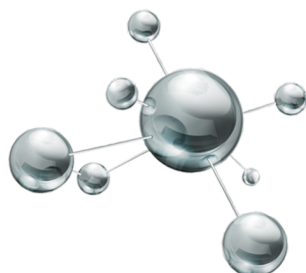


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ”  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА  
ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО  
ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ НАН УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ХІМІЇ ПОВЕРХНІ НАН УКРАЇНИ



## IV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ



**АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ ХІМІЇ:  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**ЖИТОМИР  
2020**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ”  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА  
ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО  
ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ НАН УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ХІМІЇ ПОВЕРХНІ НАН УКРАЇНИ

## *IV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ*

**«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ ХІМІЇ:  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ»  
ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**



**29 квітня 2020 р.**

**м. Житомир**

**Житомир  
Видавець О. О. Євенок  
2020**

УДК 061 54(06)  
ББК Гя431  
А 43

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Житомирського державного університету імені Івана Франка (протокол № 4 від 30 квітня 2020 року).*

*Посвідчення про реєстрацію в УкрІНТЕІ № 79 від 12 лютого 2020 р.*

**Всеукраїнська наукова конференція «Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи» (29 квітня 2020 року).**

Матеріали конференції. – Житомир: Видавець О. О. Євенок, 2020. – 288 с., іл.

ISBN 978-966-995-085-7

Збірник містить тези доповідей, у яких викладені результати наукових досліджень у галузях неорганічної та фізичної хімії, матеріалознавства та нанотехнологій, аналітичної хімії та хімії навколишнього середовища, хімії органічних та високомолекулярних сполук, теорії та методики навчання хімії. Дослідження виконані у навчальних закладах та наукових установах України, Республіки Білорусь, Словаччини, Франції, Польщі, Казахстану, Туреччини, Бразилії та Португалії. Матеріали друкуються в авторській редакції.

#### **Співорганізатори конференції:**

Національний університет "Києво-Могилянська академія"

Донецький національний університет ім. В. Стуса

Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України

#### **Підтримка конференції:**

ТОВ «УкрХімАналіз»

#### **Редакційна колегія:**

*В.В.Листван*

*Н.В.Кусяк*

*О.Ю.Кичкирук*

*О.В.Анічкіна*

#### **Рецензенти збірника:**

*Бойчук Ірина Дмитрівна* – кандидат педагогічних наук, директор КЗВО Житомирського базового фармацевтичного коледжу Житомирської обласної ради

*Дорохов Віктор Іванович* - кандидат хімічних наук, доцент Поліського національного університету

*Чумак Володимир Валентинович* - кандидат хімічних наук, проректор з навчально-методичної та виховної роботи ЖДУ імені Івана Франка

#### **Адреса редколегії:**

10008, м. Житомир, вул. Пушкінська, 42,

природничий факультет Житомирського державного університету

імені Івана Франка.

ISBN 978-966-995-085-7

©Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2020

© Видавець О. О. Євенок, видання, 2020

# ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

## Науковий комітет конференції

<i>Киричук Галина Євгеніївна</i>	ректор ЖДУ імені Івана Франка, д.б.н., проф., ( <i>голова</i> );
<i>Анічкіна Олена Василівна</i>	завідувач кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.п.н., доц.;
<i>Боцян Тетяна Вікторівна</i>	проректор з наукової і міжнародної роботи ЖДУ імені Івана Франка, к.е.н., доц.;
<i>Вакулюк Поліна Василівна</i>	заступник декана факультету природничих наук, доцент кафедри хімії НаУКМА, д.т.н., доц.;
<i>Гетьман Євген Іванович</i>	старший науковий співробітник науково-дослідної частини ДонНУ імені Василя Стуса, д.х.н., проф.;
<i>Голуб Олександр Андрійович</i>	декан факультету природничих наук НаУКМА, д.х.н., проф.;
<i>Горбик Петро Петрович</i>	зав. відділу наноматеріалів Інституту хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України, д.ф.-м.н., проф.;
<i>Жильцова Світлана Віталіївна</i>	в.о. завідувача кафедри біофізичної хімії і нанобіотехнологій факультету хімії, біології і біотехнологій ДонНУ імені Василя Стуса, к.х.н., доц.;
<i>Картель Микола Тимофійович</i>	директор Інституту хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України, д.х.н., проф., акад. НАН України;
<i>Кусяк Наталія Володимирівна</i>	доцент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Листван Віталій Володимирович</i>	доцент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Мінаєв Борис Пилипович</i>	завідувач кафедри хімії та наноматеріалознавства ЧНУ імені Богдана Хмельницького, д.х.н, проф.;
<i>Розанцев Георгій Михайлович</i>	завідувач кафедри неорганічної, органічної та аналітичної хімії факультету хімії, біології і біотехнологій ДонНУ імені Василя Стуса, д.х.н., проф.;
<i>Романюк Руслана Костянтинівна</i>	декан природничого факультету, к.б.н., доц.;
<i>Томашик Василь Миколайович</i>	завідувач відділу хімії напівпровідників, вчений секретар Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, д.х.н., проф.;
<i>Туров Володимир Всеволодович</i>	зав. відділу біомедичних проблем поверхні Інституту хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України, д.х.н., проф., чл.-кор. НАН;
<i>Тьортих Валентин Анатолійович</i>	зав. відділу хемосорбції та гібридних матеріалів Інституту хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України, д.х.н., проф.;
<i>Чеканов Максим Олександрович</i>	старший науковий співробітник відділу біомедичної хімії Інституту молекулярної біології і генетики Національної академії наук України, к.х.н.;
<i>Чумак Володимир Валентинович</i>	проректор з навчально-методичної та виховної роботи ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н., доц.;
<i>Шендрик Олександр Миколайович</i>	декан факультету хімії, біології і біотехнологій, професор кафедри біофізичної хімії і нанобіотехнологій ДонНУ імені Василя Стуса, д.х.н., проф.



**Локальний організаційний комітет**  
**Житомирського державного університету імені Івана Франка**

<i>Киричук Галина Євгеніївна</i>	ректор ЖДУ імені Івана Франка, д.біол.н., проф., ( <i>голова</i> );
<i>Чумак Володимир Валентинович</i>	проректор з навчально-методичної та виховної роботи ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н., доц.;
<i>Романюк Руслана Костянтинівна</i>	декан природничого факультету, к.б.н., доц.;
<i>Анічкіна Олена Василівна</i>	завідувач кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.п.н.;
<i>Авдєєва Ольга Юріївна</i>	асистент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка;
<i>Денисюк Роман Олександрович</i>	доцент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Камінський Олександр Миколайович</i>	ст.викладач кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Кичкирук Ольга Юріївна</i>	доцент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Кондратенко Олена Улянівна</i>	асистент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка;
<i>Коцюк Лариса Петрівна</i>	лаборант кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка;
<i>Кусяк Наталія Володимирівна</i>	доцент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Кусяк Андрій Петрович</i>	ст.викладач кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Листван Віталій Володимирович</i>	доцент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Листван Володимир Миколайович</i>	доцент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;
<i>Матвієнко Олена Василівна</i>	ст.лаборант кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка;
<i>Тищенко Надія Петрівна</i>	лаборант кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка;
<i>Чайка Микола Володимирович</i>	асистент кафедри хімії ЖДУ імені Івана Франка, к.х.н.;

**АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**  
**ТА ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО**  
**СЕРЕДОВИЩА**

## **CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING WATER AND ITS IMPACT ON HUMAN HEALTH**

*Ponomarenko A.*

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

[ponomarenko.ann2000@gmail.com](mailto:ponomarenko.ann2000@gmail.com)

The methods used for the study are pH-metry, qualitative analysis, deposition method. In course of the study we used: drinking water from three sources of Bakhmach, laboratory equipment, reagents chemical cabinet of Bakhmach gymnasium. The study revealed the presence of ions. They can affect human health in such ways:

Calcium is a component of the blood coagulation system, an activator of a number of enzymes and hormones.

Magnesium normalizes the state of the nervous system, regulates calcium and cholesterol metabolism, as well as helps to reduce blood pressure.

Iron is involved in redox processes, stimulates intracellular metabolism. Carbon is a vital element of the human body.

Sulfate ions are a source of sulfur necessary for the synthesis of sulfur containing natural alpha amino acids.

Chlorine anions together with sodium and potassium ions play a major role in maintaining the constancy of the osmotic pressure of blood plasma, lymph and other fluids.

The presence of salts  $K^+$ ,  $Na^+$  makes it possible to withdraw from the body insoluble carbonates in the form of stones and sand in the kidneys and bladder, turning them into soluble (The value of macroelements for the human body, 2016).

All of these elements have a positive effect on the human body, but their excessive intake can lead to health problems. It is advisable to use water from different sources for drinking and necessarily after the consultation with your doctor. You need to drink well water to have strong teeth and bones. In addition, 45 metres water wells will help keep the cardiovascular system in appropriate condition. Soft water artesian wells of urban water supply will help reduce the risk of gallstone and kidney stone disease. According to the chemical composition of the city water supply and 45 metres wells can be used as a therapeutic and prophylactic.

1. Venetsky, S. (1986). Stories about metals 'metallurgy. 81. 121
2. Sukhan, V. (1996). Manual for applicants to higher education institutions. Lybid, 196.
3. Nazarov, T. (1987). Chemical experiment in school education. 200.

## **WATER PURIFICATION FROM OIL PRODUCTS**

*Ponomarenko A*

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

[ponomarenko.ann2000@gmail.com](mailto:ponomarenko.ann2000@gmail.com)

Oil is a particularly dangerous environmental pollutant. Water pollution (rivers, lakes, seas, oceans) invariably accompanies the extraction, transportation, processing and use of "black gold". Oil getting into the hydrosphere occurs in different ways.

**Mechanical cleaning**

Mechanical cleaning consists of sedimentation and subsequent filtration of contaminated water using oil traps, gas traps or a manual method. All of them are based on the ability of oil not to mix with water, but to create an oil stain. It is collected in plastic bags with subsequent disposal - burning. Mechanical cleaning can remove up to 75% of insoluble petroleum products. It is not enough for effective water purification. The main disadvantage of this method is the intake of water together with a thin oil film. It is possible to collect oil products well only with a thick layer, which happens only with large technological disasters.

## Chemical cleaning

### Active oxygen purification

Chemical cleaning implies the mandatory use of x, which are chemical impurities that react with petroleum products. During chemical reactions, a water-insoluble precipitate is formed, which is easily removed by mechanical filtration. The removal efficiency of soluble impurities is 25%, insoluble - 95%. Chemical cleaning is based on one of two methods:

- provoking the formation of an oil stain using emulsifiers emulsions from water and oil or surface-active substances (surfactants);
- absorption of oil products by adsorbents: alumina, aluminosilicates.

The second method is used during a local oil spill and has an efficiency of 98%.

### Physicochemical cleaning

Physicochemical treatment includes coagulation, adsorption, oxidation, extraction and other cleaning methods. The removal of finely divided dissolved impurities, as well as the decomposition of organic matter. For adsorption, fine particulate activated carbon is often taken. It is applied evenly on the stain, which prevents it from increasing. Oil mixed with water adheres to particles of coal and is easily removed. The mixture of coal and oil burns well, which facilitates further disposal.

Highly absorbent polyurethane foam is used. It incorporates 20 times more petroleum products than its own weight. Liquid paraffin is poured onto the oil slick. When hardened, it absorbs oil products and is easily removed mechanically. Reducing the toxicity and destruction of the biochemical composition of oil can be achieved using emulsifiers and surfactants. Oil goes into an emulsion and dissolves faster. Ferromagnetic powder FER-3 from iron oxide is effective in the fight against oil spills. The film acquires magnetic properties and is collected by a special trap. The method has technical and environmental advantages, but is not common due to the lack of wide distribution of special powders.

Laboratory studies were carried out with FER-3 powder. Sorting time was 5-15 minutes. Up to 80% of the oil film is removed. The formed large globules collect mechanically. Due to the fluidity of the suspension, it is restored by separation.

### Biological method

Biological treatment is the most common in the removal of petroleum products from water. Special microorganisms that eat oil are used. Today found more than 1 thousand simple organisms that feed on various hydrocarbons.

Oil is one of the most valuable minerals on Earth, representing the most valuable hydrocarbon feedstock. But the pollution of land and water by oil is a global environmental problem, which has not yet been completely resolved. However, if we approach this problem using modern methods of purifying water from oil and oil products, then the risk to the surrounding nature can be minimized.

1. Boca Raton. (2015). Fundamentals of environmental chemistry. Boca Raton: Author.
2. Therouix (2017). Laboratory manual of chemical and bacterial analysis of water and sewage. India: Author.
3. Kittano, Y. (2015). Geochemistry of water. New York: Author.

## **ВИЗНАЧЕННЯ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ФАРБИ ДЛЯ ВОЛОССЯ ЯК ПРИКЛАДНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ**

*Беркела П.О., Прибора Н.А*

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, м.Київ  
[pbopolina.pp38@gmail.com](mailto:pbopolina.pp38@gmail.com), [natapry@gmail.com](mailto:natapry@gmail.com)

Фарбування волосся – одна з найпопулярніших перукарських послуг. Причини змінити колір волосся різні – це і данина моді, і намагання освіжити образ, і маскування сивини. Проте, чи безпечна така маніпуляція замислюються не всі.

Відомо, що фарби для волосся бувають трьох типів: перманентні, напівперманентні і відтінкові. Існують також натуральні барвники. Перманентні фарби використовують частіше за інші, їх більше і вони найстійкіші. Основним компонентом є гідроген пероксид, який знищує натуральний пігмент. Ще одним компонентом є амоніак. Він допомагає фарбі глибше проникати в структуру волосся. Саме цей процес проникнення руйнує волосину, передусім сполуки, що відповідають за еластичність. Волосся стає сухим і більш крихким.

Деякі хімічні складники фарб, проникаючи крізь шкіру, можуть завдати шкодити здоров'ю всього організму. Наприклад, резорцин – компонент, який допомагає фарбі глибше проникати в волосся і бути більш стійкою, може спричиняти алергічну реакцію і подразнення шкіри. Рекомендація наносити фарбу на брудне волосся, а шкіру, що межує з ним попередньо по периметру намазувати жирним кремом або вазеліном, має на меті захист саме від резорцину.

Кам'яновугільна смола (Coal Tar) – обволікає волосину, формуючи захисний шар. Проте, це сильний алерген. Проникаючи в кров, він здатен порушувати роботу еритроцитів, пригнічуючи місцевий імунітет, і негативно впливати на нервову систему.

Плюмбум(II) ацетат (Lead Acetate) – компонент, що підвищує стійкість фарби, але також може шкодити здоров'ю. Ця канцерогенна речовина токсична для печінки, нервової системи і нирок. Також до складу фарб для волосся можуть входити сполуки інших важких металів, що є складовими деяких пігментів.

Дещо менше використовують напівперманентні (напівстійкі) фарби – це фарби без амоніаку.  $\text{NH}_3$  в них замінений на аміни і натрій бензоат. Проте, це не менш токсичні речовини, шкідливі не тільки для волосся, але і для всього організму – проникаючи в кров, вони впливають на місцевий імунітет, порушують функцію гемоглобіну і клітинне дихання. Ці хімічні речовини мають властивість накопичуватися на волоссі на тривалий час – від декількох тижнів до декількох років [1].

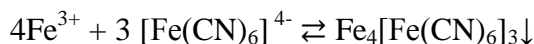
Враховуючи популярність фарбування волосся серед усіх вікових категорій населення дослідження якості складу фарб є актуальним та своєчасним.

Для дослідження ми використали зразки фарб двох марок: L'Oreal та Syoss. Виконання хімічного аналізу з виявлення металічних елементів у складі фарб здійснювали методом напівмікроаналізу, використовуючи по 1 мл фарби. Аналіз виконували систематичним методом [2].

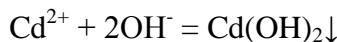
Оскільки досліджували фарби світло-бежевого та червоного кольорів, то передбачили, що до їх складу могли входити сполуки Барію, Кадмію(+2) та Феруму(+3) відповідно. Робота з розчинами фарб не дала результатів, тому експеримент продовжили, здійснивши сухе обзолнення.

Метод сухого обзолнення оснований на нагріванні органічних речовин до високої температури при доступі повітря. Сухе обзолнення проводили в порцелянових тиглях. Для руйнування органічних речовин за допомогою цього методу на дослідження брали відносно невеликі наважки (приблизно 1 г) фарб і нагрівали їх в тиглі до 300-400 °С. Подальше переведення йонів у розчини здійснювали за допомогою нітратної кислоти. Одержані розчини відфільтровували, кількісно переносили у мірні колби на 50,0 мл та доводили до позначки.

З метою виявлення у суміші  $\text{Fe}^{3+}$  до 0,5 мл розчину в пробірці додавали 2-3 краплі розчину калій гексаціаноферату(II)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , жовтої кров'яної солі. Відомо, що реакція є надзвичайно чутливою та може бути використана для виявлення йонів  $\text{Fe}^{3+}$  в суміші катіонів всіх інших аналітичних груп.

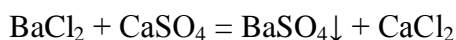


Утворення осаду синього кольору, «берлінської блакиті», не відбулося, що доводило відсутність  $\text{Fe}^{3+}$ . Для виявлення катіонів  $\text{Cd}^{2+}$  використовували  $\text{NaOH}$ , який осаджує катіон у вигляді гідроксиду, що є не розчинним у лугах, розчинний у кислотах і розчинний у амоніаку. До 0,5 мл розчину фарби додавали декілька крапель натрій гідроксиду, утворення осаду не спостерігали



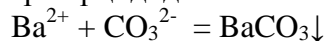
Отже, до складу червоної фарби для волосся сполуки Кадмію(+2) не входять, або входять в надзвичайно малій кількості.

Для виявлення катіонів  $\text{Ba}^{2+}$  використовували наступні реагенти: насичений розчин  $\text{CaSO}_4$  (гіпсова вода) та  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . До 0,5 мл розчину в пробірці додавали 2-3 краплі гіпсової води (насичений розчин  $\text{CaSO}_4$ ).



Утворення осаду білого кольору не спостерігалось.

Паралельно до 0,5 мл розчину в пробірці додавали 2-3 краплі  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :



Утворення осаду не спостерігали.

Таким чином зробили висновок, що до складу світло-бежевої фарби для волосся сполуки  $\text{Ba}^{2+}$  не входять.

Решти важких металів, що могли б міститись у складі пігментів, виявлено не було.

Отже, проведене дослідження показало, що до складу фарб для волосся сполуки важких металів входили в дуже малій кількості. Тому за умови дотримання правил використання цих перманентних фарб шкоди для здоров'я можна уникнути.

1. Олександр С. Фарба для волосся: союзник краси чи ворог здоров'я? (І частина) [Електронний ресурс] / Семьонов Олександр – Режим доступу до ресурсу: <https://hmarka.ua/uk/articles/farba-dlya-volossya-soyuznyk-krazy-chy-vorog-zdorovyua-i-chastyna/>.

2. Гождзінський С. М. Основи аналітичної хімії / С. М.Гождзінський, В.М.Зайцев, В. О. Калібабчук, Л. М. Рудковська. – К.: Вища школа, 2002. – 141 с.

## ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ҐРУНТІВ ПОБЛИЗУ ТЕС

Горенко Ю. В.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

[elinahobotova@gmail.com](mailto:elinahobotova@gmail.com)

За масштабами впливу на навколишнє середовище теплова енергетика посідає одне з перших місць. Викиди ТЕС, які утримують важкі метали (ВМ), в основному осідають на ґрунт. Саме в ґрунті зв'язуються ВМ як антропогенні забруднення.

Одним з найкрупніших забруднювачів навколишнього середовища в Харківській області є Зміївська ТЕС. Максимально-разові концентрації шкідливих речовин в атмосфері поблизу ТЕС перевищують граничнодопустиму концентрацію (ГДК) за золою в 5,4 рази. Додатковий внесок у забруднення атмосферного повітря вносить золовідвал ТЕС, з поверхні якого здувається 104,3 т/рік пилу, який осідає на ґрунт. Надходження важких металів (ВМ) із золовідвалу також можливо зі зливовим стоком.

**Мета дослідження** – визначення особливостей забруднення ВМ ґрунтів поблизу Зміївської ТЕС.

**Методика експерименту.** Концентрації ВМ у водній витяжці з ґрунтів визначали атомно-емісійним спектральним аналізом, атомно-абсорбційним аналізом та методом капілярного електрофорезу. Для визначення складу твердої неорганічної частини ґрунтів виконували рентгенофазовий аналіз. Завдяки послідовному аналізу ґрунтів були визначені такі малорозчинні сполуки у зразках:  $Zn_2V_2O_7$ ,  $Zn_3(VO_4)_2$ ,  $Zn(VO_3)_2$ ,  $Pb(VO_3)_2$ ,  $4PbO \cdot V_2O_5$ ,  $Pb_3(VO_4)_2$ ,  $PbCrO_4$ ,  $PbCr_2O_7$ ,  $SrCrO_4$ ,  $SrCr_2O_7$ ,  $Sr(VO_3)_2$ ,  $Ni_2V_2O_7$ .

**Результати дослідження.** Територія для дослідження вибрана з урахуванням різноманітних ґрунтів і відстані від Зміївської ТЕС. Дослідження проведеною термін 2017–2019 рр. Для досліджень були вибрані найбільш шкідливі ВМ, які є біологічно активними або належать до токсичних забруднювачів різного класу небезпеки, наприклад, до 1-го класу небезпеки відносяться Pb, Zn, Cd.

Кожний елемент у певних ґрунтових умовах утворює конкретні хімічні форми, що обумовлює їх рухливість або акумулювання у ґрунтах. З перелічених елементів Cr і V є рухливими у вигляді кисневмісних аніонів, а саме: залишків хромової кислоти і біхромат-іонів, ванадієвих кислот (мета-, орто- і пірованадатів), а також  $VO^{2+}$ , що і є формою надходження ванадію у рослини.

Рухливість металів визначається у будь-якому ґрунті значенням рН, оскільки катіонні форми більш рухливі у кислому середовищі, а аніоногени – у ґрунтах з підвищеним значенням рН. Тому цілком справедливо, що при переході з одного середовища в інше при дослідженні поведінки металів у ґрунтах важливим чинником є особисті хімічні властивості даного елемента. У таблиці 1 наведено показники концентрації певних хімічних елементів на різних місцевостях долини р. Сіверський Донець, розташованих в радіусі 10 км від Зміївської ТЕС. Для амфотерного металу Al простежується пряма кореляція між вмістом елемента і величиною рН, що можливо пов'язати з появою аніонів  $AlO_2^-$  у лужному середовищі (табл. 1).

**Таблиця 1 – Вміст ВМ у ґрунтах (мг/кг) з різним рН**

№ тестової ділянки	Місце відбору зразка	рН	Fe	Si	Al	Zr
1	Центральні заплави	7,9	3,5	33	7,0	0,20
2	Притерасне пониження	6,6	2,5	30	0,7	0,05
3	Кучугури борової тераси	4,97	2,5	28	0,5	0,05
4	Підвищені ділянки центральної заплави	7,2	3,5	33	7,0	0,30
5	Знижені ділянки центральної заплави	7,8	3,5	33	6,5	0,50
6	Заболочені ділянки прируслової заплави	7,6	3,5	33	6,0	0,15
Кларкові значення вмісту елементів у ґрунтах, % [1]			3,8	33	7,13	0,03

Аналіз отриманих даних щодо вмісту ВМ у ґрунтах на території впливу викидів Зміївської ТЕС показав, що найбільш розповсюдженими забруднювачами території району є Cu, Sr, Co, V, Cr (табл. 2). Рівень забруднення визначався при порівнянні отриманих результатів вмісту хімічних елементів з ГДК і кларковими значеннями вмісту хімічних елементів для ґрунтів. Таким чином, найбільш забрудненими є території, які розташовані у радіусі 10 км від ТЕС. Для визначення ступеня забрудненості використовували коефіцієнт поліементного забруднення

$$K_{ел} = \frac{C}{ГДК}.$$

Відповідно до отриманих результатів (табл. 2) всі ґрунти поблизу ТЕС відносяться до сильно забруднених, бо згідно з класифікацією [2, 3] максимальні значення  $K_{ел}$  знаходяться у межах 1,6–33,3. У наведеному ряді вказаний розкид значень  $K_{ел}$ , а в дужках

**Таблиця 2 – Вміст ВМ у ґрунтах в зоні впливу Зміївської ТЕС, мг/кг**

Номер тестової ділянки	Місце відбору зразка (відстань від джерела викиду, км)	Cd	Cu	Sr	Co	Zn	V	Ni	Cr	Pb
7	сmt. Слобожанське (1)	< 5	35	300	8	140	60	4	200	35
8	Ділянка поблизу ТЕС (0,3–0,5)	< 3	10	200	30	20	280	30	100	30
9	Городи біля сmt. Слобожанське (1,8)	< 3	20	100	30	30	300	40	10	30
10	Поле ст. Овочева (2)	< 3	20	200	30	30	300	30	80	20
11	Поля с. Благодатне (10)	< 3	30	50	30	100	300	50	100	30
12	Поля хоз. Шебелінське (с. Донець) (3,5)	< 3	20	100	30	50	280	30	100	30
13	Дім відпочинку (> 8 км):									
	підвищені ділянки центральної заплави	3	14	50	5	12	20	6	14	12
	ділянки прируслової заплави	4	25	250	16	35	100	30	90	14
	кучугури борової тераси	3	30	100	6	30	50	15	25	10
14	с. Гиніївка (> 11 км):									
	знижені ділянки центральної заплави	4	30	300	10	27	70	40	100	17
	вирівняна ділянка центральної заплави	4	50	50	8	50	70	30	100	10
	заболочена стариця на прируслової заплаві	4	50	80	7	50	32	27	70	14
15	с. Зідьки (15,5)	< 5	6	30	2,5	90	7	4	10	6
16	с. Таранівка (30)	< 5	16	100	4	50	30	7	30	50
17	м. Зміїв (18)	< 5	20	30	2,5	140	10	6	20	9
18	с. Борова (28)	< 5	20	110	8	50	80	12	70	14
Клас небезпеки по впливу на живі організми [4]		1	2	3	2	1	3	2	2	1
ГДК у ґрунті, мг/кг [4]		0,5	3	–	5	23	150	4	6	32
Кларкові значення вмісту хімічних елементів у ґрунтах [1], мг/кг		0,5	20	300	8	50	500	40	200	10

значення  $K_{ел}$  на відстані 10 км від Зміївської ТЕС: V 0,05–2 (0,13); Co 0,5–6 (1); Cu 2–16,7 (4,7); Ni 1–12,5 (1,5); Pb 0,2–1,6 (0,38);  $Pb_{рухлив.}$  1–8,3 (2); Cr 1,7–33,3 (0,43); Zn 0,5–6 (0,52). Таким чином, на відстані 10 км ґрунт є сильнозабрудненим за міддю та рухливою формою свинцю. За Co і Ni він є середньозабрудненим, за іншими металами рівень забруднення ще менший. Однак сумарний рівень забруднення на відстані 10 км дуже великий.

Концентрації ВМ залежать від типу ґрунтів у басейні р. Сіверський Донець. На лівобережжі наявні ґрунти з високою гумусністю: високобуферні ґрунти – чорноземи звичайні середньогумусні, чорноземи типові середньогумусні глинисті, чорноземи глибокі залишково солонцюваті (на одно- та дулесовій терасах); а також низько буферні – дерново-, слабо- і середньопідзолисті піщані та глинисто-піщані та дерново-піщані під хвойними лісами (на боровій терасі) [5]. Чорноземи типові характеризуються високим вмістом органічної речовини і ступенем гуміфікації, низьким вмістом вільних гумінових кислот і високим вмістом кислот, пов'язаних з Ca. В таблиці 2 лівому берегу відповідають тестові ділянки 7–14, правому берегу – (15–18). На правобережжі наявні високобуферні ґрунти: середньо- і важкосуглинкові та глинисті, темно сірі і сірі опідзолені, чорноземи звичайні середньогумусні (на вододілі), ілучні і лучно-чорноземні глибоко солонцюваті (на заплаві) [5]. Чорноземно-лугові ґрунти відрізняються від чорноземів типових меншим запасом гумусу і ступенем гуміфікації, більш високим вмістом вільних гумінових кислот і більш низьким вмістом гумінових кислот, пов'язаних з кальцієм.

Аналіз отриманих даних (табл. 2) показує, що в ґрунтах з високою гумусністю і здатністю утворювати комплекси з іонами металів (тестові ділянки 1–8) максимальні значення концентрацій ВМ вище і ширше розкид концентрацій. Це відноситься до всіх ВМ



за винятком Pd, Zn і Cd. В останньому випадку концентрації металу дуже малі. Zn – єдиний метал, максимальне накопичення якого не змінюється по дослідженій території басейну р. Сіверський Донець. Мало залежать від виду ґрунтів максимальні концентрації Pd і Ni. Закономірності накопичення хімічних елементів можна характеризувати акумулятивними рядами за максимальними значеннями концентрації елементу у ґрунті і  $K_{ел}$  [3]. Для лівобережних тестових ділянок басейну р. Сіверський Донець акумулятивний ряд за максимальною концентрацією металу виглядає наступним чином: Sr, V > Cr > Zn > Cu, Ni > Pb > Co > Cd; для правобережних ділянок: Zn > Sr > V > Cr > Pb > Ni > Cu > Co > Cd. Акумулятивні ряди за максимальним значенням  $K_{ел}$  характеризують здатність ґрунтів депонувати іони металів. Коефіцієнт поліементного забруднення можливо використовувати не тільки для ВМ, які відносяться до I класу небезпеки, але і для ВМ II і III класів небезпеки, так як їх максимальний вміст у ґрунті перевищує ГДК. Для ґрунтів лівого берега акумулятивний ряд наступний: Cu > Zn, Co > Pb > Ni > Cr > V; для правого берега: Cu > Zn > Pb > Co > Ni > Cr > V. Таким чином, ґрунти басейна р. Сіверський Донець більшою мірою утримують Cu, Zn і Pb.

1. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов: монографія. Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2013. – 380 с.

2. Гуменюк Г. В., Чень І. Б., Зіньковська Н. Г. Особливості накопичення важких металів у гідроекосистемі р. Саксагань (м. Кривий Ріг) // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. – 2018. – Вип. 2(73). – С. 118–122.

3. Некос А. Н., Холін Ю. В. Трофогеографія: теорія і практика: монографія. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2015. – 296 с.

4. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Ґрунт, очистка населених місць, побутові та промислові відходи, санітарна охорона ґрунту. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. К., 1999. – 31 с.

5. Балюк С. А. Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб. Харків, 2010. – Кн. 1. – 203 с.

