонти для позакласної роботи з хімії. Використання цифрових платформ, онлайн-курсів, відео-уроків і віртуальних лабораторій дозволить учням отримувати доступ до якісних освітніх ресурсів, що сприятиме самостійному навчанню та розвитку дослідницьких навичок. Залучення цифрових інструментів у позакласну роботу з хімії може зробити навчання більш інтерактивним і привабливим для молоді [3].

Позакласна робота з хімії в закладах загальної середньої освіти передбачає використання різноманітних методів та технологій, які сприяють поглибленню знань учнів, розвитку їх творчих здібностей та практичних навичок. Одним із основних підходів є інтерактивне навчання, яке включає комп'ютерні симуляції, що дозволяють візуалізувати хімічні процеси та проводити експерименти віртуально. Такі платформи, як PhET Interactive Simulations або Molecular Workbench, забезпечують учнів можливістю спостерігати за змінами, що відбуваються в системі, і змінювати параметри, такі як температура чи концентрація реагентів, що робить навчання більш динамічним і захоплюючим.

Усі ці методи та технології створюють сприятливе середовище для навчання, що дозволяє учням не лише засвоювати теоретичні знання, а й активно їх практикувати, розвивати аналітичне мислення та здатність до самостійного навчання. Впровадження сучасних технологій у позакласну роботу з хімії допомагає формувати нове покоління науковців, які мають не лише глибокі знання, але й вміння практично їх застосовувати.

Позакласна робота з хімії в закладах загальної середньої освіти стикається з низкою проблем і викликів, які можуть впливати на її ефективність та якість. По-перше, недостатня матеріально-технічна база є значним бар'єром для реалізації позакласної роботи. Багато закладів загальної середньої освіти не мають сучасного лабораторного обладнання або доступу до цифрових технологій, що обмежує можливості для проведення експериментів, симуляцій і досліджень. Це ускладнює залучення учнів до практичної роботи та зменшує їхній інтерес до предмету. По-друге, відсутність кваліфікованих кадрів може негативно вплинути на якість позакласної роботи. Вчителі хімії, які не мають достатнього досвіду або спеціальної підготовки у проведенні інтерактивних і творчих занять, можуть не знати, як ефективно організувати позакласну діяльність, що призводить до її недостатньої результативності. Важливим є також питання постійного підвищення кваліфікації викладачів, оскільки нові методи та технології швидко змінюються [2].

Окрім цього, необхідно враховувати індивідуальні особливості учнів. Не всі учні мають однаковий рівень підготовки та інтересу до хімії, що може ускладнити організацію роботи в групах. Різні рівні знань і навичок можуть призводити до нерівномірного розподілу навантаження в командних проєктах, що негативно впливає на освітній процес.

Отже, позакласна робота з хімії в закладах загальної середньої освіти є важливим елементом навчального процесу, що сприяє поглибленню знань учнів, розвитку їхніх практичних навичок і формуванню інтересу до хімічної науки. Залучення учнів до активної участі у різноманітних заходах, таких як наукові конкурси, фестивалі, олімпіади та проєктні

роботи, стимулює їхню наукову допитливість і творчість.

Систематичне впровадження інтерактивних методів навчання, використання новітніх технологій та програмних продуктів дозволяє учням експериментувати в безпечному середовищі, що підвищує їхню зацікавленість і мотивацію до вивчення хімії. Організація міжшкільних заходів забезпечує платформу для обміну досвідом та сприяє розвитку співпраці між учнями та вчителями. Важливість позакласної роботи не лише у формуванні знань, але й у розвитку особистісних компетентностей, таких як критичне мислення, вміння працювати в команді та ефективно спілкуватися. Завдяки цим заходам учні мають можливість краще усвідомити роль хімії у повсякденному житті та її важливість у розвитку сучасного суспільства.

1. Григор'єва О. В., Соколенко О. Ю. Психологічні основи організації поза класної роботи з хімії. Психологія і педагогіка: актуальні питання. 2017.

2. Фоменко Ф. В. Організація позакласної роботи з хімії в загальноосвітніх навчальних закладах. Вісник КНУ, 1(2). 2015. С. 27-32.