## **SMART-АНАЛІЗ ЯК ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВОДИ**

*Данилюк Н.В., Татарчук Т.Р.*

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім.В.Стефаника»,

[danyliuk.nazariy@gmail.com](mailto:danyliuk.nazariy@gmail.com)

Аналіз речовин за допомогою смартфонів набув популярності в області хімічного аналізу в останні десятиліття, тому що він простий у використанні, компактний і не потребує додаткового високовартісного обладнання. Революція персонального комп'ютера дала багато корисних інструментів для студентів та вчених у різних галузях науки. Поява ж смартфонів стала ключовим етапом розвитку технологічної еволюції нашого часу. На сьогодні це один з найбільш розповсюджених технологічних об'єктів у всьому світі. Те, на що колись відводилися цілі кімнати і навіть будівлі, тепер може розміщуватися в кишені, даючи кожній людині можливість отримати доступ до великої кількості інформації. Ця технологія ще не досягла своєї еволюційної вершини. Впровадження інновацій дає все більше можливостей для вдосконалення хімічного аналізу та покращення контролю навколишнього середовища. Перевірка якості води також є однією з ключових проблем і потребує вирішення, особливо у випадку питної води.

Звичайні лабораторні методи аналізу води, такі як високоефективна рідинна хроматографія (ВРХ) та газова хроматографія (ГХ), є трудомісткими, вимагають дорогого обладнання та потребують кваліфікованих працівників, що робить дані методи малодоступними. Для вирішення цих проблем існує гостра потреба у розробці портативних та економічно вигідних аналітичних пристроях для аналізу проб води, які можна використовувати у віддалених місцевостях.

З успіхом для аналізу речовин були введені мініатюризовані датчики такі, як мікрофлюїдні мікросхеми та сенсори на основі паперових тест-смужок, щоб подолати недоліки звичайних аналітичних пристроїв в аналізі питної води [1] та контролю якості харчових продуктів [2]. Незважаючи на те, що ці системи пропонують багато переваг, таких як висока швидкість проведення аналізу, низька вартість та зручність у користуванні, вони мають ряд недоліків, зокрема відсутність кількісної оцінки. Для цього, останні зусилля були спрямовані на розробку сенсорів на основі смартфонів для кількісного аналізу водних забруднювачів, особливо у сільських районах.

Метою даної роботи стала розробка портативного пристрою для аналізу води – колориметричним методом. Вміст вимірюваних показників в розчині визначається за інтенсивністю поглинання світла певної довжини хвилі. Пристрій проводить виміри на чотирьох різних довжинах хвилі: 450, 530, 600 і 800 нм, а також містить вбудоване програмне забезпечення, що дозволяє швидко і просто вимірювати шість показників якості води на відповідність санітарним нормам на питну воду. Концентрація реактивів та вбудоване програмне забезпечення аналізатора води розраховані на вимір величин параметрів, близьких до мінімальних зазначених в санітарних нормах (гранично допустимих концентрацій). Пристрій простий в роботі, за умови чіткого виконання досить простих інструкцій вимірювання можуть проводитися особами без хімічної освіти.

Розроблення програмного забезпечення дозволяє позбутися складних операційних етапів. Вбудовані датчики з власним живленням розроблені для автоматизації аналізу досліджуваних зразків. Крім того, комплекти реактивів усувають потреби в дорогому лабораторному обладнанні, а здатність багаторазового виявлення значно підвищує продуктивність аналізу. Для забезпечення надійних результатів програма надає можливість підтримувати синхронну передачу даних через систему Bluetooth. Інтеграція альтернативних джерел живлення, таких як сонячна енергія та акумулятори, також покращують роботу датчиків у сільських умовах із обмеженим джерелом живлення. Тому аналіз на основі смартфона - це перспективне поле з високим потенціалом для майбутніх наукових досліджень.

1. S. Sumriddetchkajorn, K. Chaitavon, Y. Intaravanne, Mobile-platform based colorimeter for monitoring chlorine concentration in water // *Sensors Actuators, B Chem.* – 2014. – 191. – С. 561–566. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.10.024>.

2. M. Vidal, R. Garcia-Arrona, A. Bordagaray, M. Ostra, G. Albizu, Simultaneous determination of color additives tartrazine and allura red in food products by digital image analysis // *Talanta.* – 2018. – 184. – С. 58–64. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2018.02.111>.

## ВЕРХ-ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНИХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ У ТАБЛЕТКАХ «ПЕНТАЛГІН ІС®»

*Єгорова А.В.<sup>1</sup>, Войтюк О.Д.<sup>2</sup>, Скрипинець Ю.В.<sup>1</sup>,  
Кашуцький С.М.<sup>2</sup>, Умецька І.В.<sup>2</sup>, Антонович В.П.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Фізико-хімічний інститут ім. О. В. Богатського НАН України,

<sup>2</sup> Товариство з додатковою відповідальністю «ІНТЕРХІМ»,

[yegorova@interchem.com.ua](mailto:yegorova@interchem.com.ua)

Виявлення активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ) в лікарських засобах є складним завданням і вимагає використання сучасних високоінформативних методів дослідження. Одним з найбільш потужних і універсальних способів визначення АФІ є метод високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ), що поєднує в собі селективне розділення досліджуваних сумішей і високу чутливість.

Методом ВЕРХ зі спектрофотометричним детектуванням розроблена методика визначення парацетамолу, кодеїну основи, кофеїну, метамізолу натрію моногідрату та фенобарбіталу в багатокомпонентному лікарському засобі ПЕНТАЛГІН ІС®, що випускається у вигляді таблеток. Лінійна залежність методу характеризує здатність отримання аналітичних сигналів, прямо пропорційних вмісту речовин, що визначаються, у випробовуваному зразку. Лінійність досліджували на модельних сумішах в діапазоні 70 – 130 % від нормованого вмісту. Склад препарату та інтервали лінійності представлені в таблиці.

Склад	Компонент	Інтервал лінійності, мг/мл
<i>Діючі речовини:</i>		
кодеїну фосфат гемігідрат      9,5 мг	кодеїну фосфат гемігідрат	0,0665 - 0,1235
фенобарбітал                      10 мг	фенобарбітал	0,07 - 0,13
метамізол натрію моногідрат    300 мг	метамізол натрію моногідрат	2,1 - 3,9
парацетамол                        200 мг	парацетамол	1,4 - 2,6
кофеїн                                 20 мг	кофеїн	0,14 - 0,26
<i>Допоміжні речовини:</i>		
крохмаль картопляний, желатин, кальцію стеарат	кофеїн-бензоат натрію	0,14 - 0,26

Експериментально встановлено оптимальні умови аналізу: тип сорбенту, геометрія колонки, склад елюенту та його градієнт, довжина хвилі і час детектування для - забезпечення виходу з колонки та селективного поділу всіх компонентів (рис. 1), мінімізації часу аналізу. Методика розроблена відповідно до методичних та метрологічних вимог [1] і валідована за наступними показниками: специфічність, лінійність, точність, внутрішньолабораторна прецизійність.

Визначення компонентів проводять хроматографуванням на рідинному хроматографі Agilent 1260 2D LC System з УФ-детектором (Infinity Series) за таких умов:

- колонка з нержавіючої сталі розміром 0,10 м x 4,6 мм, заповнена силікагелем для хроматографії октадецилсилільним (3,5 мкм);

- рухома фаза А: 800,0 мл розчину фосфорної кислоти (до 1000,0 мл води для хроматографії додають 2,0 мл фосфорної кислоти та перемішують) доводять до рН 5,6 триетиламіном (близько 3,4 мл), додають 200,0 мл метанолу та перемішують; рухома фаза В: метанол; використовують таку програму градієнта:

- швидкість рухомої фази: 2,0 мл/хв; температура колонки: 30 °С;

- детектування: за довжини хвилі 280 нм протягом перших 1,5 хв, за довжини хвилі 210 нм протягом наступних 1,25 хв, за довжини хвилі 280 нм протягом наступних 0,65 хв та за довжини хвилі 210 нм протягом наступних 1,6 хв; об'єм інжекції: 5 мкл.

Час (хв)	Рухома фаза А (% об/об)	Рухома фаза В (% об/об)
-0,5	100	0
0,5-5,0	100→30	0→70
Post time 1 хв.		

Послідовність виходу компонентів наступна: парацетамол, бензоат, кодеїн, кофеїн, метамізол, продукт розкладання метамізолу натрію моногідрату та фенобарбітал.

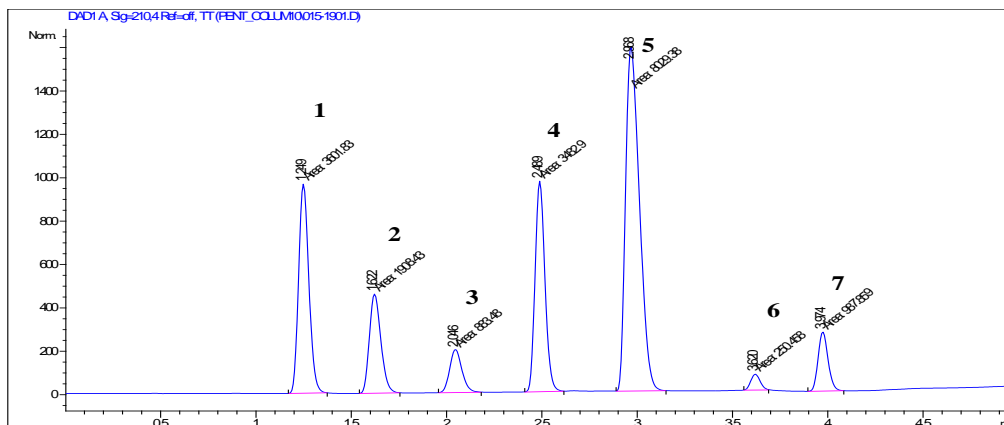


Рисунок 1 – Хроматограма випробовуваного розчину (1 – парацетамол, 2 – бензоат, 3 – кодеїн, 4 – кофеїн, 5 – метамізол, 6 – продукт розкладання метамізолу натрію моногідрату, 7 – фенобарбітал)

Хроматографічна система вважається придатною, якщо:

- ступінь розділення піків парацетамолу та бензоату на хроматограмі розчину порівняння становить не менше 2,0;
- відносне стандартне відхилення для площі піка парацетамолу (кодеїну, кофеїну, метамізолу та фенобарбіталу) на хроматограмах розчину порівняння відповідає вимогам ДФУ (2.2.46 N).

Для прикладу наведено лінійні залежності для визначення парацетамолу та кодеїну фосфату гемігідрату (рис. 2).

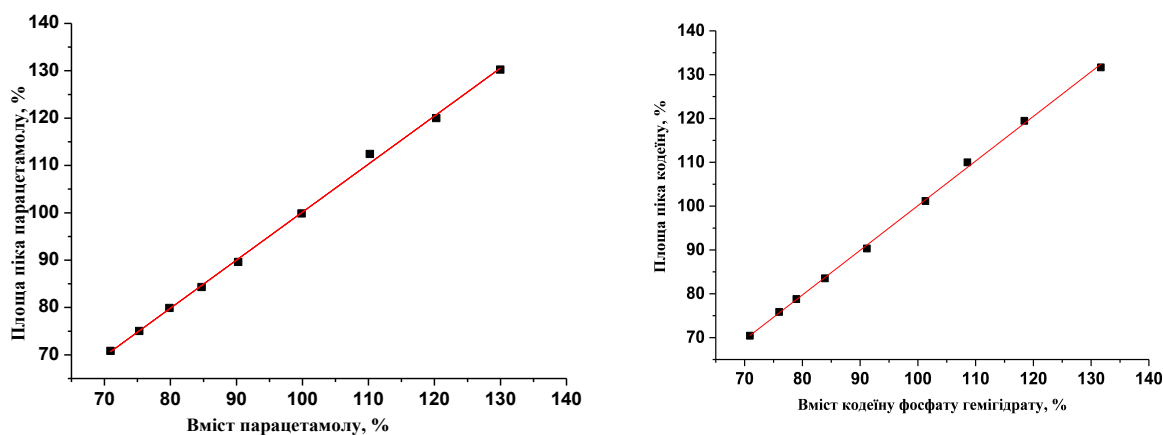


Рисунок 2 – Лінійні залежності площі піка від концентрації в нормалізованих координатах для визначення парацетамолу та кодеїну фосфату гемігідрату

1. Державна Фармакопея України: в 3 т./Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». – 2-е вид. – Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014 – 2015.

## ЕКСПЕРТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ $\alpha$ – ПІРОЛІДИНОВАЛЕРОФЕНОНУ ( $\alpha$ - PVP)

*Єрко Д.В.*

Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС, [d\\_yerko@ukr.net](mailto:d_yerko@ukr.net)

Упродовж останніх років в Україні відбувається зміна наркосцени, з'являються нові психоактивні речовини (НПР) з різними способами вживання.

За даними Європейського центру моніторингу за розповсюдженням наркотиків і наркоманії (EMCDDA), опублікованими в звіті за 2019 рік, синтетичні катинони є другою за чисельністю групою нових речовин, досліджуваних (EMCDDA) [2].

Піровалеронові катинони ( $\alpha$  - піролідинофенони) утворюють особливу підгрупу дизайнерських катинонів. Найпоширенішою речовиною цієї групи є 3,4-MDPV, яка вперше виявлена в Японії у 2007 році.

Однією з модифікацій хімічної будови 3,4 –MDPV є втрата 3,4-метилendioксигрупи, яка призвела до створення  $\alpha$  – PVP (як і інші піровалерони), зазвичай застосовується перорально, інтраназально, шляхом паління. Інші способи прийому включають внутрішньовенне або внутрішньом'язове введення, ректальне введення і ковтання за допомогою прийому всередину шляхом «бомбардування» (обгортанням дози порошку папером) [3].

Синтез  $\alpha$  – PVP починається з  $\alpha$  – галогенування валерофенону (1-фенілпентано-1-он), використовуючи бром. Утворюється 2-бром-1-фенілпентан-1-он. Потім його реакція з піролідином дає на виході  $\alpha$  – PVP [4].

Метою запропонованої роботи є розроблення оптимальної схеми дослідження  $\alpha$ -піролідиновалерофенону ( $\alpha$  – PVP).

З метою виявлення та ідентифікації в наданих на дослідження об'єктах  $\alpha$ -піролідиновалерофенону ( $\alpha$  – PVP) було проведено якісне хімічне дослідження, дослідження методами тонкошарової хроматографії та газорідної хроматографії.

### **Якісне хімічне дослідження**

Однією із найбільш прийнятних для виявлення синтетичних катинонів є реакція Циммермана [1], однак ідентифікувати  $\alpha$  – PVP вона не дозволяє (не відбувається зміни забарвлення розчинів). Шляхом експериментальних досліджень було встановлено, що для попереднього виявлення наявності  $\alpha$  – PVP можна застосовувати модифіковану реакцію з кобальт роданідом кобальту, у результаті якої утворюється синє забарвлення. Ця реакція є характерною також для кокаїну та деяких інших речовин, але в сукупності з характерними для  $\alpha$  – PVP морфологічними ознаками (консистенція, колір, специфічний запах) може бути застосована для виявлення  $\alpha$ -піролідиновалерофенону ( $\alpha$  – PVP).

### **Дослідження методом тонкошарової хроматографії**

Дослідження методом тонкошарової хроматографії проводили на хроматографічних пластинках «Sorbfil ПТСХ-АФ-А-УФ» у двох системах органічних розчинників:

- 1) толуол-ацетон-етанол-25 % водний розчин амоніаку (6:6:1:1),
- 2) етилацетат-метанол-25 % водний розчин амоніаку (8,5:1:0,5).

Отримані зони виявляли в УФ – світлі (254 нм) та потім послідовно проявляли 2 % розчином нінгідрину в ацетоні з нагріванням обробленої пластинки в сушильній шафі при 80 °С та реактивом Маркі. Забарвлена в пурпурний колір після проявлення розчином нінгідрину зона  $\alpha$  – PVP набувала жовто кольору при проявленні реактивом Маркі.

Розраховані значення величини хроматографічної рухливості (Rf)  $\alpha$  – PVP у системі № 1-0,88; у системі № 2 – 0,30.

### **Дослідження методом газорідної хроматографії**

Якісне дослідження проводили на газовому хроматографі «Shimadzu GCMS-QP 2020 NX» з мас-селективним детектором.

У результаті проведеного дослідження на хроматограмах досліджуваних зразків були виявлені піки, що збігаються за часом утримання та мас-спектром.

Кількісне визначення вмісту  $\alpha$  – PVP у досліджуваних зразках проводили на газовому хроматографі «Shimadzu GC-2010 Plus AF» з полум'яно – іонізаційним детектором методом абсолютного калібрування.

Запропонована схема дослідження за допомогою якісних реакцій, тонкошарової хроматографії та газорідної хроматографії дає змогу виявити та ідентифікувати  $\alpha$ -піролідиновалерофенон ( $\alpha$  – PVP) у зразках речовин, які надходять на дослідження. Цей підхід є ефективним та достовірним.

1. Рекомендуемые методы идентификации и анализа синтетических катинонов в изъятых материалах. Руководство для национальных лабораторий экспертизы наркотиков – ООН, Нью-Йорк, 2016. – URL: [https://www.unodc.org/documents/scientific/STNAR49 Synthetic Cathinones R.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/STNAR49_Synthetic_Cathinones_R.pdf).

2. The European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA): «The European Drug Report 2018» ISSN 2314-9086 – URL: [https://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2018\\_en](https://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2018_en).

3. The European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA): «Report on the risk assessment of 1-phenyl-2-(pyrrolidin-1-yl) pentan-1-one ( $\alpha$  – PVP) in the framework of the Council Decision on new psychoactive substances» ISSN 1725-4493. – URL: [https://www.emcdda.europa.eu/publications/risk-assessments/alpha-pvp\\_en](https://www.emcdda.europa.eu/publications/risk-assessments/alpha-pvp_en).

4. The European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA) – Europol. Joint Report on a new psychoactive substance: 1-phenyl-2-(1-pyrrolidinyl)-1-pentanone ( $\alpha$  – PVP) ISSN 1977-7868 – URL: [https://www.europol.europa.eu/publications-documents/emcdda-europol-joint-report-new-psychoactive-substance-1-phenyl-2-pyrrolidinyl-1-penthanone-  \$\alpha\$  – pvp](https://www.europol.europa.eu/publications-documents/emcdda-europol-joint-report-new-psychoactive-substance-1-phenyl-2-pyrrolidinyl-1-penthanone-<math>\alpha</math>-pvp).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАТИОННОГО КРАСИТЕЛЯ ПИРОНИНА G ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ЭКСТРАКЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

*Жилко В.В.<sup>1,2</sup>, Нехань Н.В.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет

<sup>2</sup>Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова  
Белорусского государственного университета

<sup>3</sup>Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка

[n.klimashevich@mail.ru](mailto:n.klimashevich@mail.ru)

Величина молярного коэффициента экстинкции Пиронина G в водной и органической фазах является одной из определяющих величин при количественных расчетах с участием красителя. Литературные данные о коэффициенте молярной экстинкции Пиронина G для фаз, используемых в наших работах отсутствуют. В связи с этим представляется необходимым максимально точно, с использованием независимых методик, определить величину коэффициента молярной экстинкции Пиронина G.

Для определения  $\epsilon$  – молярного коэффициента экстинкции нами был снят спектр Пиронина G в водной (pH = 11,25) и его ассоциата в органической фазах (Рисунок 1).

Как видно из рисунка, максимумы расположены при 525 и 510 нм соответственно.

Как уже упоминалось выше, величина молярного коэффициента экстинкции Пиронина G в органической фазе является ключевой при количественных расчетах с участием Пиронина G. В этой связи, в целях уменьшения систематической ошибки определения  $\epsilon$  ассоциата Пиронина G в органической фазе (5% об. н-октанола-1 в гептане) были использованы две различные методики определения. В первой была рассмотрена зависимость оптической плотности органической и водной фаз от количества введенной пальмитиновой кислоты при постоянной концентрации Пиронина. Во второй – зависимость

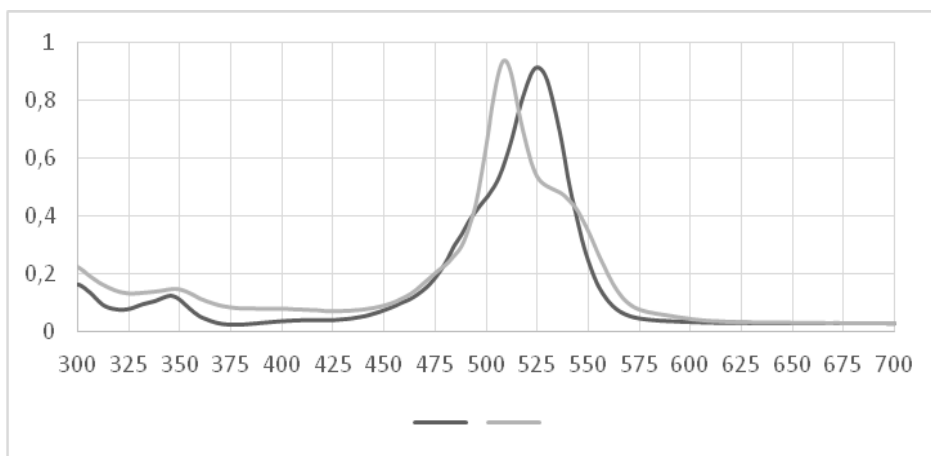


Рисунок 1. – Спектр ассоциата Пиронина G с пальмитиновой кислотой в гептане (содержит 5% об. октанола),  $C = 4,7 \cdot 10^{-4}$  М,  $l = 1$  см

оптической плотности гептановой фазы при изменяемом количестве введенного в нее н-октанола-1, но при постоянном количестве пальмитиновой кислоты и Пиронина G.

1. *Определение молярного коэффициента экстинкции Пиронина G при постоянной концентрации пальмитиновой кислоты и различных содержаниях Пиронина G (метод насыщения).*

В первом случае была изучена зависимость оптической плотности органической фазы от количества, введенного Пиронина G при постоянной концентрации пальмитиновой кислоты при pH водного раствора 11,25. Для этого в пять стеклянных пробирок с притертыми пробками к органической фазе, состоящей из  $5 \text{ см}^3$  5 % об. н-октанола в гептане и  $0,65 \text{ см}^3$   $4,05 \cdot 10^{-4}$  М раствора пальмитиновой кислоты в гептане, добавлялось  $4,35 \text{ см}^3$  водного раствора Пиронина G с концентрациями от  $2,94 \cdot 10^{-5}$  до  $9,4 \cdot 10^{-4}$  М при pH = 11,25. Затем экстракционная система перемешивалась в течение 5 мин. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, при достижении в водной фазе концентрации ПГ  $2,16 \cdot 10^{-4}$  М значения оптической плотности (данные оптических плотностей в таблице представлены с пересчетом на разбавления) выходят на плато.

Исходя из того, что по достижению определенной концентрации Пиронина G, очевидно, был достигнут полный перевод в органическую фазу пальмитиновой кислоты в форме ионного ассоциата с Пиронином G ( $C=4,05 \cdot 10^{-4}$  М). В соответствии с законом Бугера-Ламберта-Бера, для каждой из трех конечных концентраций Пиронина G (район плато (таблица 1)) мы получили близкие значения  $A_{\text{орг}}$  510 (молярного коэффициента экстинкции Пиронина G в органической фазе), равные  $5,3 (\pm 0,1) \cdot 10^4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ .

Таблица 1. – Зависимость оптической плотности органической фазы от количества, введенного Пиронина G при постоянной концентрации пальмитиновой кислоты ( $1,33 \cdot 10^{-4}$  М), значении pH водного раствора = 11,25,  $\lambda = 510$  нм,  $l = 1$  см

Введено ПГ в водную фазу, М	$A_{\text{орг}}$ , суммарная оптическая плотность	$A_{\text{хол}}$ , холостой опыт	$\Delta A_{\text{орг}}$ , с поправкой на холостой опыт	Расчётные значения $\epsilon_{510}^{\text{орг}}$
$2,7 \cdot 10^{-4}$	1,111	0,647	0,464	$5,37 \cdot 10^4$
$2,43 \cdot 10^{-4}$	0,987	0,536	0,451	$5,21 \cdot 10^4$
$2,16 \cdot 10^{-4}$	0,848	0,386	0,462	$5,34 \cdot 10^4$
$1,9 \cdot 10^{-4}$	0,714	0,344	0,37	-



2. *Определение молярного коэффициента экстинкции Пиронина G при постоянной концентрации Пиронина G и различных содержаниях ВКК.*

В первом случае была получена зависимость оптической плотности органической (5% об. н-октанола-1 в гептане) и водной фаз от количества введенной пальмитиновой кислоты при постоянной концентрации Пиронина G при значении pH водного раствора 11,25.

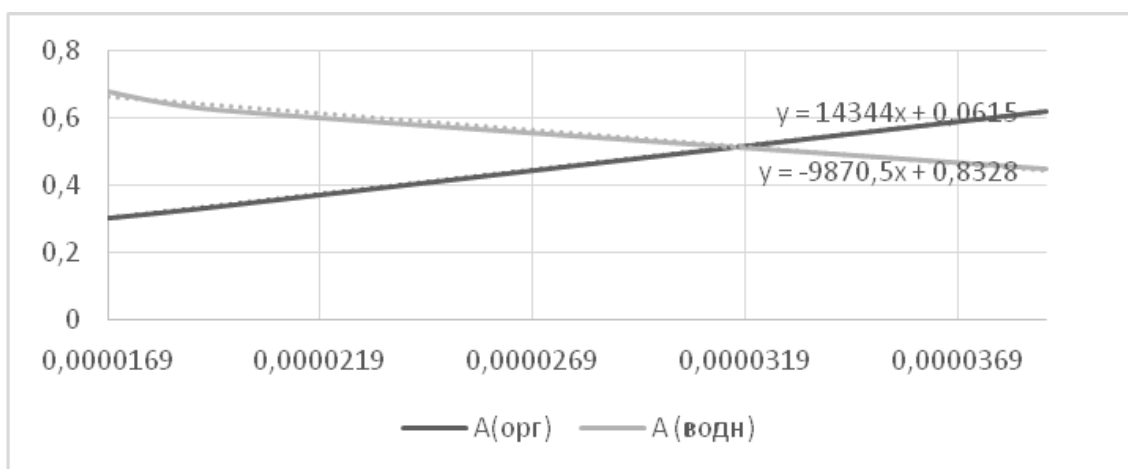


Рисунок 2. – Зависимость оптической плотности органической и водной фаз от количества введенной пальмитиновой кислоты при постоянной концентрации Пиронина G ( $4 \cdot 10^{-4}$  М) и значении pH водного раствора 11,25

Для этого в шесть стеклянных пробирок с притертыми пробками к  $5 \text{ см}^3$  водного раствора ПГ с концентрацией от  $4,0 \cdot 10^{-5}$  М при значении pH = 11,25 добавлялась органическая фаза, состоящая из  $4,35 \text{ см}^3$  5 % об. н-октанола в гептане и  $0,65 \text{ см}^3$  раствора пальмитиновой кислоты в гептане с концентрацией от  $1,3 \cdot 10^{-4}$  до  $3,0 \cdot 10^{-4}$  М. Затем экстракционная система перемешивалась в течение 5 мин. с последующим термостатированием в течение 5 мин. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

Зависимости оптических плотностей от введенного в органическую фазу количества кислоты аппроксимируются линейными уравнениями для водной и органической фаз соответственно. В результате расчетов  $\epsilon_{\text{водн}} = 3,65 \cdot 10^4 \text{ л} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$ .

Таким образом обнаружено, что Пиронин G имеет очень высокое значение молярного коэффициента экстинкции (в 1,5-2 раза больше сафранина Г и других катионных красителей), что является несомненным преимуществом по сравнению с другими красителями для применения в экстракционно-фотометрическом анализе.

## **ФЛЮОРЕСЦЕНТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗЧИНІВ РОДАМІНУ 6Ж ТА РОДАМІНУ С В ОРГАНІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ПАР**

*Кловак В.О. Куліченко С.А. Лелюшок С.О.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

[vikaklovak@ukr.net](mailto:vikaklovak@ukr.net)

Серед різних методів аналітичного детектування флюоресцентні методи відзначаються високою чутливістю та вибірковістю, що дозволяє проводити не лише визначення різноманітних речовин, а й отримувати інформацію щодо їх розподілу у живих клітинах [1]. В останні роки як супрамолекулярні середовища все частіше використовують поверхнево-активні речовини (ПАР) для проведення аналітичних реакцій. Використання міцелярних систем дає можливість збільшити квантові виходи, інтенсивність флюоресценції і, відповідно, знизити межі виявлення аналітів завдяки зміні їх фотофізичних характеристик та характеру мікрооточення [2].



Поверхнево-активні речовини широко використовують у багатьох сферах людської діяльності [3] та науці [4]. У зв'язку з цим, значні кількості ПАР потрапляють до природних водних систем, що потребує контролю їх концентрації в місцях локального застосування [5, 6]. Найбільш розповсюдженими серед них є аніонні поверхнево-активні речовини (АПАР) додецилсульфат і додецилбензолсульфонат натрію, що входять до складу більшості сучасних миючих засобів [7].

Як флюоресцентні реагенти у роботі використали катіонні барвники родамін 6Ж та родамін С, головними характеристиками яких є високі фотостабільність, коефіцієнт екстинції та квантовий вихід флюоресценції. Для створення організованого середовища використовували неіонну ПАР Triton X-100 (ТХ-100). Як аніонну ПАР використовували додецилсульфат натрію (ДДСН). Як катіонну ПАР (КПАР) використовували цетилпіридинію хлорид (ЦПХ).

Метою роботи є дослідження впливу ПАР різних типів на флюоресцентні характеристики розчинів родаміну 6Ж та родаміну С.

При дослідженні впливу кислотності на флюоресцентні характеристики барвників встановлено, що інтенсивність флюоресценції водних розчинів родаміну 6Ж та у присутності ЦПХ й ДДСН в усьому інтервалі рН змінюється мало. Додавання до розчину родаміну 6Ж неіонної ПАР знижує сигнал флюоресценції в усьому діапазоні рН. Для водних розчинів родаміну С та у присутності КПАР і АПАР в інтервалі рН=1-4 інтенсивність флюоресценції зростає, а при рН>4 – виходить на «плато». У присутності ТХ-100 інтенсивність сигналу розчинів барвника зростає у діапазоні рН=1-5, а при рН>5 досягається «плато». Виходячи з отриманих даних, подальші дослідження систем на основі родаміну 6Ж проводили при рН=4,0, а розчинів родаміну С – при рН=10,0.