3. Пономаренко О. В. Організація позакласної роботи з хімії: методичні аспекти. Журнал "Хімія та суспільство", 4(3). 2019. С. 12-15.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ GOOGLE ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ В ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Хом'як Марія Олександрівна

здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, merilink@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Євдоченко Олена Сергіївна

доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, evdochenko_lena@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Цифрові інструменти активно змінюють підхід до навчання в сучасній школі. В умовах глобальної цифровізації освіти особливо важливим є використання новітніх технологій у вивченні точних наук, таких як хімія. Компанія Google пропонує ряд інструментів, які здатні суттєво полегшити процес навчання, підвищити його ефективність та зацікавити учнів. Використання Google Classroom, Google Docs, Google Forms, Google Sheets, Google Slides та інших інструментів сприяє інтерактивності, доступності та розвитку критичного мислення учнів.

Огляд науково-педагогічних джерел [1-3] свідчить, що інструменти Google відіграють важливу роль у оновленні освітнього процесу, є невід'ємним помічником сучасного вчителя та забезпечують такі переваги:

1. Легкість застосування (щоб отримати доступ до інструментів Google, достатньо створити особистий або корпоративний обліковий запис.
2. Швидкий і зручний доступ до матеріалів з будь-якого куточка світу.
3. Можливість спільної роботи в реальному часі.
4. Організація дистанційного/віддаленого навчання (вчитель може створювати завдання, контролювати та перевіряти їх виконання, мати зворотний зв'язок, реалізовувати індивідуальний підхід до кожного учня).
5. Здобуття додаткової освіти.
6. Створення власних навчальних матеріалів.
7. Безкоштовний доступ.

Одним з найпопулярніших інструментів Google для організації навчання є Google Classroom. Він дозволяє вчителю створювати класи, розподіляти завдання, збирати домашні роботи, проводити тести та мати зворотний зв'язок з учнями. Слід також зазначити, що Google Classroom, будучи інтегрованим із такими сервісами, як Google Docs, Google Drive, Google Chat, Google Meet, Google Keep і Gmail, надає широкий спектр можливостей для публікації та обміну навчальними матеріалами, включаючи відео, тексти та зображення. Коротко охарактеризуємо деякі з них.

Google Forms – інструмент, який дозволяє створювати та проводити опитування, тести та різноманітні анкетування. Вчитель може використовувати різні налаштування форми – обмежувати кількість відповідей, робити запитання обов'язковими, унаочнювати запитання зображеннями, малюнками, фотографіями, відео, надавати доступ іншим користувачам, розповсюджувати її серед учнів, надсилаючи посилання тощо. Учні можуть отримувати результати одразу після виконання форми, або через деякий час, після додаткового перегляду вчителем. Додаткові налаштування також дають можливість припинити виконання форми на деякий час та продовжити її виконання після перерви. Після заповнення форми учасниками, автоматично формується статистика відповідей, яку вчитель може проаналізувати.

Google Docs – ефективний інструмент для створення та редагування текстових документів у режимі реального часу [4]. Учні можуть спільно працювати над лабораторними звітами, рефератами або проєктами, обмінюючись ідеями та коментарями. Викладач, у свою

чергу, може надавати деталізований зворотний зв'язок безпосередньо в документі, використовуючи інструмент коментування. Такий підхід сприяє розвитку навичок критичного мислення, підвищенню якості виконаних завдань та створенню більш глибокого розуміння навчального матеріалу.

Google Slides – інструмент для створення презентацій, які можуть використовуватися як учнями, так і вчителями для підготовки лекцій або проєктів з хімії. Зручним є те, що багато учасників можуть мати доступ до однієї презентації та одночасно створювати її. Це вдосконалює командну роботу.

Ще одним досить популярним цифровим інструментом є Google Sheets, який дозволяє швидко обробляти великі масиви даних, будувати графіки і діаграми для аналізу результатів. Учні можуть навчитися користуватися формулами і функціями, що значно підвищує їх навички роботи з даними.

Отже, використання цифрових інструментів Google при вивченні хімії в закладі загальної середньої освіти має безліч переваг. Насамперед, сприяє інтерактивному, доступному навчальному процесу, що відповідає сучасним вимогам. Їх інтеграція у навчання дозволить зробити його більш ефективним, цікавим та мотивуючим як для учнів, так і для вчителів.

1. Антонова О., Фамілярська Л. Використання цифрових технологій в освітньому середовищі закладу вищої освіти. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2019. Спецвип. С. 10-22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeemu_2019_spetsvip_4.

2. Варяниця Л.О., Шевченко О.М., Петросова В.І. Цифрові інструменти Google для української освіти: використані можливості в умовах війни. Академічні візії. Вип.17., 2023. URL: <https://repository.pdmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b0aeec9-234f-4e55-9bcf-2ea6218bdfd0/content>.

3. Вдовичин Т., Когут У., Сікора О. Цифрові інструменти Google для організації освітнього процесу педагогічного університету в кризових ситуаціях. Інформаційні технології і засоби навчання, 2022, Том 92, №6, С.50-98. doi: 10.33407/itlt.v92i6.5093

4. Застосування QR-кодів для Google Workspace: огляд найпопулярніших сервісів. GET-QR. URL: <https://get-qr.com/uk/blog/post/practical-applications-of-qr-codes-for-google-workspace> (Дата звернення: 21.10.2024).

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ GOOGLE ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ

Храмченко Катерина Романівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, foxyto878@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юріївна,
доктор філософії з галузі 01 Освіта/ Педагогіка,
доцент кафедри хімії, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Цифрові технології вже давно стали невід'ємною складовою сучасного освітнього процесу. Платформа Google, яка відома в кожному куточку світу, надає нам можливість успішно розвиватись в сфері онлайн технологій навчання. Інструменти Google відкривають викладачам і здобувачам вищої освіти широкі можливості для організації навчання, комунікації, співпраці та оцінювання. У цьому дослідженні розглядатимуться переваги використання таких цифрових інструментів, як Google Документи, Google Таблиці, Google Форми, Google Презентації, Google Keep та Google Jamboard в освітньому процесі при вивченні хімії.

Актуальність цієї теми зумовлена швидким розвитком цифрових технологій та необхідністю їх інтеграції в освітню систему. Сучасні реалії, зокрема дистанційне навчання, а також потреба адаптації до вимог цифрової ери, потребують використання ефективних інструментів для організації освітнього процесу. Інструменти Google надають можливість спільної роботи, оперативного обміну інформацією, гнучкого оцінювання знань і розвитку цифрових навичок у студентів. Це робить їх незамінними для забезпечення безперервності навчання та підвищення його якості, особливо за умов дистанційного або змішаного навчання. Адже підготовка здобувачів вищої освіти до сучасного ринку праці вимагає володіння новітніми технологіями для успішної професійної інтеграції та розвитку в майбутньому.

Google Документи надають здобувачам вищої освіти можливість використання зручних інструментів для роботи над текстовими проектами. Серед основних переваг – автоматичне збереження файлів, доступність з будь-якого пристрою та можливість отримувати зворотний зв'язок через коментування та рецензування викладачами.

Google Таблиці дозволяють студентам ефективно збирати й аналізувати дані. Спільна робота над таблицями дає можливість швидко вносити зміни та доповнення. Крім того, цей інструмент є зручним для виконання математичних розрахунків у ході розв'язування задач із хімії та проведення статистичних досліджень у межах виконання та обрахунків експериментальної частини хімічного експерименту.

Зараз одним із найактуальніших цифрових інструментів є Google Форми, який надає можливість створювати опитування, тести та анкети для збору зворотного зв'язку або перевірки знань. Відповіді обробляються автоматично, що спрощує виведення результатів у зручній формі. Це сприяє ефективній комунікації між викладачем і здобувачами вищої освіти, допомагаючи об'єктивно оцінювати знання в умовах сучасного освітнього процесу.

Google Презентації – ще один широко відомий інструмент для створення інтерактивних навчальних матеріалів. Він дає студентам можливість творчо працювати з матеріалом, розкривати свій потенціал, а також інтегрувати презентації з іншими інструментами Google, наприклад, документами, відео або зображеннями для поглибленого вивчення змісту хімічної науки.