У роботі дослідили вплив природи ПАР різних типів на флюоресцентні характеристики розчинів барвників. Так, встановлено, що в діапазоні концентрацій неіонної ПАР  $0-8,7 \cdot 10^{-3}$  моль/л спостерігається зменшення інтенсивності сигналу індивідуальних розчинів родаміну 6Ж, а при  $C_{\text{ТХ-100}} > 8,7 \cdot 10^{-3}$  моль/л досягається «плато». На противагу до цього, в інтервалі концентрацій НПАР  $0-2,6 \cdot 10^{-2}$  моль/л інтенсивність флюоресценції менш гідрофобного родаміну С зростає. При подальшому збільшенні вмісту ТХ-100 інтенсивність сигналу змінюється мало. При додаванні до водного розчину родаміну 6Ж катіонного цетилпіридиній хлориду в діапазоні концентрацій  $0-5,0 \cdot 10^{-4}$  моль/л інтенсивність флюоресценції змінюється мало. Подальше збільшення вмісту КПАР призводить до зменшення сигналу, що можна пояснити утворенням гідрофобних асоціатів барвник-КПАР, які обумовлюють концентраційне гасіння при концентрації КПАР більше критичної концентрації міцелоутворення. При  $C_{\text{ЦПХ}}=0-5,0 \cdot 10^{-4}$  моль/л інтенсивність флюоресценції розчинів родаміну С також змінюється мало. Разом з цим, подальше підвищення вмісту катіонної ПАР призводить до збільшення інтенсивності сигналу у міцелярних розчинах ЦПХ. При  $C_{\text{КПАР}} \geq 1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л інтенсивність змінюється мало.

Для водних систем барвник-АПАР встановлено зменшення інтенсивності флюоресценції розчинів родаміну 6Ж при додаванні додецилсульфату натрію в діапазоні концентрацій  $0-1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л. При подальшому збільшенні вмісту АПАР інтенсивність сигналу зростає і при  $C_{\text{ДДСН}} \geq 1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л – виходить на «плато». При додаванні до водного розчину родаміну С аніонного ДДСН в діапазоні концентрацій  $0-1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л інтенсивність флюоресценції змінюється мало. Подальше підвищення вмісту ДДСН призводить до збільшення інтенсивності сигналу асоціатів барвник-АПАР і при  $C_{\text{ДДСН}} \geq 5,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л досягається «плато».

Отримані дані показують можливість детектування вмісту аніонних ПАР у водах з родаміном 6Ж флюоресцентним методом. В інтервалі концентрацій ДДСН  $5 \cdot 10^{-6}-2,5 \cdot 10^{-4}$  моль/л залежність  $I=f(C_{\text{АПАР}})$  лінійна. Запропоновані умови були використані для визначення залишкового вмісту аніонної ПАР у водах відполіскування білизни. Тест є актуальним для оптимізації процедур прання білизни та оцінки залишків миючого засобу на білизні після його прання.

1. Demchenko A.P. Introduction to Fluorescence Sensing. – Springer Verlag, 2009. – 590 p.
2. Базель Я.Р., Антал И.П., Лавра В.М. и др. Методы определения анионных поверхностно-активных веществ // Журнал аналитической химии. – 2014. – 69, № 3. – С. 228–253.
3. Robert Lange K. Surfactants: A Practical Handbook. – Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 1999. – 237 p.
4. Jin W., Al-Dulaymi M., Badea I. et al. Cellular Uptake and Distribution of Gemini Surfactant Nanoparticles Used as Gene Delivery Agents // The AAPS Journal. – 2019. – 21, № 94. – 11 p.
5. Latif M.T., Wanfi L., Hanif N.M. et al. Composition and distribution of surfactants around Lake Chini, Malaysia // Environ. Monit. Assess. – 2012. – 184, № 3. – P. 1325–1334.
6. Hampel M., Mauffret A., Pazdro K. et al. Anionic surfactant linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in sediments from the Gulf of Gdańsk (southern Baltic Sea, Poland) and its environmental implications // Environ. Monit. Assess. – 2012. – 184, № 10. – P. 6013–6023.
7. Waldhoff H., Spilker R. Handbook of detergents. Part C: Analysis. – CRC Press Book, 2004. – 654 p.

## МОНО- ТА БІФУНКЦІОНАЛЬНІ МЕЗОПОРИСТІ КРЕМНЕЗЕМИ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Кобилінська Н.Г.<sup>1</sup>, Дударко О.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, Україна, 01601

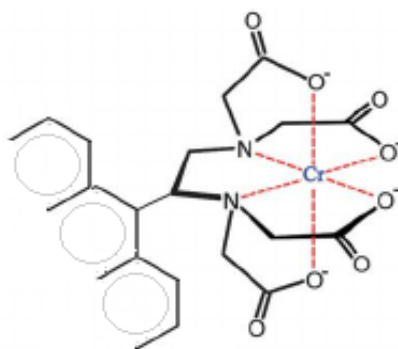
<sup>2</sup>Інститут хімії поверхні Чуйко НАН України, вул. Генерала Наумова, 17, Київ, 03164, Україна, [odudarko80@gmail.com](mailto:odudarko80@gmail.com)

В умовах активної антропогенної діяльності забруднення водних об'єктів важкими металами на фоні макрокілокостей життєво необхідних елементів стало особливо гострою проблемою. Основним джерелом надходження в водні екосистеми іонів важких металів являються стічні промислові води (Рис. 1).

<b>Хром (Cr)</b>	• Гірничодобувна промисловість, гальваніка, пестициди, шкіряні заводи
<b>Мідь (Cu)</b>	• Гірнична справа, гальваніка, пестициди
<b>Свинець (Pb)</b>	• Гірничодобувна промисловість, пестициди, фарби, автомобільні викиди, спалювання вугілля
<b>Марганець (Mn)</b>	• Зварювання, добавки до пального, виробництво феромарганцю
<b>Ртуть (Hg)</b>	• Пестициди, батареї, паперова промисловість
<b>Нікель (Ni)</b>	• Електрозварювання, виробництво цинку, батареї
<b>Цинк (Zn)</b>	• НПЗ, виробництво латуні, фарби, металообробка

**Рис. 1.** Основні джерела забруднення природних вод іонами важких металів [1].

Особливістю моніторингу вмісту металів у таких об'єктах є забезпечення визначення мікрокількостей одних металів в присутності макрокількостей інших. Наприклад, Хром зустрічається у навколишньому середовищі зазвичай у формі Cr(III) та Cr(VI), які мають досить різні хімічні властивості. Так, тривалентний хром є важливим мікроелементом в дієті людини та тварин, оскільки є важливою ланкою в метаболізмі глюкози й рекомендований щоденний прийом для дорослих становить 200 мкг. Найзначніший негативний вплив на здоров'я людини демонструють сполуки Cr(VI), які призводять до гостих захворювань шкіри, дихальних шляхів і є канцерогенними. Cr(VI) може бути перетворений на Cr(III) і навпаки залежно від рН, наявності окислювальних і відновлюючих сполук, окислювально-відновного потенціалу і т.д. Сполуки Cr(VI) утворюється переважно як результат промислового виробництва сталей (металургія), які в промислових водах поєднуються з іонами перехідних металів ( $ZnCrO_4$ ,  $CaCrO_4$ ,  $MgCrO_4$  тощо). Серед інструментальних методів для визначення слідових концентрацій металів найбільш широко використовуваними є спектрометричні методи [2]. На практиці для комплексних матриць, якими є природні та стічні води, безпосереднє визначення іонів металів цими чи подібними методами ускладнене через наявні матричні ефекти. Крім того, в деяких випадках, концентрації визначуваних металів можуть бути настільки низькими, що опускаються нижче межі визначення цих методів. Для розв'язання таких задач розроблені та застосовані гібридні адсорбційно-інструментальні методи аналізу, що ґрунтуються на сорбційному концентруванні мікрокомпонентів в фазі сорбенту. Такий підхід підвищує чутливість та селективність такого інструментального визначення. Прикладами сучасних ефективних матеріалів для вилучення та концентрування важких металів з розчинів є різні модифікації глин, активоване вугілля [3], оксид алюмінію, діоксид кремнію, цеоліти та різні полімерні матеріали. Основним недоліком концентрування важких металів на дешевих та екобезпечних природних адсорбентах, на зразок глин та цеолітів, є кінетична інертність та нездатність до регенерації, що призводить до значного збільшення тривалості аналізу. Серед описаних в літературі адсорбентів мезопористі впорядковані кремнеземні матеріали вважаються найбільш привабливими через високі масообмінні характеристики, високу сорбційну ємність, можливість контролювано регулювати властивості шляхом функціоналізації органічними та неорганічними групами [4]. Перспективними для вилучення та концентрування перехідних металів, в т.ч. іонів Cr(III), з використанням різних елюентів є використання сорбентів, що містять похідні етилендіамінтриоцтової кислоти, що дозволяє додатково їх відокремлювати (рис. 2).



**Рис. 2.** Схематичне зображення комплексоутворення іонів Cr(III) з ЕДТА групами іммобілізованими на поверхню SBA-15.

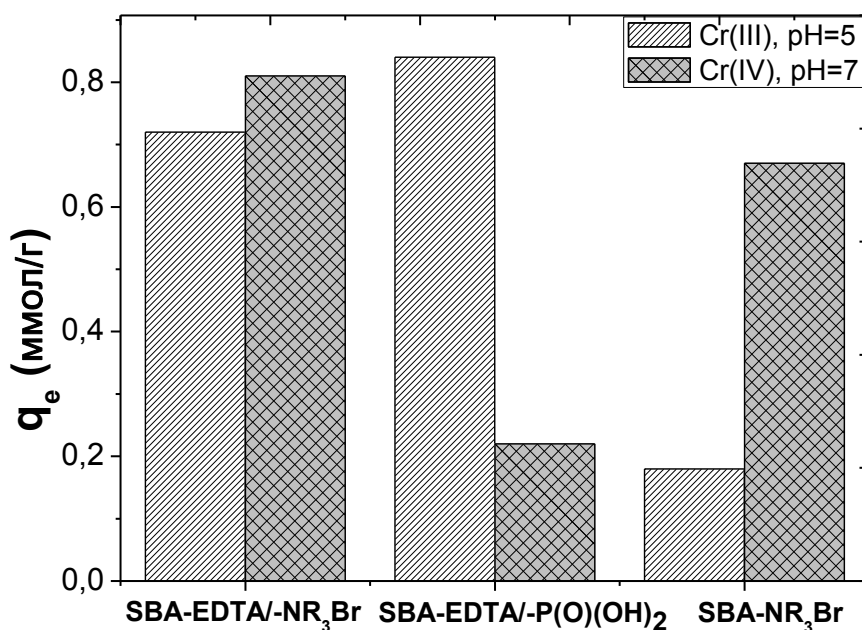
Посилення комплексоутворюючих властивостей сполук за рахунок включення додаткової групи до хелатуючого центру розширює діапазон вилучення металів в області їх аніонних форм при високому рН.

В даній роботі запропоновано синтез мезопористого діоксиду кремнію (SBA-15) на основі метасилікату натрію функціоналізованого хелатуючими етилендіамінтриацетатними (-ЕДТА), іонообмінними триметиламонійбромідними (-NR<sub>3</sub>Br), фосфоновими (-P(O)(OH)<sub>2</sub>) групами на поверхні кремнезему для селективної

адсорбції іонів Cr (III, VI). Моно- та біфункціональні похідні SBA-15 охарактеризовано мікроскопічними методами (СЕМ, ТЕМ), ІЧ-спектроскопією, елементним аналізом і т.д. Контроль концентрації іонів металів у розчині до та після адсорбції контролювали за допомогою атомно-адсорбційної спектроскопії.

Адсорбція іонів важких металів та Cr(III, VI) іонів на модифікованому SBA-15 досліджувалася за допомогою серії адсорбційних досліджень, включаючи вплив рН, кінетики реакції, ізотерм адсорбції та їх термодинамічних моделей, заважаючого впливу макро- та мікрокомпонентів води. Отриманий ряд мезопористих матеріалів тестували як ефективні адсорбенти для дисперсійної твердофазної екстракції з метою вилучення та визначення слідових кількостей іонів Cr (III, VI) (рис. 3).

Встановлено, що важливу роль у прояві такої селективності відіграють специфічні умови сорбції, а саме рН середовища.



**Рис. 3.** Порівняння сорбційних властивостей одержаних моно- та біфункціональних адсорбентів по відношенню до Cr (III, VI) іонів

Ефективність вилучення SBA-EDTA/-NR<sub>3</sub>Br адсорбентом значно вища, ніж для модифікованих лише четвертинними амонійними та етилендіамінтриацетатними в поєднанні з фосфоновими групами за тих самих умов (рис. 3). Зсунути рівновагу у бік руйнування комплексу хрому(III) з ЕДТА-групами, що утворюється на поверхні SBA-EDTA/-NR<sub>3</sub>Br (рис. 1), не можна навіть при низьких рН ( $\approx 1$ ). Розроблену методологію розділення іонів металів з використанням біфункціональних мезопористих сорбентів на основі SBA-15 застосовано для вилучення та визначення Cr (III, VI) та іонів важких металів у різних типах природних, екологічних та стічних водах.

Таким чином, використання мезопористих моно- та біфункціональних адсорбентів дозволить комплексно очищати природні та стічні води від усіх форм іонів важких металів. Крім того, розроблений підхід може бути застосований до інших подібних складних сумішей, що містять йони інших металів, наприклад, рідкоземельних елементів.

#### **Подяка.**

Автори дякують за фінансову підтримку спільному українсько-індійському проекту “Створення нових органо-неорганічних гібридних матеріалів як сорбентів для очищення стічних вод від іонів важких металів” 2019-2021.

1. Y. Vystavna, Z. Frkova, H. Celle-Jeanton, D. Diadin, F. Huneaud. M. Steinmann, N. Crini, C. Loup Priority substances and emerging pollutants in urban rivers in Ukraine: Occurrence, fluxes and loading to transboundary European Union watersheds. *Science of The Total Environment* – 201 – 637-638 – P.1358-1362.

2. B. Fernández, F. Claverie, Ch. Pécheyrans, J. Alexis, O.F. X. Donard Direct Determination of Trace Elements in Powdered Samples by In-Cell Isotope Dilution Femtosecond Laser Ablation ICPMS Anal. Chem., 2008, 80(18), pp 6981–6994.

3. C. Kadirvelu, C. Faur-Brasquet, P. Le Cloirec 'Removal of Cu(II), Pb(II) and Ni(II) by Adsorption onto activated carbon cloths. *Langmuir*, 2000, 16, p. 8404–8409.

4. L.N. Sibal, M.P.B. Espino Heavy metals in lake water: a review on occurrence and analytical determination *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2018, 98(6), 536-554.

## ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ НІТРИТІВ У КОВБАСНИХ ВИРОБАХ

*Корольчук С.І.<sup>1</sup>, Баковецька Т.С., Савчук Т.І.<sup>1</sup>, Кормош Ж.О.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Східноєвропейський національний університет  
імені Лесі Українки, [Korolchuk.Svitlana@eenu.edu.ua](mailto:Korolchuk.Svitlana@eenu.edu.ua)

На ринку ковбасних виробів, що користуються в споживача незмінним успіхом, представлені різні їхні види і різновиди, тому покупцеві іноді важко вибрати якісні ковбасні вироби з цього різноманіття. У виробника ковбасних виробів виникає спокуса підробити або збільшити обсяги своєї реалізації шляхом розведення ковбаси водою, кров'ю, нетрадиційною сировиною, соєвими текстурами. Ковбаса являє собою харчовий продукт, вироблений з ковбасного фаршу, який поміщений в оболонку і доведений до споживчої стадії зрілості.

Застосування нітриту в технології виробництва м'ясних продуктів визначається його комплексною дією на якість готових виробів. Нітрит сприяє утворенню забарвлення, бере участь у формуванні специфічного смаку і аромату м'ясних виробів, особливо солонко-копчених продуктів та гальмує життєдіяльність мікроорганізмів.

Нітрити – солі азотистої кислоти, які додають у ковбасний фарш, м'ясо-копченості, солонину. Нітритів не повинно бути більше ніж 0,005 % у розрахунку на масу використаного м'яса.

Негативна роль нітритів полягає в тому, що вони перетворюються в шлунку на нітросоаміни, які мають токсичні і канцерогенні властивості.

Механізм токсичної дії нітритів на організм полягає у їх взаємодії з гемоглобіном крові з утворенням метгемоглобіну, який не здатний зв'язувати і переносити кисень [2]. Гранично допустима добова доза нітритів для людини – 0,4 мг на 1 кг маси тіла.

Для кількісного визначення нітратів і нітритів використовують іонометричний та фотометричний методи.

Іонометричний метод є найбільш простим і експресним. Принцип методу полягає в екстракції нітратів із матеріалу, що аналізується, розчином алюмокалієвого галуна з подальшим визначенням концентрації нітратів в одержаній витяжці за допомогою іоноселективних електродів. Чутливість іонометричного визначення нітратів становить 6 мг/л розчину, що досліджується. Сумарна похибка методу оцінюється за коефіцієнтом варіації і становить  $\pm 12$  %.

Фотометричний метод більш універсальний і може застосовуватись при аналізі нітритів у всіх продуктах, особливо, у м'ясних та ковбасних виробках. Метод ґрунтується на кількісній реакції між нітрит-іонами та сульфаніловою кислотою з подальшим утворенням червоно-фіалкової діазосполуки при взаємодії з  $\alpha$ -нафтиламином.

Отже, нітрити широко використовуються як харчові добавки, для фіксування кольору м'ясопродуктів та подовження терміну їх зберігання, при виробництві та консервуванні

м'ясних продуктів. Нітрити є найбільш небезпечною формою нітрогенних сполук для людини. Тому контроль при їх застосуванні у харчові продукти є важливим питанням для хімік-аналітиків

1. Дубініна А.А. Методи визначення фальсифікації товарів / Дубініна А.А., Овчиннікова І. Ф., Дубініна С. О. - К.: Видавничий дім Професіонал, 2010. - 272 с.

2. Токсикологічна хімія харчових продуктів та косметичних засобів: підручник / С.А. Воронов, Ю.Б. Стецишин, Ю.В. та інш. [ за ред. проф. С.А. Воронова]. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. - 316 с.

## ВИЗНАЧЕННЯ СІРЧИСТОЇ КИСЛОТИ У СУХОФРУКТАХ

*Корольчук С.І.<sup>1</sup>, Соколовська Л.П., Савчук Т.І.<sup>1</sup>, Кормош Ж.О.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Східноєвропейський національний університет  
імені Лесі Українки, [Korolchuk.Svitlana@eenu.edu.ua](mailto:Korolchuk.Svitlana@eenu.edu.ua)

Сухофрукти давно стали звичними продуктами харчування в раціоні багатьох людей. До них належать зневоднені плоди, приготовлені за спеціальною технологією. Сухофрукти – висушені фрукти або ягоди, із залишковою вологістю близько 20%. Сушаться або природним шляхом (наприклад, на сонці), або із застосуванням промислових методів (наприклад, за допомогою дегідрататора або сушарки для овочів). Сухофрукти багаті вітамінами (А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>) і мінеральними елементами (залізо, кальцій, магній, фосфор, калій, натрій), містять близько 250 ккал і 1,5 - 5 г білка на 100 г.

Сушка фруктів в промислових умовах досить часто супроводжується хімічною обробкою. Найбільш часто для сушки плодів використовують сірчистий ангідрид (діоксид сірки, в харчовій індустрії зареєстрований як харчова добавка консервант Е 220).

Сірчистий ангідрид (SO<sub>2</sub>) – сірчистий газ (або діоксид сірки), що виділяється при згорянні сірки і обпаленні сульфідів. Для цього газу характерний різкий запах, він робить шкідливий вплив на мікроби і знищує бактерії. Обробка сірчистим газом захищає продукт від появи комах і їх личинок, але у величезних кількостях дія продукту токсична. Сірчистий ангідрид має добру розчинність в воді, внаслідок цієї реакції утворюється нестійка сірчиста кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>). Застосування сірчистого газу в харчовій індустрії є допустимим, але лише в певних невеликих дозах, оскільки в надлишку цей хімікат може викликати алергічні реакції, гіповітаміноз групи В, напади задухи. Максимально допустимі концентрації SO<sub>2</sub> відрізняються для різних продуктів харчування. Для продуктів, які безпосередньо споживаються, вони не перевищують в більшості випадків 100 мг/кг [1].

Сірчиста кислота використовується в багатьох галузях харчової промисловості для запобігання розвитку мікробів: при переробці та виробництві м'ясопродуктів, для збереження цілих і подрібнених фруктів (використовуваних для подальшої переробки), сухофруктів, фруктових соків (використовуваних як сировина), концентратів фруктових соків, фруктових пульп і фруктових пюре. Також використовується при виробництві напоїв (багатьох соків та вин).

Крім антимікробної ролі вона майже завжди повинна виконувати і інші функції захисту: від окислювальних (ферментативних і неферментативних) реакцій побуріння, інших реакцій фарбування, від руйнування вітамінів. Необхідна в цих випадках концентрація сірчистої кислоти часто вище концентрації, яка потрібна для захисту від мікроорганізмів.

Допускається вміст сірчистої кислоти – до 50 мг в сушених фруктах, готових продуктах (джемі, варення, повидлі) з сульфітованої сировини до 20 мг на 1 кг продукту. Додають 0,3-0,15 % консерванту при сульфитуванні плодів і ягід, що залежить від виду сировини, його кислотності і ряду інших причин. Видаляють SO<sub>2</sub> з фруктового пюре нагріванням, а з плодів і ягід – попередніми промиванням з подальшим нагріванням. У сульфитованих продуктах частина сірчистої кислоти знаходиться у вільному стані, а частина – у зв'язаному з



складовими частинами продукту: цукрами, пектином, барвниками, білками, карбонільних сполуками.

У продуктах переробки фруктів і овочів, фруктових і овочевих соках, нектарах, соковмісних напоях, фруктових та овочевих концентрованих соках, пюре і концентрованих пюре, морсах і концентрованих морсах, компотах, киселях, в тому числі тих, які виготовлені з сушених фруктів (сухофруктів), джемах, повидлах, варенні встановлені такі методи визначення масової частки діоксиду сірки: титриметричний, йодометричний, кулонометричний, якісний метод.

Титриметричний із попередньої дистиляцією діоксиду сірки з продукту (метод А). Метод заснований на дистиляції в потоці інертного газу діоксиду сірки, що виділяється з продукту при нагріванні в кислому середовищі, окисленні його розчином пероксиду водню (поглинювальним розчином) і подальшим титруванням сірчаної кислоти, що утворилася гідроксидом натрію в присутності індикатора.

Йодометричний з візуальним титруванням для світлозабарвлених рідких продуктів (метод Б). Заснований на її здатності окислюватися, при цьому з сірчистої кислоти утворюється сірчана кислота. Сірчана кислота з розчинними солями барію дає нерозчинний осад, який можна відфільтрувати і зважити (ваговий метод) або ж встановити кількість витраченого окислювача, в даному випадку йоду, і тоді вміст SO<sub>2</sub> визначають об'ємним методом.

Кулонометричний з попередньої дистиляцією діоксиду сірки з продукту (метод В). Метод заснований на попередній відгонці в потоці інертного газу діоксиду сірки, що виділяється з продукту при нагріванні в кислому середовищі, з подальшим вловлюванням і окисленням його в електрохімічній комірці електрохімічно генерованим йодом.

Якісний метод виявлення діоксиду сірки. Метод заснований на знебарвленні йодокрахмального індикаторного паперу діоксидом сірки, витісненим з продукту при його підкисленні. При визначенні зв'язаного діоксиду сірки продукт попередньо обробляють лугом [2].

Отже, визначення вмісту сірчистої кислоти в сухофруктах є дуже важливим, оскільки обробка сірчистим газом призводить не лише до покращення якості та органолептичних показників продукту, а також може призвести до отруєння чи алергічних реакцій у споживачів.

1. E220 – Диоксид серы // Блог «Добавкам.нет» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dobavkam.net/additives/e220>.

2. ГОСТ 25555.5-2014 Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения диоксида серы.

## **ВИЗНАЧЕННЯ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ У БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЯХ**

*Корольчук С.І.<sup>1</sup>, Цимбалюк І.В., Савчук Т.І.<sup>1</sup>, Кормош Ж.О.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, [Korolchuk.Svitlana@eenu.edu.ua](mailto:Korolchuk.Svitlana@eenu.edu.ua)

Аскорбінова кислота (вітамін С) – один із найважливіших водорозчинних вітамінів, необхідний для зміцнення стінок кровоносних судин, тканин, кісток, зубів, він бере участь у засвоєнні заліза й амінокислот; вперше був отриманий із лимонного соку. Вітамін С – потужний антиоксидант, який відіграє важливу роль в регуляції окислювально-відновних процесів, бере участь в синтезі колагену і проколагену, обміні фолієвої кислоти та заліза, а також синтезі стероїдних гормонів і катехоламінів. Аскорбінова кислота також регулює згортання крові, нормалізує проникність капілярів, необхідна для кровотворення, має протизапальну і протиалергічну дію [1].

Аскорбінова кислота - необхідний компонент у щоденному раціоні людини, так як виконує цілий ряд незамінних біохімічних функцій, але при цьому не здатна синтезуватися самим організмом. Її дефіцит може бути заповнений за рахунок цілого ряду харчових джерел і вітамінних препаратів. Основні етапи кількісного визначення аскорбінової кислоти: 1) отримання матеріалу; 2) його збереження; 3) екстрагування аскорбінової кислоти зі зразка; 4) очищення отриманого екстракту від домішок, що перешкоджають визначенню аскорбінової кислоти; 5) визначення кількості аскорбінової кислоти [2].

Аскорбінова кислота легко руйнується, тому забезпечення її збереження є істотним для будь-якого методу визначення. Аскорбінову кислоту слід оберегти від дії сонячного випромінювання, аерації, підвищення температури, контактування з металами, від високих температур і підвищення рН середовища. Зберігати матеріал краще на холоді, екстрагування проводити при  $\text{pH} < 4$ , за попереднього зв'язування йонів металів. Для екстрагування застосовують розчини ацетатної, трихлорацетатної, щавлевої та метафосфатної кислот [3].

Безалкогольні напої складаються з води, підсолоджувачів та ароматизаторів. У якості підсолоджувачів виступають цукор, глюкозно-фруктозний сироп або інші підсолоджувачі (у випадку дієтичних напоїв). Також, напої можуть містити кофеїн, сік та інші компоненти. Невелика частка алкоголю може бути присутня у безалкогольних напоях, проте вона не повинна становити більше 0,5% від загального об'єму.

Аскорбінову кислоту у безалкогольних напоях можна визначити такими методами [3,4]:

1) титриметричний метод – базується на екстрагуванні вітаміна С розчином кислоти (хлоридної, метафосфатної або сумішшю оцтової та метафосфатної) з наступним титруванням до появи світло-рожевого забарвлення;

2) фотометричний метод – базується на екстрагуванні вітаміна С метафосфатною кислотою або сумішшю оцтової і метафосфатної кислот, і фотометруванні органічного екстракта при довжині хвилі 500 нм;

3) титриметричний метод з використанням цистеїну – базується на екстрагуванні вітаміна С розчином метафосфатної кислоти, відновленні дегідроаскорбінової кислоти в аскорбінову цистеїном при  $\text{pH} 7,0-7,5$ , усуненні впливу редукуючих речовин в присутності формальдегіду при  $\text{pH}$ , близькому до нуля, і титруванні розчином 2,6-дихлорфеноліндофеноляту натрію;

4) флуорометричний метод – базується на екстрагуванні вітаміна С розчином метафосфатної кислоти, окисненні аскорбінової кислоти активованим вугіллям в дегідроаскорбінову;

5) метод Тильсмана – ґрунтується на здатності аскорбінової кислоти окислюватися 2,6-дихлорфеноліндофенолом до дегідроаскорбінової кислоти;

6) йодометричний метод – ґрунтується на окисненні аскорбінової кислоти розчином йоду; та ін.

Визначення вмісту аскорбінової кислоти у безалкогольних напоях є досить важливим завданням, так як вона є необхідним компонент в щоденному раціоні людини, бо виконує цілий ряд незамінних біохімічних функцій, але при цьому не здатна синтезуватися самим організмом, проте її дефіцит може бути заповнений за рахунок цілого ряду харчових джерел і вітамінних препаратів.

1. Алексенцев В. Г. Витамины и человек / В. Г. Алексенцев. - М.: Дрофа, 2006.- 156 с.
2. Дж. Остин. Витамин С. Химия и биохимия / М. Девис, Д. Патридж. – М.: Мир, 1999.
3. Плахотін В. Я. Теоретичні основи харчових виробництв / В. Я. Платохін, І. С. Тюрікова, Г. П. Хомич. – Київ: Центр навчальної літератури, 2006. – 640 с.
4. Яковлева Н. Б. Химическая природа нужных для жизни витаминов / Н. Б. Яковлева. - М.: Просвещение, 2006. - 120 с.



## ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

*Оковіта Я.С.*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [dacenkovita14@gmail.com](mailto:dacenkovita14@gmail.com)

Тверді відходи підприємств гальванічних виробництв, так звані гальваношлами (ГШ), що містять важкі метали є джерелом біотичного, механічного, хімічного та інших видів забруднення. Відсутність прийняттого фінансування підприємства перешкоджає вирішенню проблем з утилізацією відходів, тому більшу частину ГШ складають в шламонакопичувачах, що зумовлює зростання техногенного забруднення всіх компонентів навколишнього природного середовища [1].

Вивченню важких металів присвячена велика кількість робіт, в яких детально розглянуті техногенні джерела важких металів [2-4]. Однак, недостатньо дослідженими є питання, пов'язані з трансформацією та міграцією сполук, що входять до складу твердих відходів, в тому числі і ГШ. Тому, механізми поведінки металів в ґрунтах при внесенні ГШ дозволяє визначити їх роль у зміні фізико-хімічних і фізичних властивостей ґрунтів, а також послужить науковою основою для розробки заходів по детоксикації ґрунтів, що зазнали забруднення ГШ.

Визначати екотоксичність відходів найбільш ефективно за допомогою біологічних методів аналізу, які дозволяють крім загального неспецифічного впливу на біотест виділити деякі специфічні реакції на окремі хімічні речовини або групи речовин. Мета досліджень – визначити особливості міграції міді і цинку в різних ґрунтах при забрудненні ГШ. Відповідно до поставленої мети вирішувались наступні завдання: в лабораторних умовах експериментально змодельовати і виявити особливості транслокації і міграції міді і цинку з сульфатних мідно-цинкових шламів в ґрунт; дослідити особливості міграції міді і цинку в різних типах ґрунтів в залежності від механічних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів; вивчити особливості вертикального розподілу рухомих форм міді і цинку в різних типах ґрунтів.

У рамках лабораторних експериментів для вивчення міграції в ґрунті були обрані метали Cu і Zn. Вибір цих металів був обґрунтований їх найбільшими концентраціями в промислових ГШ, а також високим класом небезпеки. Для встановлення особливостей міграції обраних металів на моделях ґрунтових горизонтів використовували зразки ґрунтів – дерново-опідзолена зв'язно-піщана, лугова аллювіальна супіщана, лучно-чорноземна легкосуглинкова, чорнозем типовий середньозмитий важкосуглинковий. В якості забруднювача в умовах лабораторного експерименту використовували модельний шлам, що був отриманий реакцією нейтралізації сульфатного мідно-цинкового розчину вапном.