Google Keep – це інструмент для створення нотаток і зберігання ідей, що також підходить для організації та підготовки лабораторних занять із хімічних дисциплін. У навчальному процесі його можна використовувати для впорядкування інформації, створення

списків завдань або ключових конспектів.

Варто також звернути увагу на Google Jamboard, віртуальну інтерактивну дошку, яка чудово підходить для проведення мозкових штурмів, спільної роботи та візуалізації ідей. Вона зручна для проведення інтерактивних занять із хімії або дистанційного навчання, забезпечуючи можливість одночасної роботи декількох учасників у реальному часі для креативного вирішення завдань.

Отже, застосування цифрових інструментів Google сприяє підвищенню ефективності навчального процесу, покращує співпрацю між учасниками та забезпечує гнучкість у плануванні й оцінці результатів навчання, що допомагає здобувачам вищої освіти розвивати важливі цифрові навички, які стануть у пригоді в їхній майбутній професійній діяльності. Ці інструменти є зручними у використанні, універсальними та доступними, що робить їх важливими в сучасній освіті.

1. Бусько І. В., Ройко Л. Л. Можливості цифрових інструментів Google у професійній діяльності педагога. Луцьк, 2024. С. 208-211. URL: https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/24198/3/tezy_busko.pdf

2. Вдовичин Т.Я., Білий Р.Т. Цифровий інструмент Google Sites для створення Е-портфолію. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.4/11>

3. О. Сікора, Т. Вдовичин, "Реалізація технологій відкритих педагогічних систем на прикладі використання Google Класу", Педагогічна освіта: теорія і практика, № 32, с. 7–19, 2022. doi: 10.32626/2309-9763.2022-32.

4. У. Когут, О. Сікора, та Т. Вдовичин, "Виклики навчання та викладання в умовах війни", Молодь і ринок, № 5(202), 2022.

ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИБІРКОВИХ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ХІМІКІВ

Храмченко Катерина Романівна,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти, foxyto878@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Романишина Людмила Михайлівна,
доктор педагогічних наук, професор romanyshyna43@ukr.net
Хмельницька гуманітарно-педагогічна академія, Україна

У сучасному суспільстві зростає попит на висококваліфікованих фахівців у галузі хімії, які володіють не тільки глибокими знаннями, а й практичними навичками. Підготовка таких фахівців вимагає впровадження нових підходів, зокрема включення вибіркового освітнього компоненту, які дозволяють студентам отримувати додаткові знання в сферах, важливих для їхнього першого робочого місця. Вибіркові освітні компоненти дозволяють студентам поглиблювати свої професійні компетентності саме в тих напрямках, які є пріоритетними для працевлаштування, що сприяє індивідуалізації навчання.

Проблема підготовки майбутніх фахівців хімічного спрямування привертає увагу багатьох науковців [1-5], проте цілісний аналіз підготовки майбутніх хіміків в умовах сучасних викликів залишається недостатньо дослідженим. Підготовка майбутніх хіміків потребує докорінної модернізації методів навчання, оскільки існують суперечності між вимогами ринку праці та рівнем підготовки фахівців у закладі вищої освіти, а також між Стандартами вищої освіти та підготовкою здобувачів, тому дослідження впливу вибіркового компоненту у контексті професійної компетентності хіміків потребує детального вивчення. Це обумовлює актуальність даного дослідження. Загальні та спеціальні компетентності хіміка визначені Стандартом вищої освіти України для спеціальності 102 Хімія. Аналіз свідчить, що значна частина спеціальних компетентностей безпосередньо пов'язана з експериментальними вміннями. Майбутній хімік повинен уміти проводити лабораторні дослідження, виконувати вимірювання та аналізувати дані, що є основними елементами його професійної діяльності [5].

Розглядаючи експериментальну діяльність як провідну в професійній підготовці хіміків, можемо стверджувати, що професійна компетентність майбутнього хіміка формується в процесі виконання практичних завдань і постійного тренування. Таким чином, підготовка майбутніх хіміків повинна відбуватися в умовах спеціально створеного освітнього середовища, де реалізується експериментальна діяльність. У контексті проведення дослідження нами проаналізовано специфіку підготовки майбутніх хіміків, що передбачає вибір низки навчальних дисциплін, призначення яких полягає в задоволенні власних потреб та інтересів і може стосуватися, як особистого розвитку, так і професійних інтересів.

Пропонування в якості вибіркового освітнього компоненту «Хімії харчових добавок», «Харчової хімії», «Кулінарної хімії» спрямоване на вивчення властивостей, складу та застосування в харчовому виробництві основних хімічних речовин, а особлива увага приділяється оцінці їхнього впливу на здоров'я людини та відповідність нормам стандартів. Це знання надзвичайно важливе для тих хіміків, які будуть працювати у харчовій промисловості, оскільки допомагає розуміти способи забезпечення безпеки харчових продуктів та покращення їхніх характеристик [6].

«Метод проектів у викладанні хімії», як навчальна дисципліна покликаний озброїти здобувачів здатностями використовувати проектний метод у викладанні хімічних дисциплін у закладі вищої освіти, адже отримання диплому магістра хімії, формує кваліфікацію викладача закладу вищої освіти (НРК 7). Така вибіркова освітня компонента забезпечує

студентів навичками проєктної діяльності, зокрема у створенні навчальних проєктів із обов'язковим практичним втіленням. Це дає можливість майбутнім викладачам та науковцям краще підготуватися до роботи у сфері освіти, де потрібно розвивати критичне мислення, креативність та вміння працювати в команді.

Дисципліна «Хімія поверхні» дозволяє студентам зрозуміти фізико-хімічні процеси на поверхнях твердих тіл, як-то адсорбція та каталіз, що є ключовими для розробки нових матеріалів у сферах нанотехнологій і матеріалознавства. Ці знання стають основою для роботи у галузях, які пов'язані з розробкою новітніх матеріалів із заданими властивостями.

Вибіркова освітня компонента «Хімія природних сполук», зосереджена на вивченні біологічно активних сполук природного походження, таких як алкалоїди і флавоноїди, що мають потенційне застосування в фармації та косметології. Студенти здобувають навички виділення, аналізу та синтезу цих сполук, що є надзвичайно важливим для кар'єри у фармацевтичній галузі.

Освітній компонент «Основи хімічної безпеки» забезпечує набуття мінімально необхідних здатностей для реалізації життєдіяльності в умовах сьогодення та пояснює використання певних хімічних речовин у якості зброї, способи уникнення її впливу, убезпечення себе в умовах воєнного стану. Розуміння методів ідентифікації небезпек та попередження аварій під час роботи з небезпечними речовинами стає важливим для забезпечення безпеки у лабораторіях і на виробництві [7].

«Основи криміналістичної хімії» відкриває студентам специфіку використання хімії у криміналістичній практиці, зокрема виявлення та аналіз хімічних слідів при розслідуванні злочинів. Знання методик криміналістичного аналізу має ключове значення для тих, хто планує працювати у правоохоронних органах або інших організаціях, де здійснюється аналіз речових доказів.

Таким чином, кожна із запропонованих вибіркової освітньої компоненти має унікальне значення для формування професійної компетенції майбутніх хіміків, орієнтуючи їх до працевлаштування в певній галузі: від харчової та фармацевтичної промисловості до криміналістики, матеріалознавства та викладання. Основне завдання вибіркової освітньої компоненти полягає в сприянні задоволенню потреб здобувачів, а відповідно, розробка їх програм стосується виключено їх інтересів. Тому завданням науково-педагогічних працівників стає створення значної кількості цікавих, практикоорієнтованих, професійно спрямованих вибіркової освітньої компоненти, які дозволять здобувачу, за бажанням, вдосконалюватися у обраній професії.

1. Анічкіна О. В. Сучасний зміст професійної підготовки хіміків: вітчизняний та закордонний досвід. Академічні студії. Серія «Педагогіка», № 4, ч. 1. 2021. С. 31-37.

2. Анічкіна О. В., Авдєєва О. Ю., Євдоченко О. С. Методичні рекомендації до організації самостійної та індивідуальної роботи з освітньої компоненти «Технологічні основи навчання хімії»: навч.-метод. посіб. для здобув. другого рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. 2021. 25 с.