У лабораторних умовах для створення моделі ґрунтових шарів використовували пластикові труби с діаметром 35 см і висотою 100 см. На верхній поверхні кожної ґрунтової колонки поміщали подрібнений модельний сульфатний мідно-цинковий шлам, який протягом 6 місяців промивали дистильованою водою в режимі, відповідному природному зволоженню. Для встановлення особливостей міграції Cu і Zn відбирали зразки ґрунтів у різних шарах: 0-5 см, 10-15 см, 20-25 см, 50-75 см і 100 см.

Отримані експериментальні дані (табл. 1) дослідження особливостей міграції міді і цинку з ГШ в розглянутих типах ґрунтів показали, що техногенна міграція міді і цинку в системі «ГШ – ґрунт» має особливості і пояснюється в першу чергу хімічним складом ГШ. Значне збільшення вмісту міді та цинку спостерігається по глибині в усіх шарах досліджуваних ґрунтів в умовах експерименту. Максимальне накопичення у верхньому шарі (0-5 см) ( $K_c(\text{Cu})=5,2-33,9$  і  $K_c(\text{Zn})=73,5-657,1$ ) значно перевищує аналогічні показники у нижніх (50-100 см) ( $K_c(\text{Cu})=1,0-2,6$  і  $K_c(\text{Zn})=0,6-2,3$ ), що пов'язано в першу чергу з техногенним надходженням з шламу. За інтенсивністю міграції міді і цинку з шламу і трансформації у верхній шар досліджуваних ґрунтів можна розташувати в ряд: чорнозем типовий середньозмитий важкосуглинковий < дерново-опідзолена зв'язно-піщана < лугова аллювіальна супіщана < лучно-чорноземна легкосуглинкова.

Таблиця 1 – Накопичення рухомих форм міді і цинку і зміна рН водної витяжки в ґрунтових шарах після забруднення

Показник	Шар забрудненого ТМ ґрунту, см				
	0-5	10-15	20-25	50-75	100
<b>Дерново-опідзолена зв'язно-піщана (рН<sub>ф</sub> = 5,3)</b>					
рН	4,40	4,25	4,15	4,15	4,45
K <sub>c</sub> (Cu)	9,6	1,9	2,3	2,2	2,6
K <sub>c</sub> (Zn)	77,8	43,5	38,8	14,1	2,3
<b>Лугова аллювіальна супіщана (рН<sub>ф</sub> = 7,6)</b>					
рН	6,40	6,10	5,90	6,20	6,35
K <sub>c</sub> (Cu)	13,5	1,9	0,9	1,0	1,0
K <sub>c</sub> (Zn)	423,3	259,1	99,8	9,3	1,9
<b>Лучно-чорноземна легкосуглинкова (рН<sub>ф</sub> = 6,9)</b>					
рН	5,15	5,45	5,8	6,0	6,15
K <sub>c</sub> (Cu)	33,9	2,1	1,9	1,2	2,0
K <sub>c</sub> (Zn)	657,1	187,3	14,5	1,7	1,5
<b>Чорнозем типовий середньозмитий важкосуглинкований (рН<sub>ф</sub> = 8,7)</b>					
рН	7,65	8,10	8,10	8,25	8,30
K <sub>c</sub> (Cu)	5,2	0,8	0,8	0,7	1,0
K <sub>c</sub> (Zn)	73,5	2,4	0,5	0,8	0,6

(K<sub>c</sub>) – коефіцієнти накопичення елементів, що показує у скільки раз збільшений вміст даного елемента в забрудненому ґрунті в порівнянні з незабрудненим; рН<sub>ф</sub> – кислотність фонових зразків ґрунтів

Вивчення зміни кислотності ґрунтів після забруднення їх ГШ показало, що у всіх шарах досліджуваних ґрунтів за фоновими зразків (рН<sub>ф</sub>) відбувається зниження рівня рН у 1,1-1,3 рази. Керуючим фактором розчинення міді і цинку з ГШ є реакція середовища: у кислому і слабкокислому середовищах ГШ здатний створювати імпактні, ударні техногенні навантаження на ґрунт. Динаміка зміни рівня кислотності в досліджуваних ґрунтах з глибиною обумовлена внутрішньоґрунтовими процесами (хімічними реакціями, що супроводжуються розчиненням шламу і трансформацією речовин до ґрунту): показник рН у поверхневому шарі (0-5 см) на 0,2-0,5 одиниці нижчий, ніж у підповерхневому (10-15 см). Найбільше накопичення металів спостерігається у лучно-чорноземному середньо суглинковому ґрунті (K<sub>c</sub>(Cu) = 34 і K<sub>c</sub>(Zn) = 657), де середовище ґрунту має найбільш інтенсивне зменшення рН з 7,0 до 5,0. Відзначено, що в досліджуваних ґрунтах з підвищенням рН рухливість міді і цинку знижується: рухливість Cu в кислих ґрунтах вища, ніж в нейтральних або лужних, а Zn має максимальну рухливість у ґрунтах, реакція яких нейтральна або наближається до неї. Найменша міграційна здатність міді і цинку відзначена в чорноземі типовому середньозмитому важкосуглинковому, слабколужні умови якого підсилюють перехід Cu і Zn у нерухомий стан і сприяють закріпленню ґрунтовими частинками їх сполук.

Для екологічної та санітарно-гігієнічної оцінки забруднення досліджуваних ґрунтів міддю і цинком після забруднення мідно-цинковим шламом були отримані порівняльні дані про вміст міді і цинку в тестованих ґрунтах (C, мг/кг) з їх гранично допустимими концентраціями в ґрунтах (ГДК<sub>г</sub> (Cu) = 3 мг / кг; ГДК<sub>г</sub> (Zn) = 23 мг / кг). Встановлено, що всі досліджувані ґрунти мають різну ступінь забруднення міддю і цинком. Після забруднення мідно-цинковим шламом досліджувані ґрунти не залежно від глибини шару характеризуються низьким рівнем забруднення по Cu: у дерново-опідзоленому

зв'язнопіщаному 7,18-1,36ГДК; у лучно-алювіальній супіщаній 7,7-0,5ГДК; у лучно-чорноземному легкосуглинковому 3,29-0,19ГДК; у чорноземі типовому середньозмитому важкосуглинковому 36,57-4,87ГДК. По цинку характер забруднення визначається типом ґрунту і у важких гумусованих ґрунтах ступінь забруднення зі збільшенням глибини змінюється від дуже високого у верхньому шарі, що зазнає техногенного навантаження, до допустимого рівня у нижніх.

**Висновки.** У лабораторних умовах при дослідженні особливостей міграції міді і цинку в розглянутих типах ґрунтів при забрудненні гальваношламов експериментально встановлено:

– міграція міді і цинку в системі «гальваношлам-ґрунт» характеризується специфікою і пояснюється в першу чергу хімічним складом гальваношламів;

– значне збільшення вмісту міді та цинку спостерігається по глибині в усіх шарах досліджуваних ґрунтів в умовах експерименту. За інтенсивністю міграції міді і цинку з шламу в верхній шар досліджувані ґрунти можна розташувати в ряд: чорнозем типовий середньозмитий важкосуглинковий < дерново-опідзолений зв'язнопіщаний < лугова алювіальна супіщана < лучно-чорноземний легкосуглинковий;

– рухливість важких металів залежить від кислотності ґрунтів: рухливість Cu в кислих ґрунтах вище, ніж в нейтральних або лужних, а Zn має максимальну рухливість у ґрунтах, реакція яких нейтральна або наближається до неї;

– по Cu всі шари досліджуваних ґрунтів мають 2-й рівень забруднення (ГДК до 200). За цинком характер забруднення визначається типом ґрунту і в важких гумусованих ґрунтах ступінь забруднення зі збільшенням глибини змінюється від дуже високого (у чорноземі типовому середньозмитому важкосуглинковому 229,3 ГДК) в верхньому шарі, що зазнає техногенне навантаження, до допустимого рівня в нижніх (у лучно-чорноземному легкосуглинковому 0,26 ГДК).

1. Касимов А.М. Проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине / А.М. Касимов, Е.Е. и др. // Экология и промышленность. – 2011, №1. – С. 65-69.

2. Никитина М.В. Трансформация подвижных форм металлов в почвах городских ландшафтов / М.В. Никитина, Л.Ф. Попова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». – 2011. – № 3. – С. 122-126.

3. Datsenko V., Khimenko N., Egorova L., Svischova 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). – P. 42-48. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.184179

4. Мотузова Г.В. Влияние алюминия, меди, цинка и свинца на кислотно-основные свойства водных вытяжек из почв / Г.В. Мотузова, И.П. Макарычев, М.И. Петров // Почвоведение. – 2013, №1. – С. 48-55.

## ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ МІКРОКІЛЬКОСТЕЙ ЗАЛІЗА У ВОДОПРОВІДНІЙ ВОДІ

*Онищук О.О.*

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк,  
[oksanaduda2013@gmail.com](mailto:oksanaduda2013@gmail.com)

Водопровідна вода залежить від складу природних вод та ефективності діючої системи водопостачання. Головним джерелом сполук заліза в природних водах є процеси, що відбуваються в даній місцевості. В наслідок них утворюються складні комплекси сполук заліза, які знаходяться у воді в розчинному, колоїдному та в звішеному стані [1]. Значна частина населення Луцька використовує до споживання водопровідну воду. Вона, як правило, містить залізо від 1 до 5 мг/дм<sup>3</sup>. Важливу роль у кількості заліза, що потрапляє до водопровідної води, відіграє кислотність дощової води та вміст в ній розчиненого кисню [2]. За нормами ДержСанПіН 2.2.4-171-10 концентрація заліза для води питної якості не повинна перевищувати 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Підвищені концентрації заліза різко знижують її споживчі якості. Вода набуває неприємного присмаку, жовто-бурого забарвлення та стає непридатною для використання. Навіть, якщо вода на око здається прозорою та чистою, це зовсім не означає, що вона такою і є насправді. Нерідко питна вода, що надходить із старого водогону виготовленого із сталевих труб, має у своєму складі сполуки заліза у кілька разів більше, аніж дозволяють санітарні норми. Дослідження водопровідної води на вміст заліза є достатньо актуальним на сьогоднішній час [1-3].

**Мета.** Необхідно дослідити вміст заліза у водопровідній воді для перевірки встановленим вимогам питної води (вміст заліза не повинен перевищувати 0,2 мг/л) [3,4].

**Результати та методика роботи.** Дослідження виконували, в першу чергу, експериментальним способом. Теоретично визначення концентрації мікрокількостей заліза у водопровідній воді базується на співосажденні із карбонатом кальцію та наступним фотометричним визначення заліза із сульфосаліциловою кислотою. Наступним етапом нами було встановлено концентрація заліза за калібрувальним графіком.

**Методика роботи** включає наступні етапи. Нами було приготовано стандартний розчин солі заліза. Для виготовлення розчину концентрацією 0,1 мг/мл точну наважку масою 0,2153 г залізоамонійних галунів  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  розчинили в мірній колбі на 0,25л у невеликій кількості води, при цьому додали 2 мл концентрованої сірчаної кислоти (густина 1,84 г/см<sup>3</sup>), щоб уникнути гідролізу, тоді довели водою до мітки. Далі ми будували калібрувальний графік. У мірні колби на 50 мл налили 0; 0,01; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 мл стандартного розчину солі заліза(III), який приготували раніше. Потім долили 5 мл 10% розчину сульфасаліцилової кислоти, 5 мл 10% розчину аміаку, щоб створити рН=10. Довели об'єм розчину до мітки. Вміст колби ретельно перемішали і через 5 хвилин провели вимірювання на фотоколориметрі в кюветах з товщиною шари 10 мм при довжині хвилі  $\lambda=400$  нм відносно холостого розчину, де вміст стандартного розчину заліза 0 мг/мл. У склянку місткістю 0,7 л налили 0,5 л водопровідної води, додали 10 мл 1Н розчину хлориду кальцію, перемішали, потім додали 15 мл 0,25Н розчину карбонату натрію й енергійно перемішали розчин в склянці протягом 5 хвилин склянкою паличкою. Після відстоювання протягом 5 хвилин при перемішуванні додали ще 15 мл розчину карбонату натрію. Отриманий розчин з осадом залишили на 2 години. Після того, як відбулось повне відстоювання, розчин обережно злили, а осад розчинили в 5 мл 10% розчину соляної кислоти. В отриманому розчині-концентраті визначили вміст заліза колориметричним методом [2].

Для цього рідкий концентрат кількісно перенесли у мірну колбу на 50 мл, додали 5 мл 10% розчину сульфасаліцилової кислоти, 5 мл 10% розчину аміаку, щоб створити рН=10 та доводять дистильованою водою до мітки. Вміст колби ретельно перемішали і виміряли оптичну густина у кюветі з товщиною шару 10 мм при довжині хвилі  $\lambda=400$  нм. Як розчин

порівняння використовують холостий розчин. Вміст заліза(III) визначили за методом калібрувального графіка.

**Результати вимірювань:**

Виміряні дані занесено до таблиці 1.

Таблиця 1

№ колби	1	2	3	4	5	6	Контрольн.проба
$C_{Fe(III)}$ , мг/мл	0	0,0000625	0,000125	0,00025	0,0005	0,001	0,00016
$A(y_i)$	0	0,015	0,025	0,04	0,085	0,165	0,03

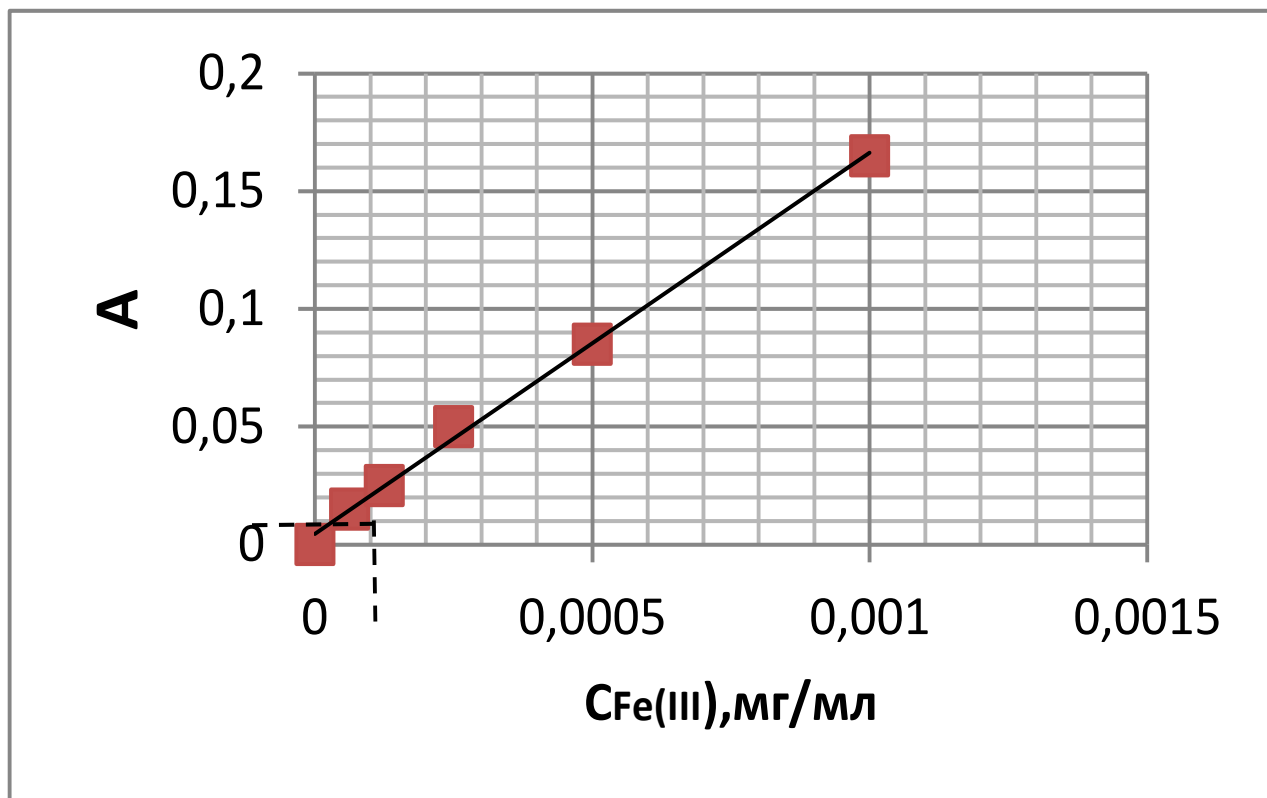


Рис.1 Калібрувальний графік, за яким визначаємо вміст заліза у зразку води:

**Висновок.** Таким чином, у зразках води, що були взяті на аналіз вміст мікрокількостей концентрації заліза отримане значення 0,00016 мг/мл, що не перевищує допустиму норму 0,2 мг/мл [3,4]. Отже, даний оптимізований фотометричний метод дозволяє ефективно визначити вміст мікрокількості концентрації речовини та підтвердити безпечність споживання води.

1. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води – К.: Вища шк., 2005 – 671 с.
2. Кульський Л.А., Гороновський І.Т., Когановський А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. – К.: Наук. думка, 1980. – Ч. 1, 2. – 1206 с.
3. ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством"
4. ГОСТ 4011-72

## СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЩОДО ЙОНІВ CU(II) СИЛКАГЕЛІВ З АДСОРБОВАНИМИ КОПОЛІМЕРАМИ 4-ВІНІЛПІРИДИНУ ТА СТИРЕНУ

*Панченко М.В., Кондратенко О.У.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[panchenko\\_marina@i.ua](mailto:panchenko_marina@i.ua)

Перспективними адсорбентами для вилучення з води токсичних сполук є органо-мінеральні композитні матеріали. До органо-мінеральних композитів відносять штучно створений неоднорідний суцільний матеріал, що складається з двох або більше компонентів з чіткою межею поділу між ними.

Сорбенти, що містять закріплені аналітичні реагенти, все ширше використовуються в новій групі спектрофотометричних методів аналізу - твердофазній спектрофотометрії, у тому числі, в електронній спектроскопії дифузійного відбиття.

Одним з перспективних шляхів створення таких органо-мінеральних композитних матеріалів є *in situ* іммобілізація полімеру на поверхні поруватого неорганічного носія. Більше того, такий метод є єдиним способом отримання шару полімеру на пористих і порошкоподібних нанорозмірних носіях.

Перевагою даного способу іммобілізації полімерів на твердих поверхнях є його універсальність щодо хімічної природи носія.

Факт адсорбції кополімеру на поверхні силікагелів підтверджували шляхом порівняння ІЧ-спектру вихідного силікагелю та ІЧ-спектрів синтезованих композитів.

Мета: дослідження впливу рН та співвідношення реагентів синтезу кополімеру стирену та 4-вінілпіридину (St:4Vp), на адсорбційні властивості композитів щодо катіонів  $Cu^{2+}$ .

Були взяті зразки з різними співвідношеннями St:4Vp, а саме:

зразок 1 St:4Vp – 1:2

зразок 2 St:4Vp – 1:6

Порівняння отриманих результатів щодо сорбційної здатності досліджуваних зразків зі значеннями сорбційної ємності не модифікованого силікагелю, показало, що *in situ* модифікованих відповідними кополімерами стирену та 4-вінілпіридину проявляють більшу сорбційну ємність порівняно з вихідним силікагелем.

Зафіксовано, що синтезовані композити виявляють в різній мірі сорбційну активність щодо мікрокількостей йонів Cu(II) в залежності від середовища. Використовували середовище з рН 1.0, 2.8, 4.0 та нейтральне. Виявлено, що йони Cu(II) на поверхні силікагелів, *in situ* модифікованих кополімерами 4-вінілпіридину та стирену, найкраще сорбуються у нейтральному середовищі. Що робить іммобілізацію твердих поверхонь неорганічних носіїв даним полімером перспективною для пошуку нових адсорбентів, які можна використовувати в очисних технологіях.

Порівняння отриманих результатів щодо сорбційної здатності досліджуваних зразків виявлено, що найбільший ступінь сорбції, щодо йонів Cu(II) виявляє зразок 2 St:4Vp – 1:6. Оскільки значення сорбційної ємності зростають із збільшенням кількості кополімеру у складі композиту, що пояснюється однорідністю процесів сорбції цих йонів, найвірогідніше за рахунок комплексоутворення з молекулами адсорбованого кополімеру.

## ВМІСТ ПЛЮМБУМУ В ОГІРКАХ ТЕПЛИЧНИХ, БУРЯКАХ СТОЛОВИХ, КІВІ ТА БАНАНАХ

*Папієва Т.В., Луганська О.В.*

Запорізький національний університет,  
[papieva.tatyana@gmail.com](mailto:papieva.tatyana@gmail.com)

Плюмбум є одним з найдавніших і найбільш ґрунтовно вивчених токсикантів. До організму людини з їжею надходить 30-45 % Плюмбуму, з пилом – 30 %, з питною водою – 10-20% та з повітрям – 5-20 %.

Широке використання Плюмбуму та його сполук у різних галузях господарства призвело до значного забруднення ним виробничого і навколишнього середовищ. Основними техногенними джерелами забруднення є викиди промислових підприємств та вихлопні гази автомобілів. В Україні найбільше забруднені свинцем регіони, де сконцентровані галузі важкої промисловості, — Донецько-Придніпровський регіон, а також території навколо автошляхів. Частка техногенного Плюмбуму в природних середовищах, у тому числі й ґрунтах індустріальних центрів, на 1–2 порядки перевищує його природний фон. Щорічно в атмосферу надходить 1250 кілограмів Плюмбуму [1].

Екологічність продуктів харчування залежить від місця, де вони були вирощені, та технології їх обробки перед вживанням. У більшості рослинних та тваринних продуктів природній його вміст не перевищує 0,5-1,0 мг/кг. Під час переробки харчової сировини, як правило, концентрація мінеральних речовин знижується. При зачищенні овочів та картоплі втрачається від 10 до 30 % мінеральних речовин. Якщо їх піддають тепловій кулінарній обробці, тоді в залежності від технології втрачається ще 5 – 30 % [2-4].

Смертельна доза солей Плюмбуму становить 20-50 г. При повільному отруєнні спостерігається – слинотеча, розпушення ясен, підвищення білку у сечі, проблеми з нервовою системою [5].

Спочатку Плюмбум поширюється у крові, печінці та нирках; після тривалої експозиції у кістковій тканині опиняється 95 % Плюмбуму. Основними мішенями токсичності цього елемента є кровотворна та нервова система. Потрапляючи в клітини, Плюмбум дезактивує ферменти, де реакція йде по сульфгідрильним групам білкових складових ферментів з утворенням -S-Pb-S-. Плюмбум уповільнює пізнавальний та інтелектуальний розвиток дітей, збільшує кров'яний тиск і викликає серцево-судинні хвороби дорослих. Зміни нервової системи виявляються в головному болі, запамороченні, підвищеній стомлюваності, дратівливості, в порушеннях сну, погіршенні пам'яті, м'язовій гіпотонії, пітливості. Плюмбум може замінювати Кальцій в кістках, стаючи постійним джерелом отруєння [3,6].

Оскільки вміст Плюмбуму в продуктах харчування наносить велику шкоду здоров'ю людини, визначення його кількості та порівняння з ГДК є дуже важливим завданням. Атомно-абсорбційний аналіз найкраще підходить для його вирішення.

Об'єкти дослідження – огірки тепличні, буряки столові, ківі та банани. Аналіз проводився, згідно з ГОСТ 30178–96, полум'яним атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Hitachi» 180/8.

Результати кількісного визначення Плюмбуму представлені у таблиці 1.

ГДК Плюмбуму для свіжих овочей складає 0,5 мг/кг, а для фруктів та ягід – 0,4 мг/кг.

У результаті дослідження можна зробити висновок, що вміст Плюмбуму перевищує ГДК у всіх зразках столових буряків та в одному зі зразків ківі («Gold Scorpion S.L.», країна походження: Іспанія). В інших продуктах концентрації Плюмбуму дуже малі та знаходяться поза межею виявлення.

Таблиця 1 – Результати дослідження

№	Зразок	m (Pb), мг/кг
1	огірки тепличні, виробник: ТОВ «АТБ-Маркет», країна походження: Україна	0,00
2	огірки тепличні, виробник: АТ «Fozzy Group», країна походження: Україна	0,00
3	огірки тепличні, виробник: ПП "СЕЗАМ", країна походження: Україна	0,00
4	буряк столовий, ТОВ «АТБ-Маркет», країна походження: Україна	2,00
5	буряк столовий, АТ «Fozzy Group», країна походження: Україна	1,79
6	буряк столовий, ФХ ПК "Агроленд", країна походження: Україна	2,21
7	ківі, ТОВ «АТБ-Маркет», країна походження: Греція	0,00
8	ківі, АТ «Fozzy Group», країна походження: Іспанія	0,00
9	ківі, «Gold Scorpion S.L.», країна походження: Іспанія	0,90
10	банан, ТОВ «АТБ-Маркет», країна походження: Еквадор	0,00
11	банан, АТ «Fozzy Group», країна походження: Іспанія	0,00
12	банан, ТОВ "Булагро", країна походження: Мексика	0,00

Забруднення важкими металами є серйозною екологічною проблемою. Наявність таких металів у різних областях екосистеми згодом призводить до забруднення продуктів харчування. Плюмбум є одним з найнебезпечніших елементів. Саме тому точний моніторинг концентрацій у різних зразках має важливе значення для мінімізації небезпеки для здоров'я, що виникає в результаті впливу таких токсичних речовин.

1. Трахтенберг І.М., Дмитруха Н.М., Чекмає І.С., Купрій В.О. Свинець – небезпечний поллютант. Проблема стара і нова. *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. 2015. № 3. С. 14-24.

2. Комітет екологічного порятунку України. Свинець: плюси і мінуси. 07.03.2009. URL: [http://eco-ua.org/news/5001-svynec\\_pljusy\\_i\\_minusy](http://eco-ua.org/news/5001-svynec_pljusy_i_minusy).

3. Сульдина Т.И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм. *Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы*. 2016. № 1. С.136-140.

4. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика : справ. издание. Москва : Высш. шк., 1991. 288 с.

5. Запорожець О.І. Безпека життєдіяльності : підручник. Київ : ЦУЛ, 2013. 448 с.

6. Ernest Hodgson. A textbook of modern toxicology. 4th ed. New Jersey : John Wiley & Sons, 2010. 648 p.



## РАДИАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Пилипенко Р. Г.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

[elinahobotova@gmail.com](mailto:elinahobotova@gmail.com)

Строительные материалы, изготавливаемые из различного сырья, варьируют по величине удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН):  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{40}\text{K}$ . Люди более 80% времени проводят в помещениях, следовательно, подвергаются радиоактивному воздействию ЕРН строительных материалов. Поэтому необходима оценка радиоактивности и радиологических опасностей, связанных со строительными материалами.

**Цель исследования** – исследование радиоактивных свойств многокомпонентных бетонов и расчет дозовых нагрузок для человека при использовании бетонов. Исследовано 7 образцов бетона ОАО "ДРСУ-33". Предприятие использует бетон для строительства автомобильных дорог и магистралей. Он же может применяться и в гражданском строительстве в зависимости от компонентного состава.

**Задачи исследования:** экспериментальное определение удельных активностей ЕРН в многокомпонентных бетонах; расчет дозы  $\gamma$ -излучения ЕРН бетонов и эффективной эквивалентной дозы облучения людей, проживающих в современных каменных помещениях расчет средней тканевой дозы человека, обусловленной вдыханием изотопов радона, в зависимости от интенсивности вентиляции в помещениях.

**Методика исследования.** Гамма-спектрометрический анализ образцов бетона выполнен с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра СЕГ-001 «АКП-С». Для обработки результатов измерений использовалось программное обеспечение Akwin. Критерием оценки строительных материалов является эффективная удельная активность  $C_{\text{эф}}$ , рассчитанная по удельным активностям  $C_i$  радионуклидов по формуле [1]

$$C_{\text{эф}} = C_{\text{Ra}} + 1,31C_{\text{Th}} + 0,085C_{\text{K}}, \text{ Бк/кг},$$

где  $C_{\text{Ra}}$ ,  $C_{\text{Th}}$ ,  $C_{\text{K}}$  – удельные активности  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  соответственно в Бк/кг; 1; 1,31; 0,085 – коэффициенты, равные отношению мощностей дозы в бесконечном пространстве, создаваемых при одинаковых удельных активностях  $^{232}\text{Th}$  и  $^{226}\text{Ra}$ ;  $^{40}\text{K}$  и  $^{226}\text{Ra}$  соответственно.

**Активность образцов бетона.** Таблица 1 включает экспериментальные данные по удельным активностям радионуклидов  $C_i$ , полученные  $\gamma$ -спектрометрическим методом, а также результаты расчета суммарной удельной активности  $C_{\text{сум}}$  и  $C_{\text{эф}}$  бетонов. Суммарная удельная активность образцов бетона колеблется в пределах 84,1–1043,4 Бк/кг. Наибольшую удельную активность имеет образец бетона №1, а наименьшую – образец № 5. Основной вклад в величину  $C_{\text{сум}}$  вносит активность  $^{40}\text{K}$ , затем –  $^{232}\text{Th}$ .

Для образцов бетона величина  $C_{\text{эф}}$  превышает среднюю по СНГ (93 Бк/кг [2]) и по Украине (106 Бк/кг [3]) кроме образцов № 5, 6. Однако все исследуемые образцы бетона относятся к I классу радиационной опасности строительных материалов, используемых в строительстве без ограничений,  $C_{\text{эф}} < 370$  Бк/кг. Данные бетоны не представляют значительной радиационной опасности для населения. Вклад активностей радионуклидов в величину  $C_{\text{эф}}$  образцов бетона № 1-3 уменьшается в ряду  $^{40}\text{K} > ^{232}\text{Th} > ^{226}\text{Ra}$ , для остальных образцов наибольший вклад обуславливает активность  $^{232}\text{Th}$ .

**Расчет дозовых нагрузок для людей, проживающих в бетонных помещениях.** Эффективную эквивалентную дозу облучения людей, проживающих в бетонных помещениях, рассчитывали по формуле [2]:

$$D_{\text{пом}} = 4,74 \cdot C_{\text{бетон}}, \text{ мкЗв/год}.$$

Величину дозы, полученную за счет  $\gamma$ -излучения ЕРН бетона находили по разнице [2]:

$$\Delta D_{\text{ЕРН}} = D_{\text{пом}} - 305, \text{ мкЗв/год},$$

где 305 мкЗв/год – это доза, которую могут получить люди при нахождении весь год на открытой местности в средних широтах.