3. Анічкіна О. В., Авдєєва О. Ю., Євдоченко О. С. Формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків у процесі професійної підготовки в закладі вищої освіти. Проблеми хімії та сталого розвитку, № 3. 2022. С. 3-12.

4. 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, № 84. 2022. С. 146-151.

5. Багрій В. Н. Критерії та рівні сформованості професійних умінь майбутніх соціальних педагогів. Збірник наукових праць Хмельницького інституту соціальних технологій Університету «Україна», № 6. 2012. С. 10-14. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpkhist_2012_6_4 (дата звернення: 25.09.2024).

6. Блажко О. А., Блажко А. А. Реалізація компетентнісного підходу у процесі

професійної підготовки майбутнього вчителя хімії. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми, Вип. 48. 2017. С. 67-70.

7. Бучинська Т. В. Сутність та складові професійної компетентності персоналу в умовах конкуренції. Економічний аналіз: зб. наук. праць. Тернопіль: «Економічна думка», № 2. 2014. с. 228-233.

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ В УЧНІВ НА УРОКАХ ХІМІЇ ТА В ПОЗАКЛАСНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Чисніков Ілля Сергійович,
здобувач II курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєва Ольга Юрїївна,
доктор філософії з галузі Освіта/Педагогіка, доцент, avdeeva8909@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Авдєєв Сергій Володимирович,
старший викладач, avdeevsv@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Екологічна освіта як на уроках хімії, так і в позакласній діяльності є важливою складовою сучасного освітнього процесу, адже вона сприяє формуванню життєвої та соціальної компетентності учнів, підвищуючи їхню обізнаність про вплив хімічних процесів на навколишнє середовище та суспільство. Екологічна освіта допомагає виховувати відповідальне ставлення до природи та формувати навички, необхідні для прийняття екологічно обґрунтованих рішень.

На основі вище зазначеного нами визначено основні завдання **екологічної освіти на уроках хімії та в позакласній діяльності**:

1. формування екологічної свідомості – екологічна освіта дозволяє учням усвідомити, як різні хімічні речовини та процеси можуть впливати на довкілля, здоров'я людини та екосистеми. Таким чином, здобувачі освіти розуміють взаємозв'язок між природними і штучними процесами, навчаються аналізувати вплив діяльності людини на природу та робити висновки щодо необхідності відповідального ставлення до природних ресурсів;

2. розвиток життєвих компетенцій – завдяки вивченню хімії в екологічному контексті, учні здобувають знання і навички, які можуть застосовувати в повсякденному житті, наприклад, при виборі екологічно безпечних товарів, сортуванні сміття, енергозбереженні тощо. Формуються практичні навички, які учні можуть використовувати для захисту навколишнього середовища та свого здоров'я;

3. формування соціальної відповідальності – вивчаючи хімію, здобувачі освіти дізнаються про соціальні аспекти екологічних проблем, такі як забруднення повітря, води, ґрунтів, вплив хімічних речовин на здоров'я людини. Учні розвивають здатність до співчуття та відповідального ставлення до навколишнього середовища та спільнот, що потерпають від екологічних проблем;

4. виховання екологічної грамотності – на уроках хімії учні знайомляться з поняттями екологічної безпеки, стійкого розвитку, вивчають небезпечні хімічні речовини та їхній вплив на природу. Це допомагає виховати екологічно грамотну особистість, яка розуміє, як впливають побутові та промислові хімічні відходи на планету і які заходи потрібні для збереження екосистем.

З метою формування відповідального ставлення та свідомого розуміння проблеми дослідження варто впроваджувати такі елементи екологічної освіти на уроках хімії: навчальні проєкти на екологічну тематику (дослідження якості води, аналіз складу повітря, оцінка шкідливих речовин у побутових засобах, проєкти з утилізації та сортування відходів тощо), завдяки чому учні на практиці зрозуміють, як хімічні речовини впливають на довкілля, отримують знання, які можна застосовувати у власному житті; обговорення актуальних екологічних проблем (дискусії на теми, пов'язані зі зміною клімату, забрудненням океанів пластиком, впливом агрохімії на ґрунти, виснаженням природних ресурсів, що формуватиме критичне мислення, стимулюватиме учнів до пошуку шляхів

вирішення екологічних питань і виховання особистої відповідальності; виконання лабораторних робіт із екологічним контекстом (визначення кислотності ґрунту, аналізу води, дослідження біорозкладності матеріалів, тестування ефективності фільтрів для очищення повітря). Проведення таких хімічних експериментів дозволить учням наочно побачити наслідки хімічних процесів для природи, що підвищить зацікавленість і мотивацію; *розробка екологічних кейсів та задач* (складання плану зменшення відходів на шкільній території, розробка проєкту з економії ресурсів, пошук рішень для мінімізації використання пластику), що розвиватиме в учнів аналітичні здібності та здатність шукати рішення для реальних екологічних викликів, формуватиме навички командної роботи; організація екологічних акцій та заходів (акції з висаджування дерев, прибирання території, збір батарейок і макулатури, дні без поліетиленових пакетів тощо). Така діяльність формує в учнів почуття причетності до збереження природи, закріплює знання про утилізацію відходів та екоактивізм.

Отже, екологічна освіта сприяє вихованню в учнів почуття соціальної відповідальності та потребу співпрацювати з іншими задля досягнення спільної мети. Впровадження екологічної освіти на уроках хімії та в позакласній діяльності є важливою умовою для формування життєвої та соціальної компетентності учнів. Такий підхід не тільки дає знання про хімічні процеси, але й виховує екологічно свідомих, відповідальних громадян, які розуміють свою роль у збереженні довкілля і готові застосовувати власні знання для покращення світу.

1. Величко О. М. Методи і прийоми для реалізації компетентнісного підходу на уроках хімії. Тенденції і проблеми розвитку сучасної хімічної освіти: збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції. Івано-Франківськ, 2019. 232 с.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

		B
Bondarchuk S. V.	84, 88	
		D
Dzhavadov T. A.	84	
		G
Gaidai O V.	52	
Goddard A. D.	87	
Gumenna M.	90	
		K
Kryvokhina M. B.	52	
		L
Laguta A.	86, 87, 90	
Lukaniuk L.	134	
		M
Mykytyn I.	134	
		N
Naumenko K.	133	
		P
Prokipchuk I.	134	
		R
Ronco-Campaña A	87	
		S
Stryutsky O.	90	
		T
Torhalo P. S.	88	
		Z
Zhykhareva A.	90	
		A
Авдєєв С. В.	179, 188, 201, 228, 240	
Авдєєва О. Ю.	19, 30, 136, 137, 142, 144, 145, 148, 150, 152, 162, 164, 168, 170, 184, 186, 188, 194, 196, 201, 203, 210, 212, 214, 216, 218, 221, 226, 228, 230, 235, 240	
Авраменко Ю. Ю.	39, 184	
Анічкіна О. В.	190, 192, 198, 205, 207, 223	
		Б
Барановська Т. Г.	13	
Барбалат Д. О.	60	
Барладян Д. В.	40	
Басюк В. О.	34, 104	
Бідовська К. В.	136	
Блашко Н. М.	14	
Блищик М. О.	91, 186	
Большаніна С. Б.	153, 181	
Бродарська А. В.	48	
Бурківська І. В.	93, 188	
Бурлачук А. Р.	68	
Бутова К. Д.	61, 68	
		B
Ванельчук І. М.	95	

Варваренко С. М.	55
Варчук Д. Я.	55
Вигівська К. Р.	137
Віленський В. О.	97, 106, 160
Вініченко А. І.	41
Вовченко М. М.	17, 194

Г

Галатонов В. І.	139
Галушко Ю. М.	19, 140
Гоменюк В. В.	21
Горобей К. М.	57
Горпинюк А. О.	59
Гошовець К. В.	190
Груздюк К. В.	190
Гузенко О. М.	40, 48

Д

Давидчук Р. В.	142
Даценко В. В.	24
Демчук А. В.	43
Денисюк Р. О.	17, 29, 32, 34, 46, 91, 93, 95, 97, 99, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 128, 130, 140, 155, 166, 172, 175
Диченко Т. В.	70
Довбня А. І.	104
Дьоміна О. О.	60
Дяченко О. Д.	59