Таблица 1 – Показатели радиоактивных свойств бетона

№	<u><math>C_i</math>, Бк/кг (вклад в <math>C_{\text{сум}}</math>, %)</u>			$C_{\text{сум}}$ , Бк/кг	<u><math>C_{\text{эф}}</math>, Бк/кг</u>
	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K		
1	42,3 (4,1)	59,1 (5,7)	942 (90,3)	1043,4	<b><u>200</u></b>
2	42,4 (5,2)	54,8 (6,8)	714 (88,0)	811,2	<b><u>175</u></b>
3	46,4 (4,5)	61,2 (6,0)	920 (89,5)	1027,6	<b><u>205</u></b>
4	24,9 (5,3)	46,2 (9,8)	398 (84,9)	469,1	<b><u>119</u></b>
5	31,3 (37,2)	52,8 (62,8)	–	84,1	<b><u>101</u></b>
6	22,2 (4,7)	35,7 (7,5)	416 (87,8)	473,9	<b><u>104</u></b>
7	38,3 (8,4)	34,0 (7,5)	382 (84,1)	454,3	<b><u>115</u></b>

Таким образом,  $\Delta D_{\text{ЕРН}}$  представляет собой дополнительное действие  $\gamma$ -излучения ЕРН, обусловленное проживанием в каменных зданиях. Результаты расчета годовой эффективной эквивалентной облучения людей и дозы за счет  $\gamma$ -излучения ЕРН образцов бетонов приведены в таблице 2. Доза за счет  $\gamma$ -излучения образцов бетонов №1–3 превышает суммарную годовую дозу за счет действия  $\gamma$ -излучения строительных материалов и эманации из стен изотопов радона (0,35 мЗв/год [2]). По интенсивности  $\gamma$ -излучения ЕРН материала вызывают опасения образцы бетона 1–3.

За 50 лет доза облучения в помещении составит:

$$D_{50} = D_{\text{пом}} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ Зв.}$$

Величина  $D_{50}$  (табл. 2) меньше суммарной дозы облучения населения за счет ЕРН и проведения медицинских процедур за 50 лет (170 мЗв [3]).

Таблица 2 – Дозы гамма-излучения, создаваемые образцами бетона

№	1	2	3	4	5	6	7
$D_{\text{пом}}$	0,948	0,83	0,972	0,564	0,479	0,493	0,545
$\Delta D_{\text{ЕРН}}$	0,643	0,525	0,667	0,259	0,1747	0,188	0,24
$D_{50}$	47	42	49	28	24	25	27

**Расчет средней тканевой дозы человека, обусловленной вдыханием изотопов радона, в зависимости от интенсивности вентиляции помещения.** Для современных каменных домов с железобетонными перекрытиями проникновение <sup>222</sup>Rn в воздух помещения из почвы затруднено, и основным источником поступления <sup>222</sup>Rn является его эксхалация из строительных конструкций. Максимально возможное выделение радона определяется величиной произведения концентрации <sup>226</sup>Ra в строительном материале на коэффициент эманации радона по следующей формуле [2]:

$$C_{\text{Rnmax}} = \frac{C_{\text{Ra}} \cdot \rho \cdot \eta}{P}, \text{ Бк/л,}$$

где  $C_{\text{Rnmax}}$  – максимально возможная объемная активность радона в порах материала, Бк/л;  $C_{\text{Ra}}$  – удельная активность радия в материале, Бк/кг;  $\rho$  – плотность материала, кг/л;  $P$  – пористость материала, %.

Оценку уровня выделения радона из бетона проводили в соответствии со значением эффективной активности радия  $C_{\text{эфRa}}$  ( $C_{\text{Ra}} \eta$ ) и максимальной концентрацией <sup>222</sup>Rn в порах образцов материалов  $C_{\text{Rnmax}}$ . Не выявлено превышение  $C_{\text{эфRa}}$  для I класса радиационной опасности стройматериалов (22,2 Бк/кг) [1, 2].

$C_{\text{Rnmax}}$  рассчитывали с учетом данных  $\rho = 2,4$  кг/л;  $\eta = 0.095$ ;  $P = 8$  %. Величина  $C_{\text{Rnmax}}$  определяет значение объемной активности радона в воздухе помещений. Она зависит от

скорости воздухообмена. Концентрация радона в воздухе помещения  $C_{Rn}$  обычно составляет  $0,01C_{Rnmax}$ , что связано со стек-эффектом и присутствием отходов в стройматериалах в виде добавок. Среднюю годовую тканевую (легочную) дозу облучения человека за счет радона ( $D_{лег}$ ) для неветилируемых (1) и вентилируемых (2) помещений рассчитывали соответственно по формулам [2]

$$D_{лег} = 135 \cdot C_{Rn}, \text{ Зв/год}, \quad (1)$$

$$D_{лег} = 38 \cdot C_{Rn}, \text{ Зв/год}, \quad (2)$$

где  $C_{Rn}$ , Бк/л. Условия вентиляции помещений при расчете по формуле (2) – смена 0,001 объема воздуха помещения за 1 с.

Результаты расчета приведены в таблице 3. Все образцы бетонов не могут быть использованы для строительства зданий с отсутствием вентиляции, для них превышено среднее значение эквивалентной дозы (0,35 мЗв/год) [2]. Для образцов бетонов № 1–3, 7 при их эксплуатации в условиях интенсивной вентиляции также наблюдалось превышение  $D_{лег} > 0,35$  мЗв/год, поэтому исследованные материалы не могут быть рекомендованы для строительства жилых домов.

Таблица 3 – Ингаляционные дозы при вдыхании изотопов радона

№ образца	$C_{Ra}$ , Бк/кг	$C_{Rnmax}$ , Бк/л	$C_{Rn}$ , Бк/л	$D_{лег}$ , Зв/год формула (1)	$D_{лег}$ , Зв/год формула (2)
1	42,3	1,21	$1,21 \cdot 10^{-2}$	1,63	0,46
2	42,4	1,21	$1,21 \cdot 10^{-2}$	1,63	0,46
3	46,4	1,32	$1,32 \cdot 10^{-2}$	1,78	0,5
4	24,9	0,71	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,96	0,27
5	31,3	0,89	$8,9 \cdot 10^{-3}$	1,2	0,34
6	22,2	0,63	$6,3 \cdot 10^{-3}$	0,85	0,24
7	38,3	1,09	$1,09 \cdot 10^{-2}$	1,47	0,41

#### Выводы:

– Экспериментально определены удельные активности ЕРН в многокомпонентных бетонах. Величина эффективной удельной активности свидетельствует, что все образцы бетона относятся к I классу радиационной опасности и могут использоваться в строительстве без ограничений,  $C_{эф} < 370$  Бк/кг. Показано, что по данным о радиоактивности образцов и массовому вкладу их отдельных компонентов возможно определить варьирование содержания других компонентов бетона.

– Величина дозы  $\gamma$ -излучения ЕРН образцов бетонов 1–3 превышает среднюю суммарную годовую дозу за счет действия  $\gamma$ -излучения строительных материалов и эманации из стен изотопов радона. Образцы бетона 4–7 по интенсивности  $\gamma$ -излучения не представляют радиологической опасности при использовании для строительства зданий;

– Величина средней тканевой (легочной) дозы человека, обусловленной вдыханием изотопов радона при эманации строительными материалами, показывает невозможность использования для строительства жилых помещений всех образцов бетона при отсутствии вентиляции и образцов бетона 1–3, 7 при их эксплуатации в условиях интенсивной вентиляции.

1. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97). – К.: МОЗ, 1997. – 121 с.
2. Крисюк Э. М. Радиационный фон помещений. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 120 с.
3. Коваленко Г. Д., Рудя К. Г. Радиоэкология Украины: монография. – Киев: ИПЦ "Київський університет", 2001. – 167 с.

## КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ MENTHA ARVENSIS L

*Пирекова Н.А., Коренькин Д.Ю.*

Казахский национальный университет им. Аль-Фараби  
[npirekova7@gmail.com](mailto:npirekova7@gmail.com)

Для проведения экспертизы качественного состава *Mentha arvensis* L. проводилась предварительная экстракция и фракционирование БАС травы и цветков изучаемого растения. Алкалоиды: добавляли 1 мл реактива Зонненштейна (1% раствор кислоты фосфорно-молибденовой), выпадали осадки желтого цвета, которые при стоянии приобретали синие оттенки. Аминокислоты: добавляли 1 мл 1% спиртового раствора нингидрина, смесь осторожно нагревали до 100-105<sup>0</sup>, наблюдали образование фиолетового окрашивания. Белки: добавляли 1 мл кислоты азотной концентрированной, смесь осторожно нагревали, наблюдали образование желтого осадка, после прибавления к которому 2 мл 30% раствора натрия гидроксида, желтая окраска переходила в оранжевую. Гидролизующие дубильные вещества: добавляли 1 мл 1% раствора квасцов железомолибденовых, появлялось черно-синее окрашивание. Ксантоны: наносили 5 капель анализируемого раствора на хроматографическую бумагу, появлялось бледно-желтое окрашивание, которое в УФ-свете имело абрикосовый цвет. Кумарины: добавляли 2 мл 10% раствора калия гидроксида в метаноле, нагревали 5 минут на водяной бане, перемешивали и нейтрализовали 10% раствором кислоты хлороводородной до кислой реакции, появлялся светло-желтый осадок. Органические кислоты: добавляли 1 мл 1% раствора калия ферроцианида и 1 мл 1% раствора квасцов железомолибденовых, появлялось фиолетовое окрашивание. Полисахариды: добавляли 5 мл спирта этилового 95%, наблюдали образование белого осадка. Стероиды: к пробе в хлороформе добавляли 1 мл 90% раствора кислоты трихлоруксусной, появлялись сменяющие друг друга окраски от розовой до интенсивно синей. Феноло- и оксикоричные кислоты: добавляли 2 капли бромкрезолового зеленого, появлялось желтое окрашивание на зеленом фоне. Флавоноиды: добавляли 2 капли 5% спиртового раствора алюминия хлорида, появлялось желтое окрашивание. Эфирные масла: добавляли 1 мл 1% раствора брома в хлороформе, появлялось окрашивание от голубого до синего.

Проведен фитохимический анализ основных групп БАВ надземной части *Mentha arvensis* L. Установлено наличие в мяте полевой фенолокислот, полисахаридов, кумаринов, ксантонов, белков и дубильных веществ. Впервые установлены оптимальные параметры микроволновой экстракции (экстрагент; соотношение сырье : экстрагент; время и мощность микроволнового излучения) доминирующих структурных типов БАВ мяты полевой для алкалоидов – мощность СВЧ излучения – 600 Вт, время экстракции – 3 мин., при pH экстрагента 10; для гидролизующих дубильных веществ – мощность излучения – 800 Вт, время экстракции – 5 мин., при pH экстрагента 9; для ксантонов – мощность излучения – 800 Вт, время экстракции – 5 мин., при pH экстрагента 10 и для флавоноидов – мощность излучения – 600 Вт, время экстракции – 5 мин., при pH экстрагента 9.

1. Павлов Н.В. Флора Казахстана. - Алма-Ата: изд-во АН КазССР, 1964.- Т. 7.- С. 464.
2. Буданцев А.Л. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность.- СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – Т. 4.- 630 с.
3. Pandey A.K., Chowdhury A.R. GC-MS studies of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.) oil // J. Med. Aromat. Plant Sci.- 2000.- Vol. 22, P. 468-469.

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ MENTHA ARVENSIS L

*Пирекова Н.А., Корулькин Д.Ю.*

Казахский национальный университет им. Аль-Фараби  
[npirekova7@gmail.com](mailto:npirekova7@gmail.com)

Для проведения фитохимического анализа содержания идентифицированных групп БАВ *Mentha arvensis L.*, измельченное воздушно-сухое растительное сырье было подвергнуто 2-х часовой термической экстракции растворителями различной полярности по принципу структурного сродства к определяемой групп природных метаболитов. Полученные результаты:

Класс БАВ	Результат количественного определения трав и цветков соответственно	
Алкалоиды	0.208±0.006	0.086±0.002
Аминокислоты	3.274±0.042	2.669±0.034
Белки	6.479±0.062	5.214±0.054
Гидролизуемые дубильные вещества	1.974±0.024	0.852±0.020
Ксантоны	1.793±0.024	1.969±0.026
Кумарины	1.031±0.012	1.811±0.022
Органические кислоты	0.158±0.004	0.263±0.004
Полисахариды	5.556±0.062	2.832±0.034
Стероиды	0.257±0.008	0.076±0.002
Феноло- и оксикоричные кислоты	0.422±0.016	0.345±0.014
Флавоноиды	4.757±0.052	4.084±0.042
Эфирные масла	0.526±0.006	1.187±0.012

Из анализа данных следует, что трава мяты полевой богаче по содержанию алкалоидов, аминокислот, белков, гидролизуемых танинов, полисахаридов, стероидов, феноло- и оксикоричных кислот, флавоноидов; в цветках мяты полевой максимально накапливаются ксантоны, кумарины, органические кислоты и эфирные масла. Исходя из количественного содержания биологически активных веществ *Mentha arvensis L.*, изучаемый вид, помимо промышленно извлекаемого из него эфирного масла; может стать перспективным источником флавоноидных, танидных, ксантоновых и алкалоидных фитопрепаратов.

1. Li M., Xu L. Li Z. Chemical constituents from *Mentha Canadensis* // *Biochem. Syst Ecol.*- 2016.- Vol. 49.- P. 144-147.

2. Benabdallah A., Boumendjel M., Aissi O. Chemical composition, antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibitory of wild *Mentha* species from northeastern Algeria // *South Afr. J. Bot.*- 2018.- Vol. 116.- P. 131-139.

## ВИЗНАЧЕННЯ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ У ГАЗОВАНИХ ВОДАХ

*Савчук Т.І.<sup>1</sup>, Кормош Ж.О.<sup>1</sup>, Корольчук С.І.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки,  
[Savchuk.Tanja.@eenu.edu.ua](mailto:Savchuk.Tanja.@eenu.edu.ua)

Відомо, що зі швидкими темпами розвитку харчових технологій все більше і більше використовуються харчові добавки, вони надають привабливого естетичного вигляду готовому продукту [1]. Основними технологічними вимогами до харчових барвників є: відсутність вираженої біологічної активності та канцерогенності; нешкідливість у застосовуваних дозах; стійкість забарвлення (стійкість до дії світла та окислення, змін кислотності середовища, температурного режиму); інтенсивність забарвлення (насичений колір за незначної кількості барвника); здатність витримувати стерилізацію до 120°C; розчинність у воді або жирах; здатність рівномірно розподілятися в масі харчового продукту[2].

Використання барвників дозволяє: створити великий асортимент харчових продуктів, що відрізняються по кольору; відновити первісне забарвлення продукту, яка втрачається при обробці або зберіганні; підсилити інтенсивність природного забарвлення; стандартизувати характеристики кольору харчової продукції незалежно від коливань якості вихідної сировини; дозволяє зробити продукції більш привабливою для споживача і підвищити її фізіологічне засвоєння.

Не допускається використання барвників для маскування змін забарвлення харчових продуктів, обумовленого їх псуванням або недоброякісністю сировини.

Для визначення харчових барвників (E102, E110, E124, E132, E142) у газованих безалкогольних напоях було обрано метод тонкошарової хроматографії [3].

Для експерименту використовували такі газовані безалкогольні напої: «Mirinda» (orange), «Фрутс» (оранж), Isotonic, «Соковинка» (вишня), «Чамбо».

Виявили, що «Мірінда», «Фрутс» та Isotonic містять у складі барвники, відповідно: E110, E102 та E132, «Соковинка» не містить синтетичного барвника E124, забарвлення напою надається через додавання натуральних барвних речовин, «Чамбо» також не містить визначуваного барвника E142, зелене забарвлення напою надається за допомогою суміші барвників E110 та E102.

1. Нечаев А. П. Пищевые добавки / Нечаев А. П., Кочеткова А. А., Зайцев А. Н. – М.: Колос, 2001. – 342 с.

2. Смирнов Е. В. Пищевые красители / Евгений Валентинович Смирнов. – Санкт-Петербург: Профессия, 2009. – 346 с.

3. Определение содержания синтетических красителей методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. // Продукция алкогольная, безалкогольная, соковая, добавки вкусоароматические. – М.: Стандартиформ, 2016. – С. 15– 16.

## ВИЗНАЧЕННЯ АНТИОКСИДАНТІВ У ВИННИХ ВИРОБАХ

*Савчук Т.І.<sup>1</sup>, Мігальчук І.С., Корольчук С.І.,<sup>1</sup> Кормош Ж.О.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки,  
[Savchuk.Tanja.@eenu.edu.ua](mailto:Savchuk.Tanja.@eenu.edu.ua)

В останнє десятиліття широко вивчається група речовин, відома під назвою антиоксиданти. Їх властивості і механізми дії викликають інтерес фізиків, які стикаються з ними у своїй практиці. Як було доведено, антиоксиданти впливають на процеси радикального окислення ліпідів уповільнюючи і припиняючи їх.

Вони захищають жири і жиромісні продукти від згіркнення, оберігають фрукти, овочі і продукти їх переробки від потемніння, уповільнюють ферментативне окислення вина, пива і безалкогольних напоїв.

Виноградні вина є багатокомпонентними системами. До їхнього складу входять органічні кислоти, вуглеводи, спирти та багато інших сполук. Вміст інгредієнтів вина широко варіює залежно від різновиду й сорту винограду, кліматичних, геологічних, агротехнічних та інших умов [1].

До антиоксидантів, які містяться у вині відносять такі сполуки, як: діоксид сірки; резвератрол; рутин; лейкоантоціани; квертецин; мальвідин-3-5-диглікозид; вітаміни: жиророзчинні (провітамін А, вітаміни А, D, E, K, А та ін.) і водорозчинні (вітаміни С, В1, В2, В3, В4, В5, В6, В7, В8, В9, В12 та ін.), кислоти: лимонна, аскорбінова, фосфатна, винна, ортофосфатна, янтарна; дубильні речовини; фенольні сполуки; тяжкі ефіри; катехіни; мікро елементи: Fe, Ca, Zn, Se.

Визначення сірчистої кислоти відноситься до числа найбільш важливих, часто здійснюються при контролі первинного виноробства, при обробці і витримці вин в шампанському виробництві. Значення визначення сірчистої кислоти підвищується в готовому продукті, так як вона шкідливо діє на організм людини (максимально допустима у вині загальна кількість  $SO_2$  – 200 мг / л, в тому числі вільного  $SO_2$  – 20 мг / д). Для визначення сірчистої кислоти у вині найбільш поширений йодометричний метод прямого титрування, незважаючи на відносно малу точність одержуваних результатів [2].

Залізо є одним з найбільш важливих елементів мінерального складу вина перш за все тому, що воно бере участь в окислювальних процесах, що протікають у вині, і, крім того, обумовлює деякі вади (почорніння вина). Вміст заліза в винограді відносно не велика (кілька мг / л). Однак у зв'язку із застосуванням машин і апаратів при отриманні і обробці вина, останнім збагачується залізом іноді в дуже сильному ступені (до 50 мг / л і більше), що негативно позначається на якості продукту.

Вино містить ряд поліфенолів, найбільш цінний для здоров'я людини – ресвератрол – це природний фітоалексин. Він синтезується в рослинах і захищає їх від хвороб, викликаних паразитами. Проводяться дослідження ефективності ресвератрола як засобу запобігання раку, розвитку серцево-судинних і нейродегенеративних захворювань. Ресвератрол зустрічається у вигляді двох просторових ізомерів цис - і транс - .Рутин або Р-вітамін є похідним флавоноїдів. Це глікозид, що складається з флавонолу або катехіну, з'єднаний з дисахаридом рутинози. Рутиноза, в свою чергу, складається з глюкози і рамнози. Загальна кількість флавоноїдів, що володіють Р-вітамінною активністю, визначають колориметричним методом, заснованим на використанні реактиву Фоліну-Чокальтеу [3].

Загальні принципи визначення інтегральної антиоксидантної активності базуються саме на окисно-відновних реакціях і можуть бути реалізовані різними способами: хімічними та фізико-хімічними. Визначення антиоксидантів можливе такими методами: хімічними (окислювально-відновним титруванням); спектроскопічними методами: FRAP (метод FRAP (ferric reducing / antioxidant power) заснований на здатності антиоксидантів відновлювати іон заліза (III)), CRAC, CUPRAC., електрохімічними методами: кулонометричний; амперометричний, вольтамперометричний; потенціометричний [3].

Отже, визначення антиоксидантів у винних виробках є досить важливим процесом при контролі якості готової продукції, оскільки додавання антиоксидантів в продукти харчування, напої призводить до покращення якості продукту, органолептичних властивостей, але також може нести як позитивний, так і негативний вплив на організм людини.

1. Агабальянц Г. Г. Химико-технологический контроль производства советского шампанского / Г. Г. Агабальянц – М. : Москва, 1954. – с. 258 – 302.

2. Агабальянц Г. Г. Химико-технологический контроль производства виноделия / Г. Г. Агабальянц – М. : Москва, 1968. – с. 252 – 450.

3. Яшин Я. И. Природные антиоксиданты / Я. И. Яшин, В. Ю. Рижнов, А. Я. Яшин – М. : Москва, Транс Лит, 2009. – с. 45.

4. Горюшкіна Т. Б. Виноградні вина. Хімічний склад та методи визначення /Т. Б. Горюшкіна, С. В. Дзядвич – К. : Київ, 2008. – № 2. – с. 24 – 36.



## ВИЗНАЧЕННЯ ШКІДЛИВИХ ДОМШОК У ГОРІЛЧАНИХ ВИРОБАХ

*Савчук Т.І.<sup>1</sup>, Приступа І.В., Корольчук С.І.<sup>1</sup>, Кормош Ж.О.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Східноєвропейський національний університет  
імені Лесі Українки, [Savchuk.Tanja.@eenu.edu.ua](mailto:Savchuk.Tanja.@eenu.edu.ua)

Етиловий спирт є основною складовою горілочаних напоїв. Якість горілочаних виробів безпосередньо залежить від ступеня чистоти спирту. Для виробництва горілок використовують етиловий спирт таких сортів як “Пшенична сльоза”, “Екстра”, “Люкс” та “Вищої очистки”, ніколи не використовують спирт 1-го сорту.

Спиртові заводи випускають етиловий спирт-сирець та ректифікований етиловий спирт. Для приготування горілок і лікєро-горілочаних виробів використовують лише очищений (ректифікований) спирт. Ректифікація дозволяє знизити загальний вміст домішок приблизно в 100 разів. Проте незначна частина мікродомішок, що залишається, виявляється достатньою, щоб в тій чи іншій мірі позначитися на якості горілок. Домішки, які містяться в етиловому спирті можуть бути розділені на чотири основні групи: альдегіди, ефіри, вищі спирти і кислоти [1].

Альдегіди представлені в основному оцтовим, масляним і пропіоновим. Через високу реакційну здатність вони дуже отруйні. Невелика домішка ацетальдегіду, акролеїну, крєтонового альдегіду надає горілці різкого пєкучого смаку і гострого неприємного запаху. При старінні спиртних напоїв кількість альдегідів в них збільшується. Допустима концентрація альдегідів для горілок з різних сортів спирту в перерахунку на оцтовий альдегід коливається в межах 3,0 - 8,0 мг/дм<sup>3</sup>. Визначають загальний вміст альдегідів за допомогою реакції з фуксинсірчистою кислотою [2].

Під час перегонки спирту утворюється висококипляча фракція, що називається сивушне масло, яке містить близько 40 компонентів. Головними його складовими є спирти: аміловий (60%), ізобутиловий (35%), пропіловий (6%). Сивушне масло надає спирту неприємний специфічний запах та гіркий смак. Сивушне масло є найшкідливішою домішкою, оскільки підвищений вміст її веде до руйнування всіх органів і насамперед печінки. Вищі спирти, як і етанол, викликають стан сп'яніння, подібний до алкогольного, тільки наслідки його важчі – сильний головний біль, слабкість, біль у м'язях.

Визначення масової концентрації сивушного масла здійснюють за допомогою фотоелектроколориметричного та газохроматографічного методів. Якісними реакціями на сивушні олії є метод Готфруа (нагрівання алкогольного напою в присутності концентрованої сульфатної кислоти та бензену), реакції окиснення (нагрівання алкогольного напою в присутності концентрованої сульфатної кислоти та розчину калію перманганату), реакція Комаровського (з саліциловим альдегідом або ваніліном). Вміст сивушного масла в горілках не повинен перевищувати 3,0 – 10,0 мг/дм<sup>3</sup> [3].

Метанол є найбільш важко відокремлюємо домішкою в процесі ректифікації етилового спирту. За своїми органолептичними властивостями він мало відрізняється від етилового спирту і тому є одним з основних «винуватців» випадкових смертельних отруєнь. Домішки метанолу не надають негативного впливу на органолептичні показники, проте вони є токсичними і мають здатність накопичуватися в організмі людини та викликати отруєння, призводити до втрату зору, хвороб нирок та печінки.

Визначення об'ємної частки метилового спирту здійснюють за допомогою фотоелектроколориметричного та газохроматографічного методів. Суть фотоелектроколориметричного методу полягає у вимірюванні інтенсивності забарвлення, отриманого після взаємодії динатрієвої солі хромотропової кислоти з формальдегідом, який утворюється внаслідок окислення метилового спирту, що міститься в досліджуваних відгонах горілок, перманганатом калію. Вміст для горілок з різних сортів спирту коливається в межах 0,005 – 0,03 мг/дм<sup>3</sup> [4].

Складні естери є продуктами взаємодії спиртів з органічними кислотами. Їх відносять до малотоксичних з'єднань, тому вони не є небезпечними для організму, проте можуть



істотно впливати на запах та смак продукту. Діетиловий естер в невеликих кількостях посилює запах спирту, а мурашино-етиловий і оцтово-етиловий – пом'якшують його. Вміст естерів в перерахунку на оцтово-етиловий естер не більше 2,0 - 10,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Визначення масової концентрації естерів здійснюють за допомогою фотоелектроколориметричного та газохроматографічного методів. Суть фотоелектроколориметричного методу ґрунтується на визначенні інтенсивності забарвлення після реакції хлориду заліза (III) шестиводного із гідроксамовою кислотою, яка утворюється в результаті взаємодії естерів досліджуваної горілки і солянокислого гідроксиламіну в лужному середовищі [5].

Отже, контроль вмісту шкідливих домішок в горілчаних напоях є дуже важливим, оскільки це відображається не тільки на органолептичних показниках виробів, а й на здоров'ї споживачів.

1. Горілки і горілки особливі. Технічні умови: ДСТУ 4256:2003 – [Чинний від 2007-07-03]. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 14 с. – (Національний стандарт України).

2. Про безпечність та якість харчових продуктів : закон України від 23 грудня 1997 р. № 771/97-ВР : [зі змінами та доп., внесеними від 01.10.2012].

3. Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови: ДСТУ 4221:2003. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 12 с. – (Національний стандарт України).

4. Олійник С. І. Технології спирту, дріжджів і лікєро-горілчаних напоїв: лабораторний практикум для студентів / С. І. Олійник, А. М. Куц, М. В. Бондар. – К.: НУХТ, 2014. – 86 с.

5. Нужный В. П. Токсикологическая характеристика этилового спирта, алкогольных напитков и содержащихся в них примесей / В. П. Нужный // Вопр. Наркологи. – 2010. – № 3. – С. 65-74.

## ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АСОЦІАТИВ ПРИ РОЗРОБЦІ СПЕКТРАЛЬНИХ МЕТОДИК КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ

*Свіщова Я.О.*

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва,

[svishheva.jana@ukr.net](mailto:svishheva.jana@ukr.net)

Основними питаннями кількісного аналізу є: 1. Зниження межі визначення. 2. Розширення діапазону концентрацій речовини, що визначається. На цей час існують інструментальні методи аналізу, що відносно відповідають цим вимогам. Наприклад, хроматографія, що широко застосовується в фармацевтичній та харчовій галузі переважно для аналізу органічних речовин. Але використання хроматографічних методів дослідження вимагає використання спеціального коштовного обладнання, яке комплектується під певні завдання досліджень і не може бути універсальним для застосування в екологічних і науково-дослідних лабораторіях. На відміну від хроматографічних методів, спектрофотометричні методи дослідження є більш доступними в зв'язку з наявністю майже в кожній лабораторії спектрофотометрів та фотоколориметрів, що дозволяють проводити кількісний аналіз широкого кола речовин в різноманітних об'єктах з допустимою похибкою.

З метою розвинення спектрофотометричних методів дослідження, зокрема у водному середовищі, а також розробки методики аналізу для об'єктів довкілля з перспективою створення високочутливих експрес методів досліджено можливість використання ціанінових барвників. Представники цього класу барвників змінюють власні спектральні характеристики в присутності інших органічних молекул, що дає змогу використовувати їх в якості зонду для дослідження процесів агрегації та встановлення кількісного вмісту речовини в суміші.

Встановлені закономірності можуть бути взяті за основу в розробці експериментальних підходів дослідження біологічних систем, а також можуть бути використані для розробки методик кількісного аналізу природних об'єктів. Спектральні методи, що використовуються для дослідження асоціації забарвлених молекул є інформативними та дозволяють оцінити стійкість та тип асоціату (контактний або сольватнорозділений). При утворенні різномірних асоціатів за участю забарвлених органічних молекул суттєво змінюються їх спектр поглинання: відсутня адитивність в спектрі, а також можуть виникати нові смуги поглинання, що батохромно чи гіпсхромно зсунені відносно смуг поглинання власних форм барвників. Дослідження асоціатоутворення можна поділити на наступні типи:

1. Дослідження взаємодії між іонною формою барвника та незабарвленим органічним протиіоном дозволяє детально описати спектральні зміни, що супроводжують асоціацію.

2. Порівняння стійкості асоціатів до складу яких входить однаковий катіон (чи аніон) та органічні протиіони, що відрізняються кількістю та природою замісників. Такі дослідження в комплексі з квантово-механічними розрахунковими методами дозволяють описати фактори, що впливають на асоціацію та оцінити відносний внесок різних типів взаємодії в стабілізацію асоціатів.

3. Дослідження впливу іонів різної природи на стабільність асоціатів виходячи зі спектральних змін, які спостерігаються при додаванні збільшуваних концентрацій іонів до асоціату.

4. Встановлення особливості спектральних змін, що супроводжують взаємодію забарвленого іона та поліелектроліта.

Така послідовність постановки досліджень обґрунтована на основі раніш встановлених закономірностей впливу поверхнево-активних речовин (надалі ПАР) катіонної (КПАР) та аніонної природи (АПАР) на різномірні асоціати. Дослідження проводили при концентрації ПАР суттєво нижчих значень їх ККМ для виключення впливу середовища на процес асоціатоутворення. Додавання КПАР та АПАР до усіх асоціатів викликають поступове відновлення смуг поглинання барвників, що пояснюється кокументною дією заряджених частинок ПАР по відношенню до органічних протиіонів в асоціатах та можливістю утворення більш стійких асоціатів забарвлений іон – протиіон ПАР. Інтервал концентрацій ПАР, що відповідають таким змінам, залежать від стійкості асоціатів, значення зарядів забарвлених іонів та структури та зарядного типу ПАР.

Встановлені закономірності використали для розробки методик визначення ПАР. Такі методики при правильному підборі асоціатів можуть бути селективними для визначення ПАР певного типу. Крім того, особливості поведінки ПНЦ в присутності органічних іонів, а також властивості різномірних асоціатів за його участю були взяті за основу при розробці експериментальних підходів дослідження біологічних систем та використані для створення методик кількісного аналізу суміші ПАР в реальних об'єктах [2].

В якості альтернативи та продовження розвитку теорії різномірної асоціації вивчено спектральні зміни, що відбуваються при взаємодії ціанінового барвника пінаціанол хлориду (надалі ПНЦ) з органічними іонами. В якості протиіонів використано аніони гумусових кислот (ГК) ґрунтів різного генезису. Встановлено зміни в спектрі поглинання катіонної форми ПНЦ при додаванні збільшуваних концентрацій ГК: спостерігається зниження інтенсивності поглинання, гіпсхромний та батохромний зсув максимуму поглинання. Інтенсивність та характер спектральних змін залежить від типу ґрунту. Дослідження проводились з використанням витяжок ґрунту, що отримані за стандартною методикою. Виділення окремих фракцій ГК, а саме фульво кислот та гумінових кислот не проводили. Але не зважаючи на те, що додавали суміш ГК, спостерігали відчутну різницю в змінах спектра поглинання ПНЦ. Так ґрунтові витяжки, що містять переважну кількість ГК з розгалуженою зовнішньою частиною з великою кількістю негативно заряджених карбоксильних та гідроксильних груп викликають зниження інтенсивності поглинання барвника при менших концентраціях. Такі зміни можна зв'язати з утворенням різномірних асоціатів змінного стехіометричного складу між ГК та барвником за рахунок

електростатичної взаємодії. Підтвердженням асоціативних процесів є існування інтервалів «насичення» в спектральних серіях. Добудова утворених асоціатів за рахунок подальшого приєднання молекул ГК відбувається за рахунок дисперсійної взаємодії, що підтверджується зростанням інтенсивності додаткової смуги поглинання. Встановлені закономірності є основою для створення математичної моделі опису будови ГК.

1. Svishchova Ya.A. Heterogeneous associates of cationic cyanine dye with organic multiply charged anions / Ya.A. Svishchova, S. A. Shapovalov // French-Ukrainian Journal of Chemistry – 2018, Vol.6, No. 1, Page: 21-30/

2. Svishchova Ya.A. Analysis of the Possibility of Using Azodyes to Estimation of the Cadmium and Lead Content in Agricultural Soils / Ya.A. Svishchova, S. A. Shapovalov // International Journal of Ecological Science and Environmental Engineering. - 2018, Vol.5 , No. 1, Page: 28-33

## **ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ СВИНЦЮ, МІДІ, ЦИНКУ ТА НІКЕЛЮ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ПРИРОДНИМИ СОРБЕНТАМИ, АКТИВОВАНИМИ МІКРОХВИЛЯМИ**

*Суса Л.В.<sup>1</sup>, Мякуш О.Р.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, [teacher\\_leon@ukr.net](mailto:teacher_leon@ukr.net)

<sup>2</sup> Національний лісотехнічний університет України, м. Львів

Проблема очищення стічних та природних вод від важких металів (ВМ) була і залишається актуальною. У цьому плані сорбція є одним з головних методів. Важливою проблемою такого методу вважається пошук дешевих, але високопродуктивних сорбентів.

Значні затрати енергії та реактивів на попередню активацію та регенерацію синтетичних сорбентів підвищують вартість водоочистки. З огляду на це використання природних матеріалів з високими сорбційними характеристиками є перспективним науково-практичним напрямком [1].

З метою підсилення сорбційних властивостей природні сорбенти піддають активації або модифікації, для чого використовують різноманітні фізичні та хімічні процедури. Як правило, це - прожарювання, хімічна активація содою, кислотами, органічними реагентами тощо. Отримані таким чином активовані сорбенти володіють покращеними сорбційними параметрами.

Однак, така попередня обробка вимагає додаткових витрат реактивів, спеціального обладнання, затрат праці кваліфікованого персоналу тощо. У той же час, одним з вихідних положень і завдань нашої роботи було бажання підвищити сорбційні властивості природних сорбентів без застосування додаткових хімічних реактивів.

В останні десятиліття перспективним напрямком наукових розробок є вивчення впливу надвисокочастотного електромагнітного випромінювання (НВЧ ЕМВ, або «мікрохвиль») на цеолітні, глинисті та інші природні сорбційні матеріали. Як правило, мова йде про їх регенерацію після поглинання певних газів, видалення вологи, вивчення змін у кристалічній структурі, площі поверхні тощо. Проте, вплив мікрохвильової обробки цих сорбентів на підвищення ефективності процесу сорбційної очистки ними води вивчався дуже мало.

Автори уже повідомляли у своїх попередніх публікаціях [2 та ін.] про результати вивчення сорбційних властивостей глинистого матеріалу бентоніту, опроміненого мікрохвилями у поєднанні з гідротермальною активацією. Було показано, що здатність цього природного сорбенту вилучати з водних розчинів деякі ВМ (зокрема, іони свинцю, міді, цинку та нікелю) помітно зростає після такої комбінованої підготовки.

Метою даної роботи було порівняльне дослідження впливу мікрохвиль на ефективність гідротермальної активації відомого природного сорбенту кліноптилоліту (цеолітний тип структури), здійснене в умовах, аналогічних до робіт з бентонітом (глинистий матеріал).

Об'єктами сорбційного вилучення у процесах очистки водних розчинів виступали ті ж самі іони: свинець, мідь, цинк і нікель.

У якісному і кількісному хімічному складі, мотивах кристалічної структури тощо, між бентонітом та клиноптилолітом є багато спільного. Проте, на відміну від першого, у структурі другого (цеоліту) алюмокисневі октаедри і кремнієкисневі тетраедри, з'єднуючись загальним киснем, утворюють 4-х і 5-членні кільця, які, в свою чергу, складаються в жорсткий (на відміну від бентоніту), нескінченний тривимірний каркас. У цьому каркасі є вільні порожнини, сполучені широкими каналами з фіксованими розмірами.

У даній роботі використано клиноптилоліт з родовища с. Сокирниця Закарпатської обл. Він містить 85–90% мас. основного компонента. Його питома поверхня, визначена за водою, становить 59 м<sup>2</sup>/г. Формула закарпатського клиноптилоліту в оксидному варіанті (масова частка) має вигляд: SiO<sub>2</sub>, 67,29; TiO<sub>2</sub>, 0,26; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 12,32; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,26; FeO, 0,25; MgO, 0,99; CaO, 3,01; Na<sub>2</sub>O, 0,66; K<sub>2</sub>O, 2,76; H<sub>2</sub>O, 10,90 [1].

Робочі розчини («моделі») виготовляли із стандартних розчинів відповідних іонів. З метою наближення моделей до реальних умов, для вивчення процесу сорбції використовувались не індивідуальні розчини ВМ, а їх суміші.

Основну частину досліджень виконували в науково-дослідній лабораторії екологічної безпеки ЛДУ БЖД. Вона атестована в системі «Держстандартметрологія» (атест. свід. № РЛ 127/17 від 14.11.2017 р.). Концентрації забруднювачів (згадані вище ВМ) у водних розчинах до і після сорбційної очистки визначали з використанням атомно-абсорбційного спектрометра ААС-115.М1.

Вивчення кінетики та параметрів адсорбції згаданих ВМ із концентрованих водних розчинів на обох сорбентах виконувалось декількома способами.

Зокрема.

*Перший спосіб (серія «нат»):* досліджувався процес адсорбції іонів цих металів із модельних водних сумішей на бентоніті та клиноптилоліті без їх попередньої обробки.

Т. зв. «нативні» зразки сорбентів змішувались з модельними водними розчинами солей згаданих ВМ і проводили сорбційне вилучення їх протягом 24 год. Це було необхідним для отримання масиву числових параметрів адсорбції необроблених сорбентів з метою проведення порівняльного аналізу як з роботами інших авторів, так і з власними запланованими серіями сорбентів (комбінована обробка з використанням НВЧ ЕМВ).

*Другий спосіб (серія «стим»):* активація клиноптилоліту (як і бентоніту – в попередніх роботах) здійснювалась комплексно: поєднанням дії НВЧ ЕМВ на сорбент з одночасною промивкою його чистою водою («стимуляція»). Потім промивні води видалялись, до сорбенту додавали модельні розчини солей ВМ і проводили сорбційне вилучення їх протягом 24 год.

В якості джерела НВЧ ЕМВ використовувався розроблений та виготовлений авторами генератор на магнетроні моделі М-105. Схема включення – стандартна, без імпульсного модулювання; діапазон випромінювання - 2,45 ГГц; вихідна потужність - 790 Вт.

*Третій спосіб (серія «DIR»):* «нативний» зразок клиноптилоліту (як і бентоніту) зразу заливали модельним розчином, і лише після цього піддавали опроміненню мікрохвилями. Такий спосіб ми назвали «пряме опромінення» (*Direct Irradiation*, «DIR»). Після 24 – годинного відстоювання сорбат зливали і вивчали за допомогою ААС.

Опрацювання результатів аналізів (побудову ізотерм адсорбції, їх графічну та аналітичну обробку, розрахунки параметрів адсорбції) здійснювали за класичними методиками: Ленгмюра (Langmuir), Фрейндліха (Freundlich), Тота (Toth), Редліха-Петерсона (Redlich-Peterson) та ін. Використано стандартні математичні процедури пакету Microsoft Office Excell.

У результаті проведених досліджень було показано, що в усіх варіантах мікрохвильової активації має місце помітне зростання сорбційної ємності клиноптилоліту (як і бентоніту) за іонами важких металів. Проте, це зростання значно менше, ніж у випадку з бентонітом.

Для прикладу, максимальна сорбційна здатність бентоніту за іонами свинцю становить

31 мг/г («нат») і 114 мг/г («DIR») [2], в той час як аналогічні параметри для клиноптилоліту є помітно нижчими: 11 мг/г («нат») і 16 мг/г («DIR»).

Крім того, третій варіант активації («пряме опромінення») є простішим у технічному виконанні, ніж другий («стимуляція») - відсутня стадія промивки чистою водою; тому його можна більш ефективно використовувати у процесах очистки природних чи стічних вод від важких металів.

1. Тарасевич Ю.И., Поляков В.Е., Пенчов В.Ж. и др. Ионнообменные свойства и особенности строения клиноптилолитов различных месторождений // Химия и технология воды. 1991. Т. 13. № 2. С. 132–140.

2. . Sysa L.V., Stepova K.V., Petrova M.A., Kontsur A.Z. Microwave-treated bentonite for removal of lead from wastewater // Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii, 2019. No. 5. P. 126-134.

## **ПЕРЕВИЩЕННЯ ГРАНИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМАХ ЛЬВІВЩИНИ ЯК ПОКАЗНИК ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ**

*Суса Л.В., Пашинок В.М.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, [teacher\\_leon@ukr.net](mailto:teacher_leon@ukr.net)

Щорічно до гідросфери надходить близько 1800 млрд м<sup>3</sup> викидів неочищених і слабо очищених стічних вод. Найбільш забрудненими у гідросфері є річкові й озерні води. Особливо багато нині нечистот є в річках Східної Європи. Загрозливих масштабів набуває забруднення поверхневих вод також у країнах, що розвиваються.

Не оминула ця проблема і нашу країну, зокрема, і Львівську область. Водні ресурси Львівщини відіграють важливу роль у житті людей та економіки регіону. Вода використовується як джерело питного, технічного, сільськогосподарського водопостачання, в рибному господарстві, в лікувальних цілях, є джерелом поповнення запасів підземних вод, ін.

Поверхневі води Львівщини представлені річками, водосховищами, озерами та ставками. Оскільки місто та область в цілому розташовані в межах Головного Європейського вододілу, то в ньому переважають дрібні річки – витoki та притоки основних річок – Дністра і Західного Бугу. Ці річки відносяться до басейнів Чорного (Дністер, Стир та ін.) і Балтійського (Буг, Сян та ін.) морів.

Останнім часом спеціалізовані організації, які контролюють якість природних вод, а також численні ЗМІ повідомляють про майже катастрофічне погіршення екологічного стану водойм міста Львова та області [1]. Основними доказами цього є не лише їх зовнішній вигляд (захарщення побутовими відходами, пластиком, «цвітіння» води тощо), а й численні випадки перевищення значень ГДК поліютантів та інших гідрохімічних параметрів.

Метою роботи була оцінка екологічного стану поверхневих водойм у місті Львові та області за їх гідрохімічними показниками, а також роль у цій ситуації систем водовідведення обласного центру та інших міст.

На території м. Львова розташовано 83 великих та малих водойм. Кількість цих водойм, розподілена по міських районах, представлена у табл. 1.

Впродовж останніх років на 9-ти водних об'єктах міста проведено заходи з поліпшення технічного стану та благоустрою водойм. Лабораторією КП «Адміністративно-технічне управління» департаменту містобудування здійснюється щоквартальний відбір проб та

## Водойми міста Львова

Район	Кількість	Район	Кількість
Галицький	5	Сихівський	23
Залізничний	11	Шевченківський	16
Личаківський	19	Франківський	9

проведення хімічних аналізів на предмет виявлення перевищень гранично - допустимих концентрацій забруднюючих речовин у цих водоймах.

Протягом 2018 року були відібрані проби з озер, ставків (в т.ч. декоративних), потічків та річок. Всього досліджено 35 точок і відібрано 140 проб поверхневої води.

Найбільша кількість перевищень зафіксовано по таких забруднюючих речовинах як завислі речовини (на 33 точках спостереження), залізо загальне (на 15), БСК5 (на 18), аміак (на 12), фосфати (на 9) [1].

Найбільш забрудненими водними об'єктами у м. Львові є потік «Скнилівок» (с. Скнилів, 50 м від бетонної огорожі аеропорту), річка «Зубра» (с. Зубра, місток), річка Марунька (Личаківський р-н, за ПрАТ Компанія «Ензим»), потік «Голосківський» (Шевченківський р-н, вул. Замарстинівська, 270), потік «Водяний» (Залізничний р-н, вул. Авіаційна), потік «Лисиницький» (Личаківський р-н, вул. Тракт Глинянський, 7). У всіх перерахованих створах зафіксовано перевищення від 5 до 6 гідрохімічних показників.

Крім згаданої лабораторії, щомісячну інформацію про стан забруднення поверхневих вод надає Львівське обласне управління водних ресурсів.

Так, протягом останніх років лабораторією моніторингу вод та ґрунтів Львівської гідрогеолого-меліоративної експедиції проводилося дослідження щодо хімічного та радіологічного забруднення поверхневих вод у визначених пунктах спостереження в межах басейнів р. Дністер та р. Західний Буг [2].

*Басейн р. Дністер*

У басейні р. Дністер відбір проб здійснювався в 4 пунктах спостереження, на 3-х з яких виявлено перевищення ГДК цілого ряду політантів (показники порівнювалися з відповідними значеннями їх ГДК для водних об'єктів рибогосподарського призначення), зокрема:

- у пункті спостережень «р. Дністер – смт. Розвадів» виявлено перевищення гранично допустимої концентрації БСК5, азоту амонійного, азоту нітритного, фосфатних іонів та заліза загального;

- у створі «р. Дністер - м. Журавно» виявлено перевищення гранично допустимої концентрації фосфатних іонів та заліза загального;

- у створі «р. Стрий – м. Жидачів» перевищень гранично допустимих норм не зафіксовано;

- у пункті спостережень «р. Тисмениця – м. Дрогобич» виявлено перевищення граничнодопустимої концентрації БСК5, ХСК, азоту амонійного, азоту нітритного, фосфатних іонів та заліза загального.

*Басейн р. Західний Буг*

У басейні р. Західний Буг відбір проб здійснювався в 4 пунктах спостереження, на яких зафіксовано перевищення ГДК (рибогосподарські нормативи), а саме:

- у пункті спостережень «р. Західний Буг – м. Добротвір», нижче Добротвірського водосховища, виявлено перевищення гранично допустимих норм БСК5, ХСК, сульфатів, азоту амонійного та нітритного, фосфатів і заліза загального;

- у створі «р. Західний Буг – м. Сокаль» зафіксовано перевищення гранично допустимих БСК5, ХСК, сульфатів, азоту амонійного та нітритного, фосфатів і заліза загального;

- у створі «р. Західний Буг – м. Старгород» зафіксовано перевищення гранично допустимих ХСК, сульфатів, азоту амонійного та нітритного, фосфатів і заліза загального;  
- у створі «р. Західний Буг – м. Камя'янка-Бузька» зафіксовано перевищення гранично допустимих БСК5, ХСК, сульфатів, азоту амонійного та нітритного, фосфатів і заліза загального.

З огляду на представлені результати, можна зробити такі висновки:

- води більшості річок Львівщини є помірно-забрудненими, проте простежується тенденція до погіршення якості цих вод;  
- найвищі рівні сумарного забруднення простежуються у водах річок басейну Західного Бугу і, як правило, приурочені до створів, розташованих біля міста Львова;  
- система водовідведення та очисні споруди м. Львова працюють у штатному режимі, але їх потужностей явно недостатньо для повноцінного очищення стічних та зворотних вод;  
- очисні споруди інших міст області потребують значної реконструкції або повної заміни наявного у них очисного обладнання.

1. Екологічний паспорт Львівської області 2018 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.ekologia.lviv.ua>.

2. Результати здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища Львівської області [Електронний ресурс]. – Доступний з <https://data.gov.ua/dataset/7faa4182-63fb-4e1b-8482-d4358b6be208>

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ КАРФЕДОН З ДОПОМОГОЮ КОМПОЗИТУ VO(OH) – СКВАРАЙНОВИЙ БАРВНИК**

*Ткач В.В.<sup>1,2</sup>, Кушнір М.В.<sup>1</sup>, де Олівейра С.С.<sup>2</sup>, Іванушко Я. Г.<sup>3</sup>, Луганська О.В.<sup>4</sup>, Ягодинець П.І.<sup>1</sup>, Іскаріця В.В.<sup>5</sup> Кормош Ж.О<sup>5</sup> Ваш дуж Рейш Л.<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Україна

<sup>2</sup>Федеральний університет штату Мату-Гроссу-ду-Сул, Бразилія

<sup>3</sup>Буковинський державний медичний університет, Україна

<sup>4</sup>Запорізький національний університет, Україна

<sup>5</sup>Східноєвропейський національний університет, Україна

<sup>6</sup>Університет Траз-уж-Монтіш і Алту-Доуру, Віла-Реал, Португалія

[nightwatcher2401@gmail.com](mailto:nightwatcher2401@gmail.com)

28 листопада 2019 року в рамках розіграшу групового етапу Ліги Європи шведський «Мальме» приймав кийське «Динамо» і обіграв його з рахунком 4:3. В даному матчі в складі «Динамо» в основному складі вийшов форвард Національної Збірної України з футболу Артем Бесєдін, який результативними діями не відзначився, але отримав жовту картку. Пізніше виявилось, що допінг-проба, яку форвард здавав був перед матчем виявилась позитивною. В результаті, Артема Бесєдіна відсторонили від футболу терміном на один рік [1].

В організмі футболіста було знайдено фонтурацетам або карфедон (Рис. 1). Він є одним із ноотропних препаратів, що часто застосовуються як стимулянт, анксолітик, протисудомний засіб. Однак, окрім цього він використовується як фізичний стимулянт. Внаслідок цього, він входить у список заборонених препаратів ВАДА [2]. Відтак, для проведення ефективного експрес-аналізу допінг-проб, розробка ефективних методик його визначення є дійсно актуальною.



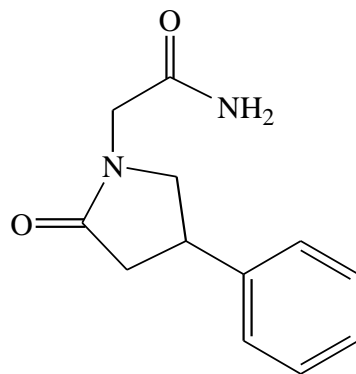


Рис. 1. Карфедон

Приймаючи до уваги хімічний склад карфедону, можна зробити висновок про те, що карфедон є скоріше окисником, ніж відновником. Відтак, його найкраще визначати з допомогою катодного процесу. Катод модифікується гібридним матеріалом, в якому неорганічні наночастинки стабілізовані органічним полімером або іншою сполукою з продовженою спряженою системою.

В даній роботі теоретично описується можливість електрохімічного визначення карфедону на композиті VO(OH) – сквараїновий барвник. Схема електроаналітичного процесу показана на Рис. 2:

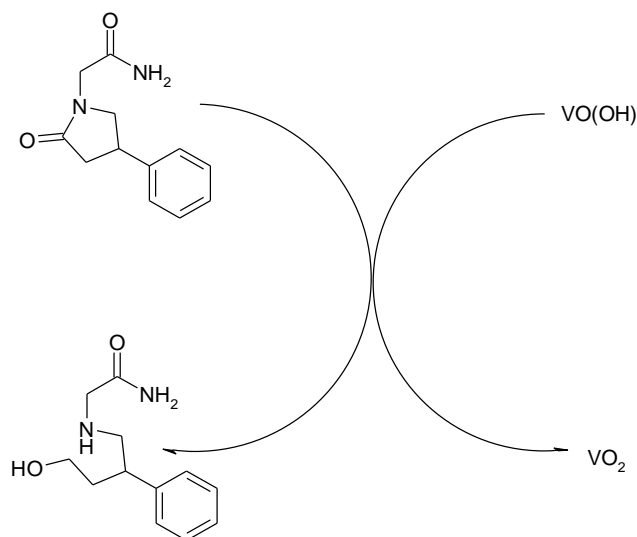


Рис. 2. Схема електроаналітичного процесу

Аналіз моделі показує, що поведінка системи у режимі сталої різниці потенціалів є більш динамічною, ніж в гальвано- та потенціостатичному режимі. Незважаючи на це, даний композит є ефективним модифікатором електроду для визначення карфедону

1. <https://football.ua/ukraine/416622-stalo-izvestno-kakoe-veshhestvo-nashli-v-organizme-besedina.html>
2. [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/wada\\_2020\\_portuguese\\_prohibited\\_list.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/wada_2020_portuguese_prohibited_list.pdf)



# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПЕСТИЦИДУ АЛЬДИКАРБ НА ПРОВІДНОМУ ПОЛІМЕРНОМУ АНОДІ, МОДИФІКОВАНОМУ БІСМУТАТ-ЙОНОМ

Ткач В.В.<sup>1,2</sup>, Кушнір М.В.<sup>1</sup>, де Олівейра С.С.<sup>2</sup>, Назимок Є.В.<sup>3</sup>, Іванушко Я. Г.<sup>3</sup>, Луганська О.В.<sup>4</sup>, Ягодинець П.І.<sup>3</sup>, Кормош Ж.О.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Україна

<sup>2</sup>Федеральний університет штату Мату-Гроссу-ду-Сул, Бразилія

<sup>3</sup>Буковинський державний медичний університет, Україна

<sup>4</sup>Запорізький національний університет, Україна

<sup>5</sup>Східноєвропейський національний університет, Україна

[nightwatcher2401@gmail.com](mailto:nightwatcher2401@gmail.com)

Альдикарб (Рис. 1) є одним із високотоксичних інсектицидів і зооцидів, що використовуються для боротьби з комахами-шкідниками, рептиліями та гризунами [1]. Отруєння продуктами, що містять альдикарб, вже призводили до летальних випадків серед людей (особливо дітей), домашніх і диких тварин. Окрім того, даний пестицид вважається потужним забрудником ґрунтів, річкових та струмкових вод.

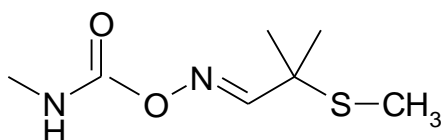


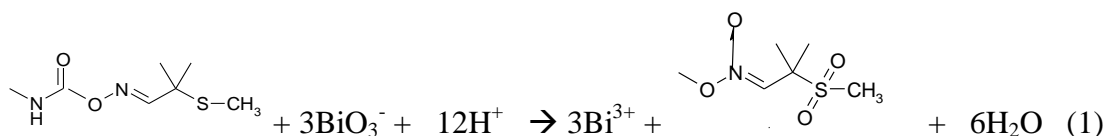
Рис. 1. Альдикарб

Біохімічний механізм дії альдикарбу полягає у блокуванні холінестераз. Внаслідок серйозного отруєння жертва гине через легеневу недостатність. З огляду на вищезазначене, розробка методу визначення даного пестициду є дійсно актуальною [2].

Уважно переглянувши формулу пестициду, можна зробити висновок про те, що вона є електрохімічно активна. Відтак, електроаналітичні методи визначення для неї теж будуть застосовними. Аналітична реакція може проходити як через катодне відновлення, так і через анодне окиснення.

В останньому випадку, модифікатором електроду можна зробити провідний полімер, модифікований бісмутат-йонем, окисний потенціал якого у кислому є достатньо високим [3]. Сам композит можна отримати як одностадійною прямою електрополімеризацією деяких мономерів в присутності солей Бісмуту (III) або (з огляду на можливу ризикованість першого процесу для полімерів деяких мономерів) двостадійним процесом з впровадженням бісмутат йону у готову полімерну матрицю.

Відтак, окиснення альдикарбу відбудеться одночасно по атомах Сульфуру та Нітрогену з утворенням альдикарб-сульфон-N-оксиду – окисненої форми за реакцією:



Вихідний бісмутат регенерується на електрохімічній стадії за реакцією:



Дана система проявляє достатньо цікаву поведінку навіть у потенціостатичному режимі, для опису якої можливі три математичні моделі. Аналіз навіть найпростішої із них (3):

$$\begin{cases} \frac{da}{dt} = \frac{2}{\delta} \left( \frac{A}{\delta} (a_0 - a) - r_1 \right) \\ \frac{db}{dt} = \frac{1}{B} (r_1 - r_2) \end{cases} \quad (3)$$

Відповідної до класичної моделі, вже розглянутої нами у [4], але ускладненої, з огляду на постійну циклічну зміну йонного складу приповерхневого шару електроліту. Дана зміна є відповідальною за осциляції анодного струму у системі під час електроаналітичного процесу. Іншим відповідальним за це фактором є циклічна зміна опору модифікованої полімерної поверхні.

Незважаючи на складну поведінку, полімер, модифікований бісмутат-йоном, може бути ефективно використаним для електрохімічного визначення пестициду альдикарб в живих організмах, а також у ґрунтових водах.

1. F. Kök, M. Arıcao O. Gencer et al., Pest. Sci., 55(1999), 1194
2. F. G. Xavier, D. A. Righi, H. da Souza Spinosa, Cienc. Rural., 37(2007), 1206
3. M.-T. Ding, X. Z. Ling, F. F. Lin *et al.*, Int. J. Electrochem. Sci., 12(2017), 9398
4. V.V. Tkach, V.V. Nechyporuk, P. I. Yagodynets, Ver. Colomb. Cien. Quím. Farm., 41(2012), 203

## **АДСОРБЦІЙНО-ФЛОТАЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ФЕНОЛІВ З РІДКИХ ВІДХОДІВ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГЛАУКОНІТОВОЇ ГЛИНИ**

*Хавікова К.Є., Іванченко А.В.*

Дніпровський державний технічний університет, [karina.havikova@gmail.com](mailto:karina.havikova@gmail.com)

Недостатнє очищення промислових стоків призводить до постійного забруднення поверхневих джерел речовинами антропогенного походження: нафтопродуктами, фенолами, поверхнево-активними, органічними та біогенними елементами. Найважливішим екологічним завданням є визначення токсикантів різної природи в об'єктах навколишнього середовища та переробка рідких відходів промислових підприємств різних сфер діяльності. Особливо небезпечні леткі феноли, легко розчинені у воді, і тому їх гранично допустима концентрація (ГДК) в водоймах рибо-господарчих призначень становить 0,001 мг/дм<sup>3</sup> [1-2].

Забруднення стічних вод фенолами відбувається, наприклад, при термічній і хімічній переробці деревини, кам'яного вугілля, торфу, сланців, нафти, а також при виробництві барвників, лікарських засобів, синтетичних волокон і пластмас на основі формальдегідів, в текстильній і деяких інших галузях легкої промисловості. Концентрації фенолів в виробничих стічних водах можуть бути значними, в фенольних водах нафтохімічних підприємств вони складають до 15–17 г/дм<sup>3</sup> [3–4].

Більшість підприємств здійснюють очистку фенолвмісних стічних вод спочатку механічними методами для видалення грубодисперсних зважених забруднень, потім фізико-хімічними та хімічними методами для комплексного руйнування і видалення дрібнодисперсних фенолвмісних забруднень. Більш глибоке очищення коксохімічних стоків забезпечується біологічними методами, при застосуванні яких видаляються колоїдні і розчинені забруднюючі речовини, що містять феноли. На механічній стадії переробки рідких відходів, до використання біологічних очисних споруд, більшість підприємств знижують концентрацію токсикантів шляхом відстоювання, флотації та фільтрування. Кінцевим етапом видалення фенолів є біологічна очистка [5].

Істотним джерелом фенольних забруднень є галузь коксохімічного виробництва, де здійснюється хімічна переробка кам'яного вугілля методом коксування. Технологія очистки фенольних стічних вод передбачає дві стадії: механічну очистку та біологічну за допомогою фенол-та роданруйнуючих мікроорганізмів. Для підтримки симбіозу активного мулу в життєздатному стані, для знешкодження фенолів та ін. органічних речовин, необхідно суворо дотримуватись ГДК на стадії механічної очистки (не більше 415 мг/дм<sup>3</sup>). Навіть незначне перевищення нормативних вимог призводить до масової загибелі бактерій. В результаті не забезпечується потрібний ступінь очистки від небезпечних речовин і недостатньо очищені води подаються на гасіння коксу. Тому леткі феноли та парникові гази, що містяться в стічній воді для тушіння, випаровуються в атмосферу [6].

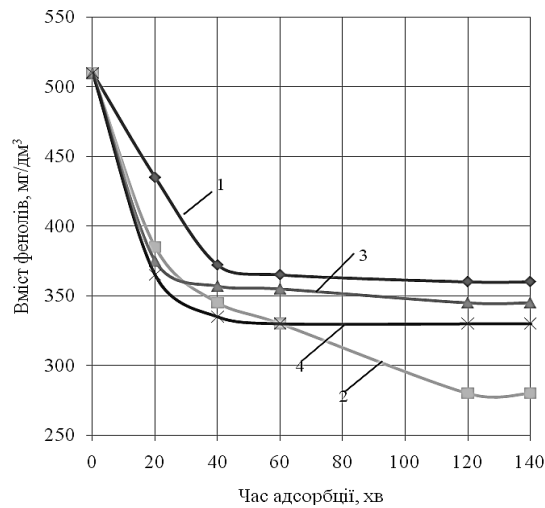
Адсорбційні методи очищення коксохімічних стоків є універсальними, завдяки тому, що за порівняно невеликих затрат вдається досягти високого ступеня очищення. Із загальної кількості можливих технологічних рішень, щодо вилучення токсичних речовин органічного походження, перспективним є застосування в якості сорбційного матеріалу природної глини – глауконіту. Цей мінерал дозволяє в декілька разів поліпшити очищення рідких відходів коксохімічного виробництва та знизити вміст фенолів та ін. забруднюючих агентів до нормативних вимог на механічній стадії біохімічного очищення. Застосування глауконіту прискорює очищення при перевищенні ГДК забруднюючих агентів, захищає мікроорганізми активного мулу від впливу шкідливих речовин. Адсорбційна переробка рідких відходів є технологічно простою, економічно доцільною та екологічно безпечною, адже дозволяє знизити негативний вплив токсикантів на екосистему [7].