Є

Євдоченко О. С.	46, 95, 102, 112, 114, 118, 120, 124, 128, 155, 157, 233
Єременко І. О.	144

Ж

Жуковецька О. М.	40
Жураховський І. С.	61

З

Заблоцький О. Я.	97
Забродський І. О.	145
Зав'язун С. А.	99, 148
Зозуля В. П.	100, 150

І

Іванченко М. В.	36
-----------------	----

К

Камінський О. М.	17, 32, 34, 46, 91, 93, 95, 97, 99, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 140, 155, 166, 172, 175
Канівець І. С.	81
Капаціла С. М.	63
Качан В. Ю.	102, 104
Киричук Ю. Т.	66
Кичкирук О. Ю.	27, 39, 44
Корнійчук С. В.	44
Костенко Н. С.	152
Костиціна А. М.	106, 196
Котляр С. С.	198
Крижанівська В. В.	108, 201
Крупська А. М.	153

Кусяк Н. В. 13, 28

Л

Лакізіюк Д. С. 155
Левченко В. Д. 76
Лисенко О. В. 21
Листван В. В. 57, 71
Литвинчук А. П. 110, 203
Ліщук М. П. 205
Лук'яненко В. В. 68

М

Мартинюк С. П. 112
Марчук О. В. 14
Мельничук О. А. 207
Мординський І. С. 114
Муха А. М. 24

Н

Невмержицька Г. В. 116
Носова Н. Г. 79
Нюкало В. О. 104

О

Олексюк О. Ю. 118
Ольховик А. В. 70
Омельчук А. Олек. 27
Омельчук А. Опан. 21
Оникійчук О. В. 157, 210
Осокін Є. С. 36

П

Павлюк О. О. 160, 212
Панасюк Д. Ю. 34, 46, 97, 99, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 155
Панченко Т. В. 120, 214
Писаренко С. В. 17, 32, 46, 91, 93, 95, 97, 99, 100, 102, 106, 108, 110, 112, 114, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 155, 166
Подоляк У. О. 28, 162
Поліщук О. А. 71, 164
Пономарьов О. М. 41
Пономарьова Л. М. 41, 49
Порхун Л. В. 29, 216
Прокопенко В. С. 122, 218
Пшеничний Р. М. 21

Р

Радченко О. І. 73
Расць В. В. 221, 223
Рацук М. Є. 139
Романишина Л. М. 108, 237

С

Савченко А. С. 46
Салеба Л. В. 81
Самарик В. Я. 63, 177
Свиридюк А. В. 126, 166, 226
Свиридюк К. П. 95, 112, 118

Севрук Є. С.	124	
Сергійчук О. О.	168	
Снігур Д. В. (Snigur D.)	40, 43, 48, 60, 133	
Снігур К. В.	48	
Старко І. Ю.	31	
		Т
Тарас Р. С.	66	
Татарчук Т. Р.	31	
Тетерук І. В.	32	
Тітов Ю. О.	46, 91, 95, 112, 114, 122, 124, 128, 130, 155	
Ткаченко К. Є.	76	
Томашик В. М.	17, 29, 32, 93, 102, 140	
		У
Усік О. А.	78	
		Ф
Фокін А. А.	76	
		Х
Хімчик О. С.	128, 170	
Ходюк О. В.	130, 228	
Хом'як М. О.	233	
Хоменко Л. В.	230	
Храмченко К. Р.	235, 237	
		Ц
Цикунков С. С.	79	
Чайка М. В.	17, 27, 29, 32, 34, 46, 93, 95, 97, 99, 100, 102, 104, 106, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 124, 126, 128, 140, 155, 166, 172, 175	
Чайка Ю. Ю.	172, 175	
Черкас Ю. В.	177	
Чисніков І. С.	240	
Чумак В. В.	110, 126, 166	
		Ш
Шаран Т. О.	179	
Шокаленко О. В.	181	
		Щ
Щербакова Т. М.	60	
		Ю
Юрова Т. А.	81	
		Я
Якименко Д. Р.	49	
Яновська Г. О.	73	
Ясько Г. В.	36	