Для інтенсифікації вилучення з води речовин механічним методом (флотаційним), на коксохімічних підприємствах застосовують флокуляцію. При додаванні органічних флокулянтів, таких як поліакриламід, агрегація колоїдних і дрібнодисперсних частинок в крупні пластівці відбувається в результаті адсорбції макромолекул флокулянта одночасно на декількох частинках і зв'язування їх полімерними мітками [6].

Проведення досліджень промислових стоків коксохімічного підприємства ПРАТ «ЮЖКОКС» м. Кам'янського показало, що через недостатню ефективність існуючої технології, вміст фенолів на механічній стадії перевищує ГДК і становить 510 мг/дм<sup>3</sup>. Для зниження негативного впливу токсикантів зібрано установку кислотної активації глауконіту та в якості активатора використано 7 % HCl і проведено серію експериментів на флотаційній лабораторній установці з додаванням в стічні води природного глауконіту в поєднанні з 0,1% розчинами катіонного та аніонного флокулянтів (поліакриламід) та активованого глауконіту протягом 20–120 хв. В результаті експериментальних досліджень виявлено найбільш ефективний адсорбент та необхідний інтервал доз і оптимальний час для його промислового впровадження на коксохімічних підприємствах м. Кам'янського. Вміст фенолів у вихідних та очищених стоках визначали фотометричним методом за допомогою 4-аміноантипірину, який проводили методом стандартних серій за градуїтованим графіком.

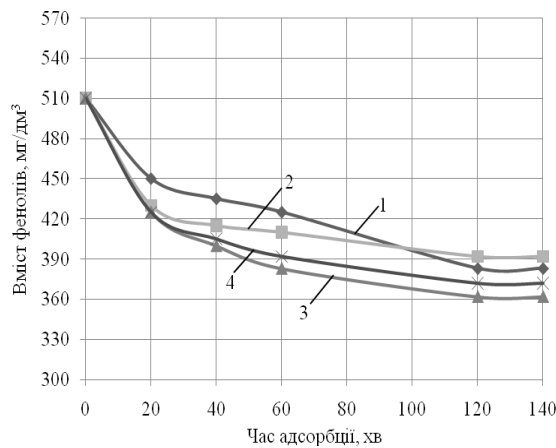
На рисунках 1–3 представлено експериментальні залежності концентрації фенолів від часу в інтервалі витрати адсорбенту 2–8 г/дм<sup>3</sup> з 0,1% розчином катіонного флокулянту із рідкими відходами.

У результаті проведення експериментальних досліджень встановлено залежності процесу вилучення фенолів із рідких відходів із застосуванням природного та активованого глауконіту. Зокрема, для видалення фенолів з рідких коксохімічних відходів рекомендовано застосовувати природний адсорбент в поєднанні з 0,1% розчином катіонного флокулянту в оптимальному інтервалі доз 2–4 г/дм<sup>3</sup> при часі контактування 40–120 хв. За цих технологічних параметрів вміст фенолів знижується з 510 мг/дм<sup>3</sup> до 280 мг/дм<sup>3</sup> впродовж 120 хв, що задовольняє нормам ГДК до рідких відходів коксохімічного виробництва, що подаються на біохімічне очищення в аеротенки. В результаті обробки коксохімічних стоків з використанням глауконіту з додаванням аніонного флокулянту та активованого глауконіту,



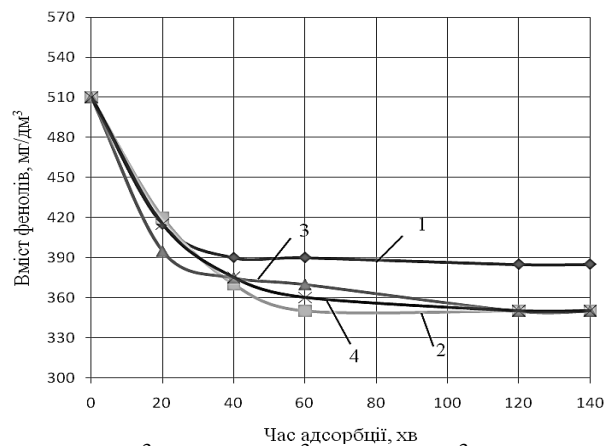
1 – 2 г/дм<sup>3</sup>; 2 – 4 г/дм<sup>3</sup>; 3 – 6 г/дм<sup>3</sup>; 4 – 8 г/дм<sup>3</sup>

Рисунок 1 – Залежність залишкової концентрації фенолів від тривалості контактування глауконіту витратою 2,4,6,8 г/дм<sup>3</sup> з 0,1% розчином катіонного флокулянту із рідкими відходами



1 – 2 г/дм<sup>3</sup>; 2 – 4 г/дм<sup>3</sup>; 3 – 6 г/дм<sup>3</sup>; 4 – 8 г/дм<sup>3</sup>

Рисунок 2 – Залежність залишкової концентрації фенолів від тривалості контактування глауконіту витратою 2,4,6,8 г/дм<sup>3</sup> з 0,1% розчином аніонного флокулянту із рідкими відходами



1 – 2 г/дм<sup>3</sup>; 2 – 4 г/дм<sup>3</sup>; 3 – 6 г/дм<sup>3</sup>; 4 – 8 г/дм<sup>3</sup>

Рисунок 3 – Залежність залишкової концентрації фенолів від тривалості контактування активованого глауконіту витратою 2,4,6,8 г/дм<sup>3</sup> із рідкими відходами

отримано зниження ГДК фенолів, але з меншою ефективністю. Встановлено вилучення фенолів до  $350 \text{ мг/дм}^3$  в інтервалі витрати активованого глауконіту  $4\text{--}8 \text{ г/дм}^3$  та до  $360 \text{ мг/дм}^3$  при дозі  $6 \text{ г/дм}^3$  глауконіту в поєднанні з аніонним флокулянтом. Отриманий осад планується застосувати у якості сировини для асфальтобетонних заводів при виробництві дорожніх покриттів.

1. Евгения Ю. Ш. Способы определения фенолов в объектах окружающей среды. *Астраханский вестник экологического образования*. 2013. № 4 (26). С. 138–142.
2. Определение фенолов в модельных технологических растворах процесса Висбрекинга. *Технологические науки* : веб-сайт. URL: <http://www.cyberleninca.ru>
3. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. Информационно-технический справочник. М.: Бюро НДТ. 2015.
4. Трачевський В.В., Никитюк О.П. Технологічний процес обезфенолювання промислових стоків. *Вісник Національного авіаційного університету*. 2011. №2. С. 162–165.
5. Іванченко А. В., Дупенко О. О., Криворот М. А., Волошин М. Д. Дослідження технології біохімічної очистки стічних вод ПАТ ЄВРАЗ «Дніпродзержинський КХЗ». *Вісник Дніпродзержинського державного технічного університету. Сер. Технічні науки*. 2014. № 1 (18). С. 195–197.
6. Klymenko I., Yelatontsev D., Ivanchenko A., Dupenko O., Voloshyn N. Developing of effective treatment technology of the phenolic wastewater. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 3, № 10 (81). P. 29–34.
7. Іванченко А.В., Хавікова К.Є. Дослідження процесу вилучення фенолів та смолистих речовин з промислових рідких відходів коксохімічного підприємства методом адсорбції. *Екологічна безпека КНУ ім. М. Остроградського*. 2018. № 2. С.32–38.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ТА ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ МОЛОКА ВИРОБНИКІВ ЖИТОМИРЩИНИ

*Хомич В.М.<sup>1</sup>, Камінський О.М.<sup>1</sup>, Тимов Ю.О.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Житомирський державний університет імені Івана Франка, [alexkamin@ukr.net](mailto:alexkamin@ukr.net)

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Молоко та молочні продукти повинні бути природного походження та можуть використовуватися в якості продуктів харчування як безпосередньо, так і як сировина для виробництва харчових товарів. До продуктів переробки молока відносять вершки, кисломолочні продукти, морозиво, молочні консерви, коров'яче масло та сири.

Молочний ринок України має дуже широкий асортимент продукції, але при цьому одночасно недостатньо високу якість. У різноманітні молочних товарів присутні також фальсифіковані продукти. Однією з причин наявності фальсифікації молока, масла, сирів та молочних консервів, переважно пов'язана з відсутністю нормативно-правової бази для здійснення контролю за продукцією із змішаним сировинним складом.

Також слід зазначити, що якісне виробництво молока та молочних продуктів достатньо складне, особливо якщо врахувати такі важливі характеристики, як харчову та біологічну цінності молочної продукції, то необхідно кваліфіковано оцінювати вихідну сировину і дотримуватись рекомендованих технологічних параметрів. [1]

**Метою даної роботи є:** набором сучасних промислових методик дослідити кислотність та термічну стійкість молока виробників Житомирської області.

Кислотність молока встановлювали за методикою, зазначеною в [2]: аліквоту молока, об'ємом 10 мл титрували 0,1 н розчином NaOH в присутності індикатора фенолфталеїну.

Встановлено, що кислотність свіжого молока різних виробників в середньому, відповідає встановленим нормам.

Під термостійкістю молока розуміють властивість продукту витримувати вплив високих температур без видимої коагуляції білків. Термостійкість молока визначається термостійкістю казеїну, яка пов'язана з рівновагою соляного складу в молоці, а саме з співвідношенням розчинних форм наступних солей: катіонів кальцію та магнію, з однієї сторони, та аніонів фосфорної (фосфатів) та лимонної (цитратів) кислот, з іншої сторони. [1]

Одним із методів встановлення термічної стійкості є алкогольна проба. Алкогольна проба — заснована на впливі етилового спирту на білки молока та вершків, які повністю або частково денатурують при змішуванні рівних об'ємів молока та вершків зі спиртом.

Термостійкість молока та вершків за алкогольною пробю визначають за допомогою водного розчину етилового спирту з об'ємною долею етилового спирту 68, 70, 72, 75 та 80 %.

Встановлено, що алкогольну пробу на термостійкість пройшли не всі види досліджуваного молока. Є виробники Житомирщини, в яких молоко виявилось не досить термостійким, ще означає, що таке молоко не витримає стерилізації і швидше інших згорнеться.

Експериментально визначено, що в цілому, виробники молока в Житомирській області дотримуються певних встановлених норм, зокрема, таких параметрів, як: термостійкість та кислотність молока.

1. Методи визначення фальсифікації товарів. Підручник. / Дубініна А.А., Овчиннікова І.Ф., Дубініна С.О., Летуґа Т.М., Науменко М.О. — К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2010. — 272 с.

2. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/gost-3624-92>

## **ДІЯЛЬНІСТЬ БАКТЕРІЙ МОЛОЧНОКИСЛИХ ЗАКВАСОК ЯК ФАКТОР ЗМІНИ КИСЛОТНО-ОСНОВНИХ ТА ОКИСНО-ВІДНОВНИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА**

*Яцков М.В., Корчик Н.М., Беседюк В.Ю.*

Національний університет водного господарства та природокористування

[besediuk\\_az17@nuwm.edu.ua](mailto:besediuk_az17@nuwm.edu.ua)

У виробництві сирів, творогу та бринзи утворюється молочна сироватка, яка може бути використана як вторинна сировина, бути направленою на переробку для використання у виробництві інших галузей харчової промисловості або сільського господарства, а також бути безпосередньо утилізованою шляхом скидання на очисні споруди разом із стічними водами. Для кожного із зазначеного варіантів поводження із сироваткою важливими є якість сировини та значення її основних параметрів, що обумовлюються кількома факторами: якістю молока, реагентів, що використовувались в технологічних процесах виробництва сирів, а також заквасок і їх видовим складом.

Діяльність бактеріальних груп молочнокислих заквасок у технологічних процесах виробництва сирів супроводжується активною зміною окисно-відновних та кислотно-основних умов середовища. Так як видовий склад різних типів заквасок відрізняється, то відповідно напрямок та інтенсивність даних процесів теж буде відрізнятися. Тому важливо провести ряд експериментальних досліджень з метою визначення усереднених значень параметрів рН та Eh молочної сироватки, що утворюється після використання різних типів заквасок, з наступною систематизацією отриманих результатів.

Було досліджено діяльність молочнокислої закваски «LAT BY бринза» призначеної для виробництва бринзи з наступним видовим складом: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus thermophilus*, *Lbc.bulgaricum*. Із вказаної сухої закваски була підготовлена третинна, яка потім вносились у молочну сировину згідно із стандартизованим технологічним процесом виробництва бринзи. Після утворення згустку була відділена сироватка та знято контрольні значення параметрів рН = 6,6 одиниць та Eh = +110 мВ. Так як сироватка має охолоджуватися та зберігатися перед її вторинним використанням або направленням на інші виробництва, було відібрано два зразки для подальшої витримки протягом 48 годин за різних температурних режимів:  $t_1 = 3-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_2 = 18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Після витримки було знято контрольні значення параметрів рН та Eh (Рис.1).

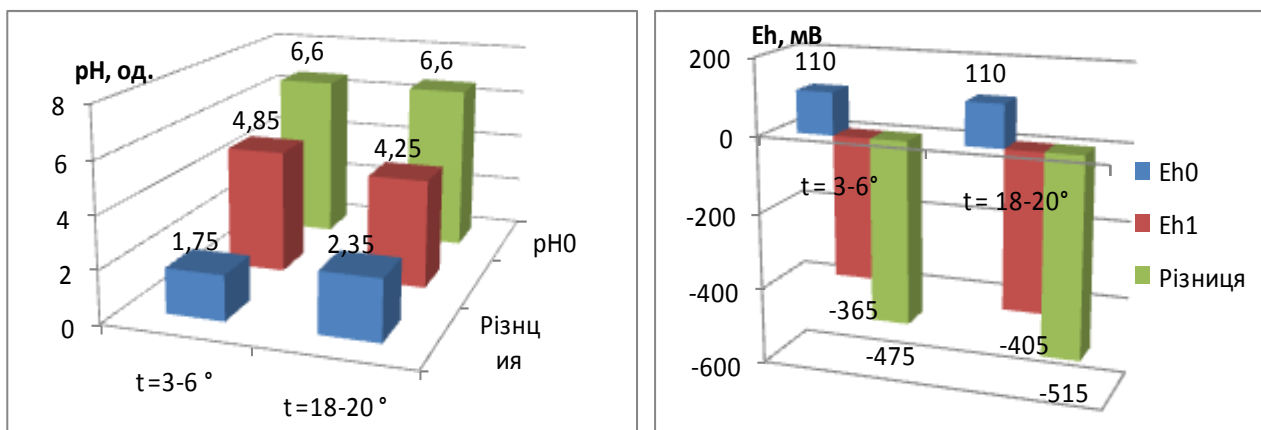


Рис.1. Зміна рН та Eh сироватки під час витримки

З Рис.1 видно, що параметри рН та Eh змінюються в одному напрямку, але з різною інтенсивністю. У розрізі кислотно-основної рівноваги зразки закислюються, витриманий за  $t_1 = 3-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  зразок (1) змінив значення рН до 4,85 одиниць, тобто на 1,75 одиниць, а витриманий за  $t_2 = 18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (2) до 4,25 одиниць, тобто на 2,35 одиниць. У розрізі окисно-відновної рівноваги зразки набувають яскраво виражених відновлювальних властивостей. Більш різка зміна, як і для параметра рН, характерна для зразку (2) – Eh зменшився на 515 мВ, а для зразку (1) зменшився на 475 мВ. Таким чином, обидва зразки з різною інтенсивністю змінилися у своїх характеристиках за параметрами рН та Eh із слабо-кисло-окислювального середовища до кисло-сильно-відновлювального.

На наступному етапі було проведено титрування зразків 10% розчином натрій гідроксиду з метою дослідження буферних властивостей, а також можливостей для подальшого регулювання значень параметрів рН та Eh утвореної сироватки після використання даної закваски. Результати наведено на Рис.2 та Рис.3.

При титруванні обох зразків спостерігається поступова нейтралізація та залуження. Для зразку (2) притаманний середній крок у 2,28 од рН/млNaOH, а для (1) - 2,78 од рН/млNaOH. У розрізі окисно-відновної рівноваги, для зразку (2) притаманний середній крок у 36,7 мВ/млNaOH, а для (1) - 52,5 мВ/млNaOH. Таким чином, зразки відрізняються за своїми буферними властивостями - витриманий за  $t_1 = 3-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  є більш гнучкий до зміни параметрів рН та Eh середовища, що відповідно характеризує його як більш прийнятний для подальшого регулювання. Також, проведене титрування свідчить про те, що із підвищенням рН зменшується значення Eh і середовище поступово втрачає відновлювальні властивості.



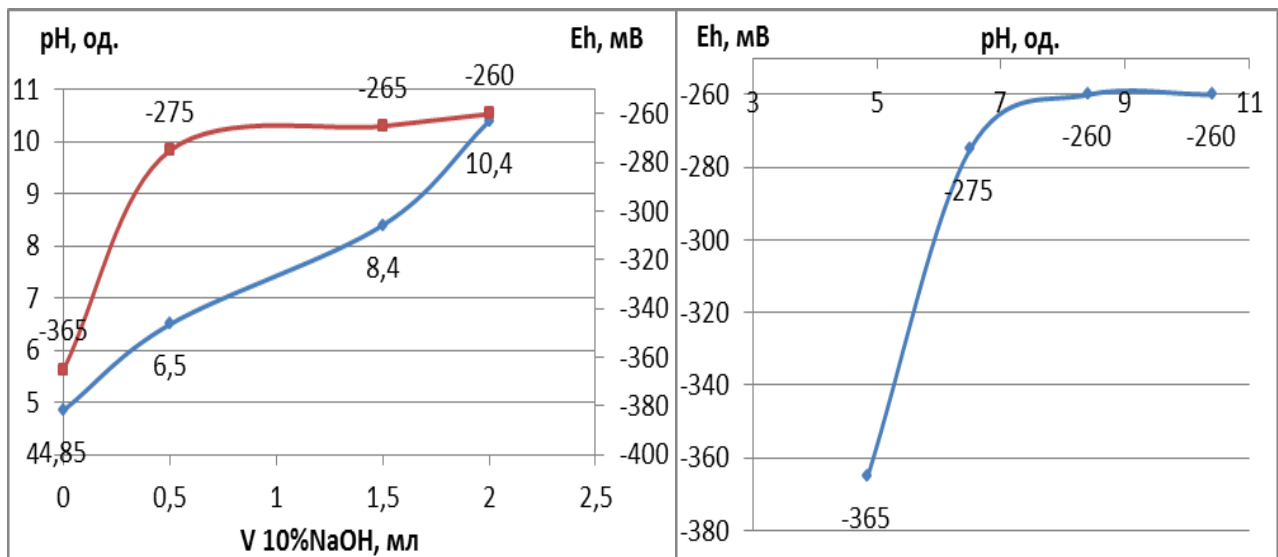


Рис. 2. Титрування лугом сироватки витриманої за  $t=3-6^{\circ}\text{C}$ ; зміна Eh від pH для даного зразку

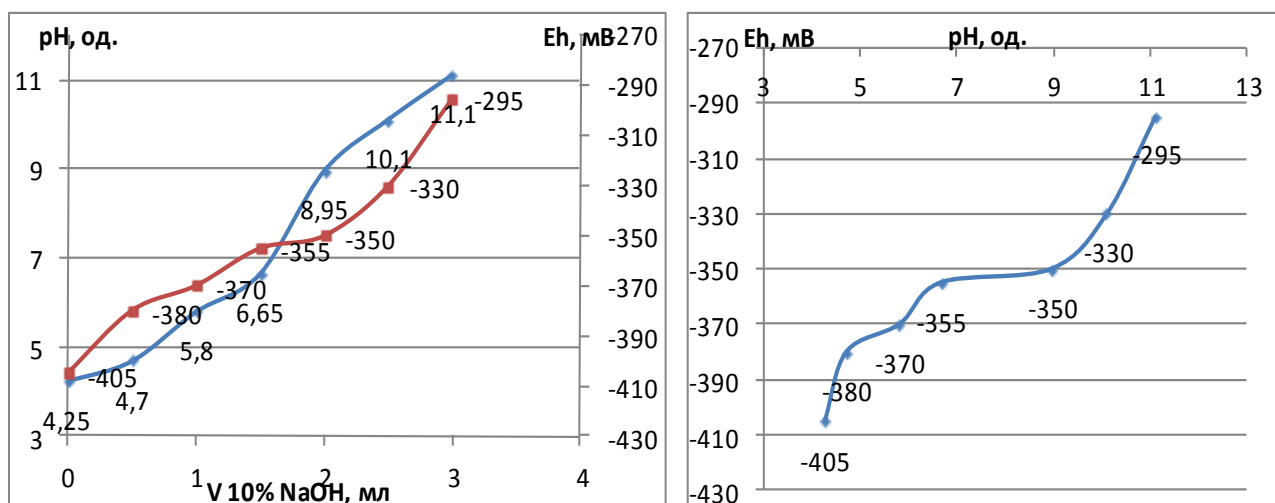


Рис.3. Титрування лугом сироватки витриманої за  $t=18-20^{\circ}\text{C}$ ; зміна Eh від pH даного зразку

В рамках продовження даного дослідження необхідно провести ряд аналогічних експериментів з іншими типами молочнокислих заквасок, яким притаманний відповідний видовий мікробіологічний склад.



## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЙОННОГО ОБМІНУ, ЯК ЕЛЕМЕНТУ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ

Яцков М.В., Корчик Н.М., Кирилюк С.В.

Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування, [tehnich-college@nuwm.edu.ua](mailto:tehnich-college@nuwm.edu.ua)

При проектуванні комбінованої системи очищення концентрованих стічних вод гальванічного виробництва, для визначення основних закономірностей та параметрів процесів, раціональним шляхом, у роботі використано системний підхід Quality Function Deployment (QFD), де основні процеси (окисно-відновні, осадження, хімічне перетворення, йонний обмін) розглядаються як елементи комбінованої системи очищення. Використаний системний підхід QFD дозволяє установити доцільність використання розглянутих процесів у комплексі очисних споруд, а також проаналізувати їх як суму взаємопов'язаних елементів та продуктів їх взаємодії [1-4].

Відповідно до системного підходу QFD для ефективного моделювання, систему зручно представляти у вигляді схеми, тому у роботі представлено складену схему процесу йонного обміну, як елементу комбінованої системи очищення за наступною послідовністю: характер процесу → тип обладнання → параметри контролю.

Відповідно до системного підходу QFD, процес йонного обміну, відносять до типового процесу масообміну, який включає як стадію гетерогенну реакцію йонного обміну.

Схема процесу йонного обміну, включає органічний йонообмінник, який представляє макромолекулярні сітки, в яких йонни одного типу - хімічно зв'язані з полімерною сіткою, тоді як йонни іншого типу – протийони, залишаються більш рухомими. При цьому, йонообмінна система включає фіксовані йони, койони, протийонні смоли, молекули води (розчинника), які пов'язані взаємодією, що позначається як гідратація – комплексоутворення з протийонами смоли.

Основним визначаючим фактором, який дозволяє прогнозувати властивості складної системи типу йоніт-водний розчин є властивості окремих компонентів, що визначаються електронною структурою їх окремих частинок.

Відповідно до цього, розрізняють три типи взаємодій в системах йонного обміну, а саме, взаємодії катіонів з розчинником води, що призводить до її гідратації, а в деяких випадках до гідролізу:

1-ший тип додавання лужного реагенту не впливає на катіони з низьким йонним потенціалом. Така поведінка характерна для катіонів  $\text{Ca}^{2+}$ ;

2-гий тип катіони з помірним йонним потенціалом (м'які катіони, а також жорсткі катіони з йонним потенціалом що не перевищує  $\approx 3,00$  наприклад  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) гідролізуються з утворенням нерозчинних гідроксидів.

3-тій тип катіони, які при гідролізі утворюють амфотерні гідроксиди (амфотерні гідроксиди або оксиди утворюються жорсткими катіонами з йонним потенціалом вище  $\approx 5$  Наприклад  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ).

Тому, без врахування вищевказаних взаємодій не можливе обґрунтування йонного обміну в системах очисних споруд гальванічного виробництва [5].

Основний тип реактора: реактор для здійснення гетерогенних процесів у системі рідина-тверда речовина з фільтруючим шаром.

Згідно аналізу складеної схеми за системним підходом QFD (Рисунок 1), основними параметрами процесу йонного обміну є:

– вхідні параметри: кількісний та якісний склад води, що подається на доочищення, значення окисно-відновного та кислотно-основного потенціалу (pH, Eh).

– вихідні параметри: кількісний та якісний склад води, що подається на доочищення, значення окисно-відновного та кислотно-основного потенціалу (pH, Eh), час фільтроциклу, якісний та кількісний склад елюатів, кількість води, що витратилась на взривлення та відмивання йонообмінних смол, кількість регенераційного розчину, час фільтроциклу.

Проміжні параметри: хімічна природа функціональних груп, утворення вільних йонів  $H^+$ , природа матриці.

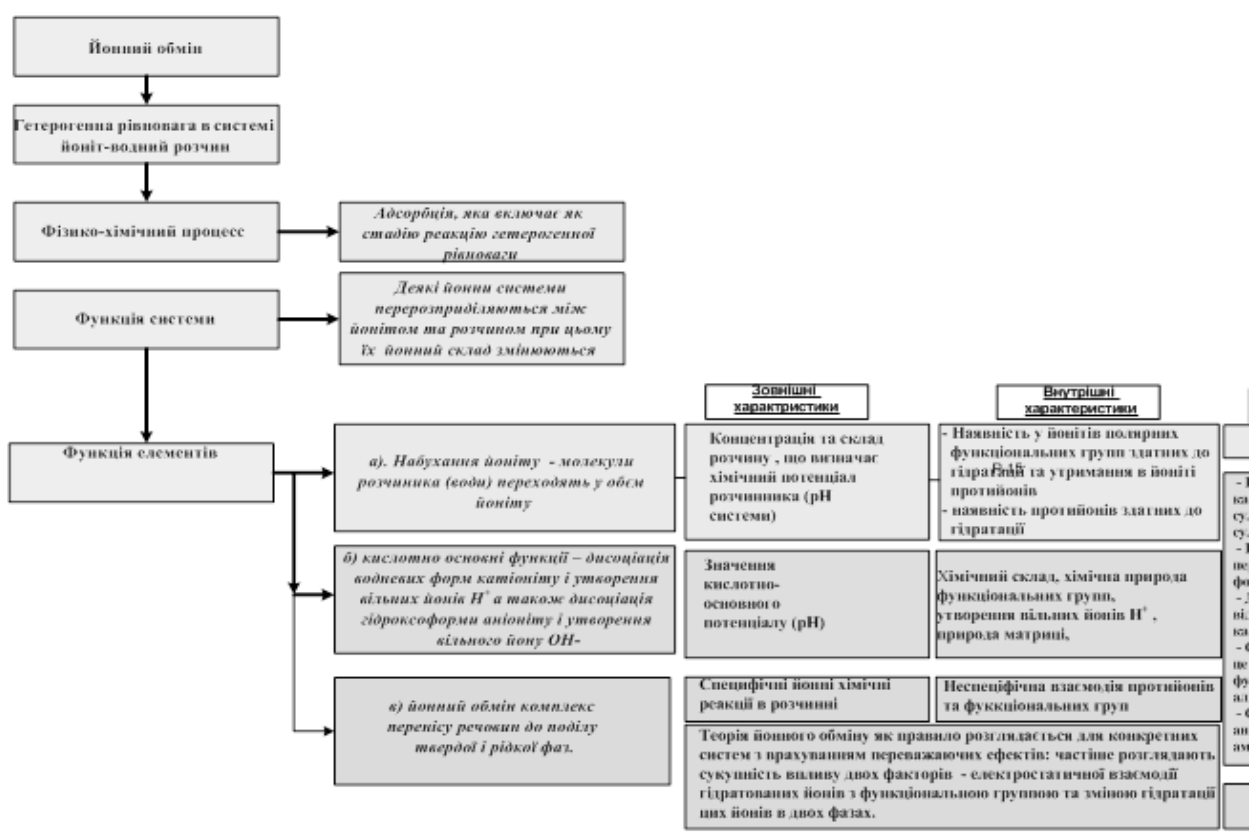


Рисунок 1 – Опис йонного обміну для як елементу комбінованої системи очищення концентрованих стічних вод гальванічного виробництва за методом QFD

На підставі аналізу функції системи та елементів процесу йонного обміну, визначено, що найбільш практичним методом контролю є контроль за значенням параметрів рН та Eh, регулювання яких дозволяє змінити потенціал-напрявленість, швидкість процесів набухання йоніту, кислотноосновності функції, комплекс переносу речовин до поділу твердої та рідкої фаз та інші.

1. Лоренс П. Сулліван. Структурирование функции качества (оригинал L.P. Sullivan. Quality Function Deployment, June 1986. – P. 39–50) (<http://www.deming.nm.ru/TehnUpr/StrFunKa.htm>).
2. Portland, OR:–Akaou, Y. Quality Function Deployment (QFD). Integrating customer requirements into product design [Text]/ Y. Akaou. 369 p.–Productivity Press, 1990.
3. Суворова, Л.А. Применение методологии QFD и статистических методов в управлении качеством продукции на промышленном С.72-78.– №2. – 2005. –предприятия [Текст] / Л.А.Суворова, Р.П. Цвиров //Качество, инновации, образование.
4. Cohen, Lou. Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You. [Text]/ Lou Cohen – Addison Wesley Longman. – 368 p.
5. Яцков М.В. Фізико-хімічні особливості процесу йонного обміну в технології очищення стічних вод гальванічного виробництва. / М.В.Яцков, Н.М.Корчик, С.В. Кирилюк // Сучасні проблеми та шляхи їх рішення в науці, транспорті, виробництва та освіти 2012: збірник тези міжнародної науково-практичної інтернет –конференції, 18-27 грудня 2012 м. Одеса, Україна – Одеса: КУПРИЕНКО, 2012. – С. 41 – 47. Режим доступу [www.sword.com.ua](http://www.sword.com.ua).

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОЛІТІВ В ПРОЦЕСІ МАГНІТНОГО ОЧИЩЕННЯ РІДИН ВІД ФЕРУМОВМІСНИХ ДОМІШОК

Яцков М.В., Мисіна О.І.

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне,  
[o.i.mysina@nuwm.edu.ua](mailto:o.i.mysina@nuwm.edu.ua)

В процесах хімічної технології ступінь чистоти рідких середовищ по відношенню до різних металодомішок є одним із важливих показників якості продуктів хімічного виробництва. Ефективне очищення рідких середовищ, в тому числі стічних вод, є актуальною проблемою для багатьох виробництв: очищення від забруднювальних частинок, особливо від ферумовмісних включень, вагоме у виробництві амоніаку, нітратної кислоти, під час очищення стічних вод виробництв і вод теплових електростанцій.

Оскільки значна частина таких домішок володіє магнітосприйнятливими властивостями, то можливим є застосування магнітного метода їх вилучення [1]. На даний час набуває актуальності питання пошуку шляхів інтенсифікації процесу магнітного очищення речовин від високодисперсної фази домішок. Для тонкого магнітного очищення рідких середовищ із масовою часткою ферумовмісних домішок не вищою за  $10-10^{-1}$  мкм перспективним є впровадження пристроїв, у яких як робочий (сорбційний) орган використовують фільтруючий (гранульований) шар, намагнічуваний за допомогою зовнішнього пристрою, який генерує магнітне поле. Результати досліджень показують, що ефективність очищення  $\psi$  реальних середовищ досягала  $\psi=0,5-0,7$  при дотриманні оптимальних режимних параметрів і вмісті магнітної фракції  $\lambda=0,8-0,9$ . Це означає, що не всі магнітосприйнятливі домішкові включення вилучаються із промислових середовищ. На даний час набуває актуальності питання пошуку шляхів підвищення ефективності очищення рідин від ферумовмісних домішок.

Процес очищення в намагніченій гранульованій насадці описується рівнянням експоненціального вигляду [2]

$$\frac{\psi}{\lambda} = 1 - \exp\left(-\frac{\alpha\chi\delta^2 H^{0,75} \gamma L}{\eta V_{\phi} d^2}\right), \quad \xi = \frac{\alpha\chi\gamma\delta^2 H^{0,75} L}{\eta V_{\phi} d^2}, \quad (1)$$

де  $\xi = -\ln(1 - \frac{\psi}{\lambda})$  - логарифмічний показник очищення;  $\delta$  - розмір (усереднений) домішкових частинок, мкм;  $\chi$  - магнітна сприйнятливості частинок;  $\gamma$  - щільність упаковки гранул насадки;  $d$  - розмір гранул насадки, мкм;  $\eta$  - динамічна в'язкість середовища, Нс/м<sup>2</sup>;  $H$  - напруженість зовнішнього магнітного поля, кА/м;  $V_{\phi}$  - швидкість фільтрування, м/с.

Аналіз залежності (1) дає підстави стверджувати, що  $\delta$  є одним із найбільш впливових параметрів очищення. Щоб вилучити домішкові включення всього зазначеного спектру розмірів, необхідно збільшувати розмір частинок  $\delta$ . Відомий метод застосування рентгенівського випромінювання для попередньої обробки рідини з ферумовмісними домішками, який дозволяє збільшити ефективність очищення в 1,2-1,9 разів по відношенню до ефективності без випромінювання.

Утім потрібно відзначити, що практичне застосування випромінювання не завжди виправдане передусім через трудоємність останнього та необхідність дотримання безпечних умов експлуатації рентгенівського обладнання в умовах діючого виробництва. Із врахуванням критеріїв економічності більш перспективним методом інтенсифікації очищення є введення хімічних реагентів. Тому з метою вивчення можливості підвищення ефективності очищення рідин, в тому числі стічних вод, від ферумовмісних домішок нами проводились експерименти по вивченню впливу електролітів на процес очищення. Підвищення ефективності очищення, на нашу думку, пояснюється тим, що тверда фаза домішок в рідині має поверхневий заряд, як правило, одного знаку. Домішки, що осаджуються в порах намагніченої насадки, створюють електростатичне поле, яке

перешкоджає осадженню ферумовмісних частинок домішок. Введення електроліту перед магнітним очищенням допомагає нейтралізувати поверхневий заряд домішкової фази. Як електроліти використовувались розчини  $BaCl_2$ ,  $NaCl$ ,  $KCl$  з концентраціями 0,01 моль/л, 0,001 моль/л та 0,0001 моль/л. Процес магнітного очищення проводили при таких параметрах фільтрування: довжина намагніченої насадки  $L=0,7$ м, швидкість фільтрування  $V=50$ м/год, напруженість намагнічуючого поля  $H=90$  кА/м. Ефективність процесу розраховувалась за відомою формулою:  $\psi = (C_0 - C)/C_0$  ( $C_0$  - концентрація ферумвмісних домішок до очищення,  $C$  - концентрація ферумвмісних домішок після очищення). Концентрацію ферумвмісних домішок (йонів феруму) у фільтруючому середовищі до і після фільтрування визначали сульфосаліцилатним фотоколориметричним методом за оптичною густиною суспензії з наступним усередненням паралельних вимірювань.

За результатами досліджень (рис.1) встановлено, що вже за досить невисоких параметрів фільтрування ( $L=0,3$  м,  $V=60$  м/год) додавання розчину  $NaCl$  до очищуваного середовища в кількості 0,001 моль/л призводить до зростання ефективності очищення в 1,5 раза. Співвідносні результати було також отримано під час використання іншого електроліту – солі  $BaCl_2$  – в аналогічних дозах.

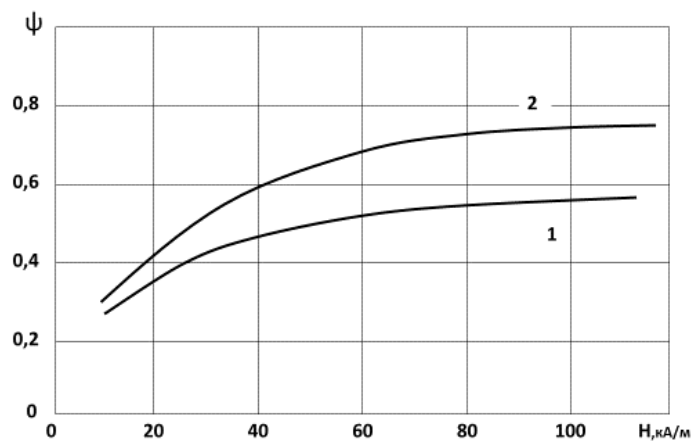


Рис 1. Залежність ефективності очищення суспензії магнетиту  $\psi$  від зміни напруженості магнітного поля  $H$  :  
1 – без електроліту; 2 – в разі додавання електроліту

Результати експериментів дозволили зробити висновок, що введення в технологічне середовище розчинів електролітів призводить до зростання ефективності магнітного очищення в середньому у 1,2-2.0 рази, тобто йдеться про досягнення ефективності очищення рівня  $\psi=0,82$  з урахуванням, що частка магнітосприйнятливої фракції домішок  $\lambda=0,86-0,92$ , а це дає підстави стверджувати, що  $\psi \rightarrow \lambda$  і, тобто всі магнітосприйнятливі домішкові включення вилучено із промислового середовища [3].

1. Сандуляк А. В. Магнитно-фильтрационная очистка жидкостей и газов. – М. : Химия, 1988. – 136 с.

2. Яцков М. В., Мисіна О. І. Інтенсифікація процесу магнітосорбційного очищення рідин. *Вісник НУВГП. Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво*. 2005. Вип. 29. С. 169–175.

3. Мисіна О. І., Яцков М. В. Застосування електролітів в технології магнітно-електричного очищення речовин. *Львівські хімічні читання – 2011* : зб. наукових праць тринадцятої наук. конф. Львів. 2011. С. У80.

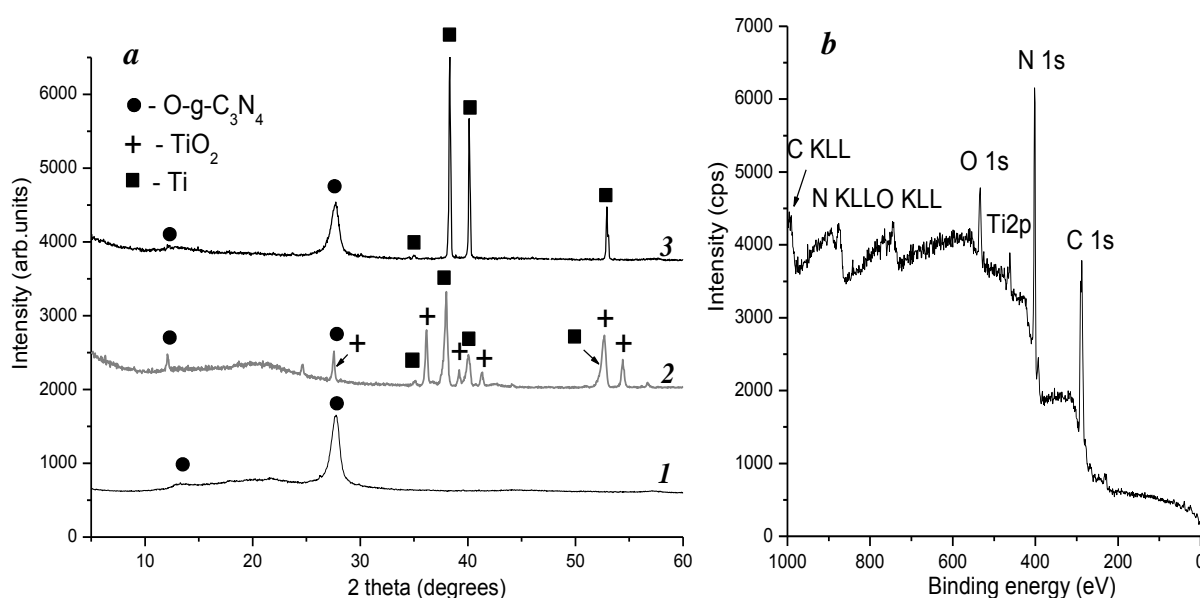
**МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО  
ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ**

# FACILE APPROACH TO SIMULTANEOUSLY PREPARE O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> FILMS AND BINARY O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> FILMS ON TITANIUM SUBSTRATE AS PERSPECTIVE PHOTOCATALYTIC MATERIALS

*Bondarenko M.E., Silenko P.M., Solonin Yu.M., Gubareni N.I., Khyzhun O.Y., Yarova N.Yu., Frolova M.A.*

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science, NAS of Ukraine, Krzhyzhanovsky St. 3, 03142 Kyiv, Ukraine, [mebondarenko@ukr.net](mailto:mebondarenko@ukr.net)

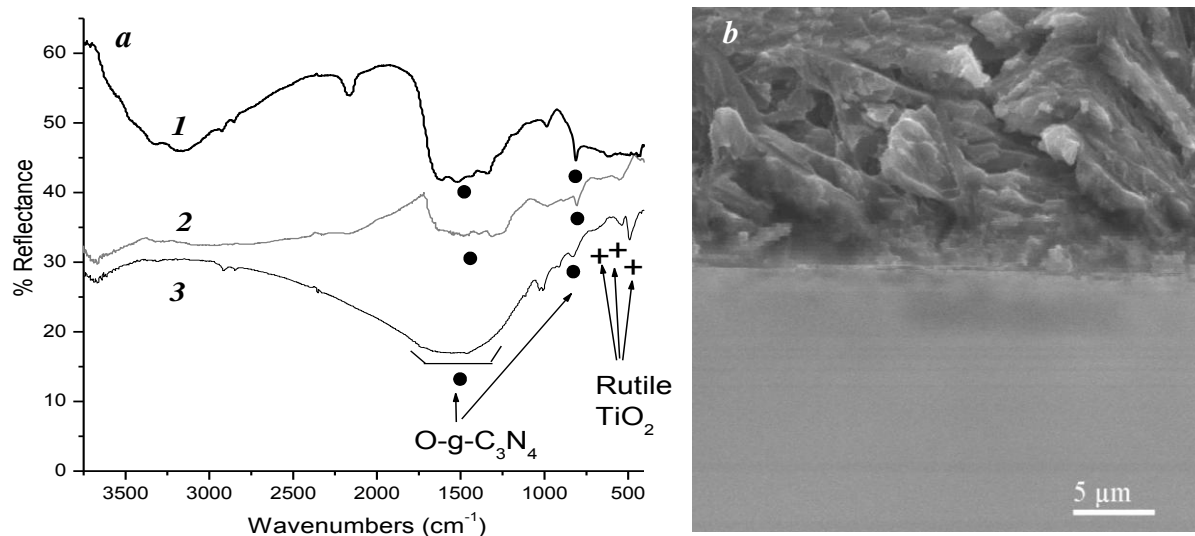
In recent years, based on graphene-like g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> two-dimensional (2D) nanostructures have attracted intense scientific attention as promising materials for various applications due to its unique optical and electrical properties [1-3]. The 2D g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanomaterials, in particular, thin films, own good biocompatibility, high chemical stability and good photocatalytic properties [1]. Recently, g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> films and binary g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> films have been identified as promising visible-light responsive semiconductor materials for photocatalytic applications, including renewable energy [4]. In order to further enhance the light harvesting ability of g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, various bandgap engineering strategies, including doping by oxygen are used. In this work, we introduce a facile procedure to simultaneously obtaining of oxygen modified (~ 5% O) carbon nitride O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> films and O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> binary composite films (both 10mm × 10mm × 0.5mm) on titanium foil substrate by one-step chemical vapor deposition (CVD) approach using melamine as precursor under air atmosphere [5, 6]. To produce partially oxidized product (TiO<sub>2</sub>) on the Ti surface we carried out the pyrolysis of precursor at the presence of a fixed volume of air (melamine in ceramic crucible was placed near Ti foil in a tubular quartz reactor of a fixed volume of air and, consequently, a fixed quality of oxygen). The tests were carried out at the heating of powdery precursor up to 560-590 °C. The formation at the presence of air of O-doped O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> films on the surface of titanium foil occurred in the lowest and highest temperature zones of the reactor, respectively. The obtaining of the both O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> films was confirmed by a combination of XRD (Fig. 1a), XPS (Fig. 1b), FTIR (Fig. 2a), SEM (Fig. 2, b) and DRS methods.



**Fig. 1.** XRD (a) of: 1 – O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> powder, 2, – O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> film and 3 – O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> film on Ti surface, XPS (b) of the O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> film

There are two reflexes at  $2\theta = 12.40^\circ$  and  $27.49^\circ$  which characteristic for oxygen modified carbon nitride, in the diffractograms of all samples (Fig. 1a): O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> powder and both O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> and O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> films. The characteristic peaks of Ti substrate, rutile TiO<sub>2</sub> and O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> appear simultaneously in the XRD pattern of the sample obtained in the highest temperature zone of the reactor. Four elements (C, N, O and Ti) can be identified in the O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> film (submicron

thickness according to the scanning electron microscopy (SEM) data (Fig. 2*b*)) in the survey scan XPS spectra (Fig. 1*b*). In the FTIR spectra of all samples (Fig. 2*a*) there are both an absorption band at  $810\text{ cm}^{-1}$  and a series of intense bands in the  $1200\text{--}1650\text{ cm}^{-1}$  region, which are characteristic for the IR spectrum of O-doped graphitic carbon nitride O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Presence in the FTIR spectrum of O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> film of the rutile phase TiO<sub>2</sub> shows characteristic group absorption bands at  $500\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ .



**Fig. 2.** FTIR spectra (*a*) of: 1 – O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> powder, 2, – O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> film and 3 – O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> film on Ti surface, XPS (*b*) of the O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> film

The facile in situ synthesis method can be promising for the fabrication of efficient and low-cost photocatalytic materials based on O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> films deposited on a titanium surface.

1. Yadav R.M., Kumar R., Aliyan A., Dobal P.S., Biradar S., Vajtai R., Singh D.P., Martí A.A., Ajayan P.M. Facile synthesis of highly fluorescent free-standing films comprising of graphitic carbon nitride (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) nanolayers // *New J. Chem.* – 2020. – 44. P. 2644–2651.

2. Bondarenko M., Silenko P., Gubareni N., Khyzhun O., Ostapovskaya N., Solonin Yu. Synthesis of multilayer azagraphene and carbon nitride oxide // *Chem. Phys. Tech. Surf.* – 2018. – 9. – P. 393-403.

3. Kharlamov A., Bondarenko M., Kharlamova G., Fomenko V. Synthesis of reduced carbon nitride at the reduction by hydroquinone of water-soluble carbon nitride oxide (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)O // *J. Solid State Chem.* – 2016. – 241. – P. 115–120.

4. Zhong R., Zhang Z., Luo S., Zhang Z.C., Huang L., Gu M. Comparison of TiO<sub>2</sub> and g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 2D/2D nanocomposites from three synthesis protocols for visible-light induced hydrogen evolution // *Catal. Sci. Technol.* – 2019. – 9. – P 75–85.

5. Kharlamov A., Bondarenko M., Kharlamova G. Method for the synthesis of water-soluble oxide of graphite-like carbon nitride // *Diamond Relat. Mater.* – 2016. – 61. – P. 46–55.

6. Kharlamov O., Kharlamova G., Bondarenko M., Silenko P., Khyzhun O., Gubareni N. Carbon Nitride Oxide (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)O and Heteroatomic N-graphene (Azagraphene) as Perspective New Materials in CBRN Defense // *Nanostructured Materials for the Detection of CBRN, NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology* / Eds. by J. Bonca, S. Kruchinin. – Springer, Dordrecht – 2018, – 20. – P. 279–292.

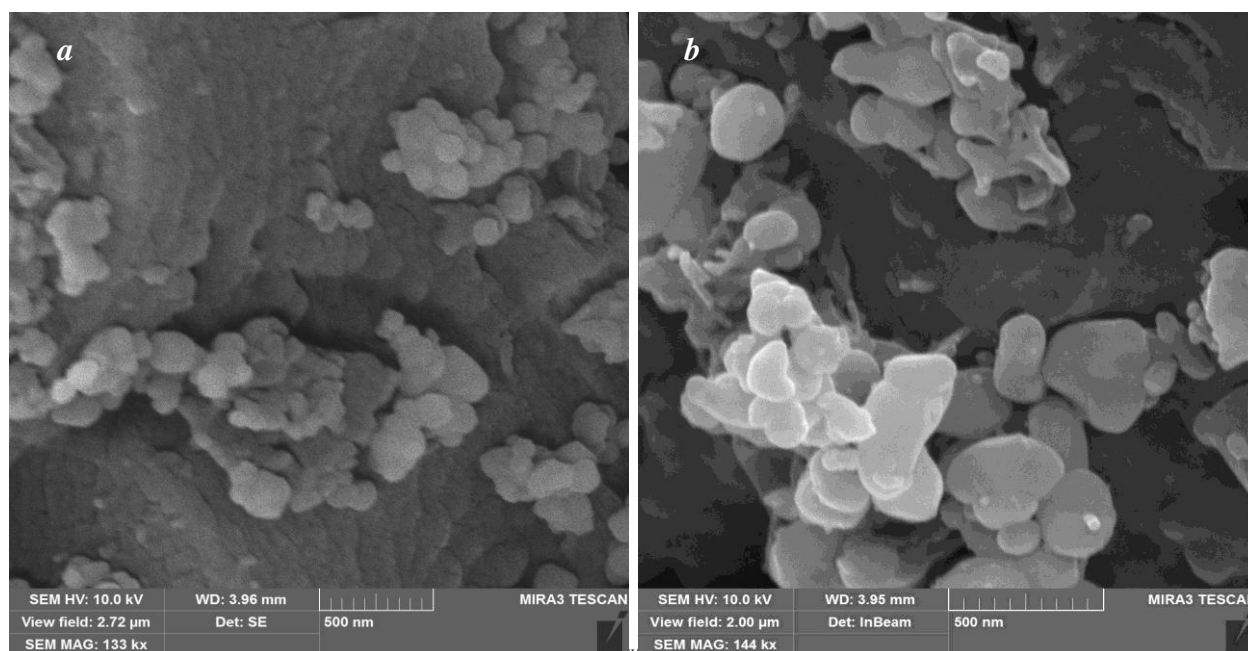


# DEPENDENCE OF THE OPTICAL CHARACTERISTICS AND MORPHOLOGY OF $C_3N_4O_x/TiO_2$ NANOPARTICLES ON THE PHASE COMPOSITION OF THE TITANIUM DIOXIDE MATRIX

*Bondarenko M.E., Silenko P.M., Solonin Yu.M., Ragulya A.V., Zahornyi M.M., Gubareni N.I., Khyzhun O.Y., Yarova N.Yu.*

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of NASU, Krzhyzhanovsky St. 3, 03142 Kyiv, Ukraine, [mebondarenko@ukr.net](mailto:mebondarenko@ukr.net)

The use of oxygen modified graphite-like carbon nitride ( $C_3N_4O_x$ ) photosensitive in the visible region of the spectrum, along with  $TiO_2$ , which exhibits photocatalytic activity only in the ultraviolet region of the spectrum, in the composition of the  $C_3N_4O_x/TiO_2$  binary photocatalyst, makes it possible to use the energy of sunlight [1, 2]. Novel composite material -  $C_3N_4O_x/TiO_2$  was synthesized in accordance with the developed in IPM NASU method for the synthesis of oxygen-doped carbon nitride (O-g- $C_3N_4$ ) by CVD method under the special reactionary conditions (in the presence of a fixed volume of air) of the melamine pyrolysis [3–6]. Deposition of  $C_3N_4O_x$  carried out on the surface of particles of nanostructured powdered  $TiO_2$  matrix of different phase composition - rutile or anatase. To increase opportunities of various kinds of photochemistry-related applications of  $C_3N_4O_x/TiO_2$  composite are decisive the phase composition and morphology of nanoparticles of the  $TiO_2$  matrix and their optical properties. Electron micrographs of the samples were recorded on a MIRA3 TESCAN scanning electron microscope. SEM micrographs (Fig. 1) of nanoparticles of both  $C_3N_4O_x/TiO_2$  composites (anatase and rutile phase) demonstrate the arrangement of  $TiO_2$  as separate globular nanoparticles and clusters between the plates and in the channels of the porous scaly plates  $C_3N_4O_x$ . However, the anatase phase nanoparticles (development in IPM NASU) have a significantly higher dispersion, the average size of non-aggregated almost monodisperse particles of which is 10 nm. High-resolution SEM showed that the  $TiO_2$  matrix of the anatase (Fig. 1a) and rutile phase (Fig. 1b) consists of soft aggregates ranging in size from 50 to 200 nm and from 200 to 500 nm respectively.

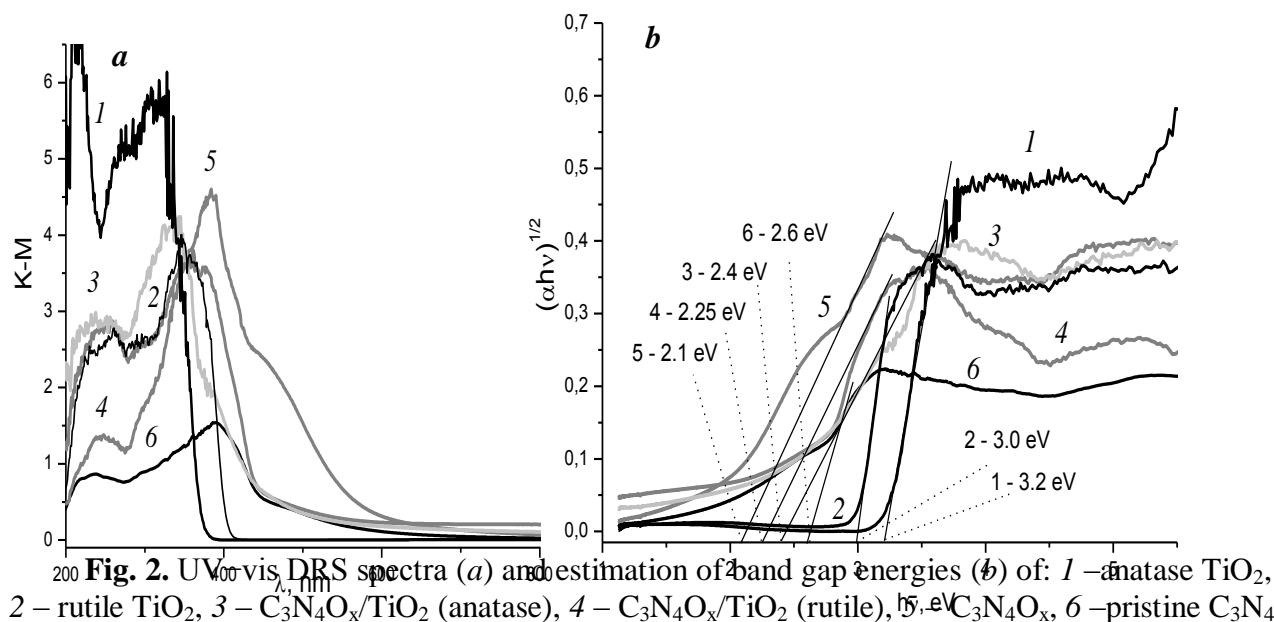


UV-Vis diffuse reflectance spectra (UV-Vis DRS) were recorded using a Perkin-Elmer Lambda Bio 35 UV-Vis spectrometer equipped with integrating sphere Labsphere RSA-PR-20. Using UV/Vis spectroscopy, it was found that in the series from  $TiO_2$  (anatase),  $TiO_2$  (rutile),  $C_3N_4$ ,  $C_3N_4O_x/TiO_2$  (anatase),  $C_3N_4O_x/TiO_2$  (rutile) to  $C_3N_4O_x$ , a redshift of long-wavelength edge of the fundamental absorption band is observed in the spectra (Fig., c), and the band gap (Fig., d) decreases from 3.2, 3.0, 2.6, 2.4, 2.25 to 2.1 eV respectively. It is assumed that the absorption



spectrum of doped carbon nitride extends to the whole visible light region, possibly due to excitation into the lower energy defect states [7]. In such case,  $C_3N_4O_x/TiO_2$  (especially deposited on anatase phase) would absorb more visible light than both  $g-C_3N_4$  and  $TiO_2$ , there by generating more charges, which contributed to the improvement in the photoactivity of the catalysts.

Acknowledgements. This work was partially supported by research project of NAS of Ukraine “Development of innovative photocatalytic nanostructured materials based on  $ZnO$  and  $TiO_2$ ” (528/IPM-11/20).



1. Bondarenko M.E., Silenko P.M., Solonin Yu.M., Gubareni N.I., Khyzhun O.Yu., Ostapovskaya N.Yu. Synthesis  $O-g-C_3N_4/TiO_2$  rutile composite material for photocatalytic application // Chem. Phys. Tech. Surf. – 2019. – 10. – P. 398–409.

2. Zhong R., Zhang Z., Luo S., Zhang Z.C., Huang L., Gu M. Comparison of  $TiO_2$  and  $g-C_3N_4$  2D/2D nanocomposites from three synthesis protocols for visible-light induced hydrogen evolution // Catal. Sci. Technol. – 2019. – 9. – P 75–85.

3. Kharlamov A., Bondarenko M., Kharlamova G. Method for the synthesis of water-soluble oxide of graphite-like carbon nitride // Diamond Relat. Mater. – 2016. – 61. – P. 46–55.

4. Kharlamov O., Kharlamova G., Bondarenko M., Silenko P., Khyzhun O., Gubareni N. Carbon Nitride Oxide ( $g-C_3N_4$ )O and Heteroatomic N-graphene (Azagraphene) as Perspective New Materials in CBRN Defense // Nanostructured Materials for the Detection of CBRN, NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology / Eds. by J. Bonca, S. Kruchinin. – Springer, Dordrecht – 2018, – 20. – P. 279–292.

5. Kharlamov A., Bondarenko M., Kharlamova G., Fomenko V. Synthesis of reduced carbon nitride at the reduction by hydroquinone of water-soluble carbon nitride oxide ( $g-C_3N_4$ )O // J. Solid State Chem. – 2016. – 241. – P. 115–120.

6. Bondarenko M., Silenko P., Gubareni N., Khyzhun O., Ostapovskaya N., Solonin Yu. Synthesis of multilayer azagraphene and carbon nitride oxide // Chem. Phys. Tech. Surf. – 2018. – 9. – P. 393-403.

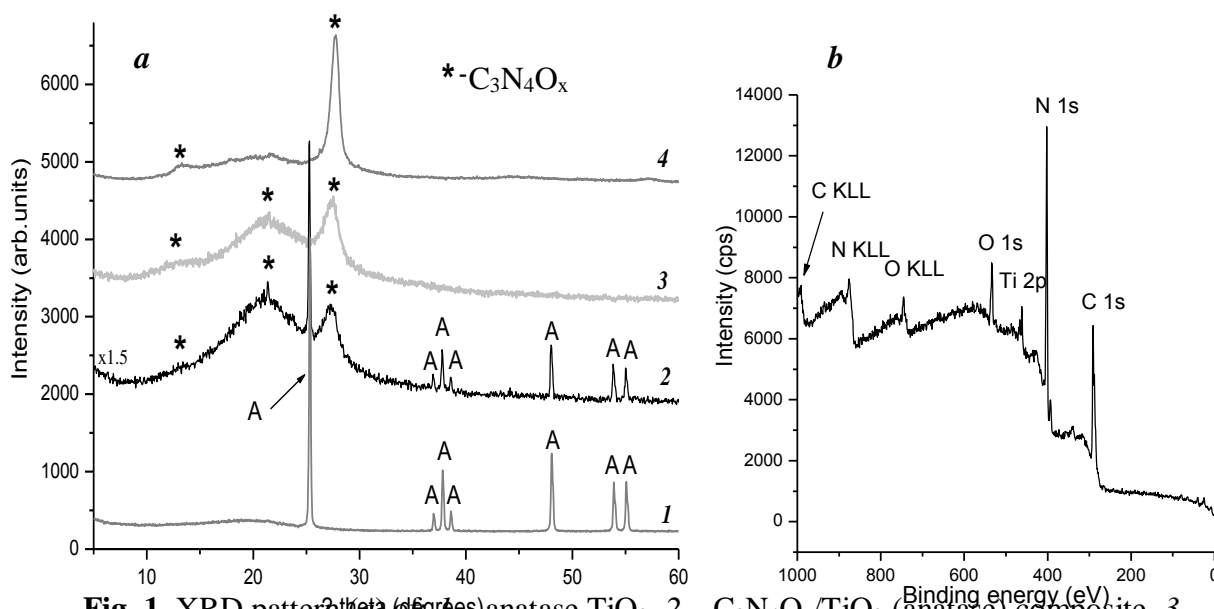
7. Xue J., Fujitsuka M., Majima T. The role of nitrogen defects in graphitic carbon nitride for visible-light-driven hydrogen evolution // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2019. – 21. – P. 2318–2324.

# DEPOSITION OXYGEN MODIFIED CARBON NITRIDE $C_3N_4O_x$ ON THE SURFACE OF ANATASE NANOPARTICLES AS PROMISING PHOTOCATALYTIC COMPOSITE FOR RENEWABLE ENERGY AND EFFECTIVELY REMOVING BIOHAZARDS

*Bondarenko M.E., Silenko P.M., Solonin Yu.M., Ragulya A.V., Zahornyi M.M., Gubareni N.I., Khyzhun O.Y., Yarova N.Yu.*

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of NASU, Krzhychanovsky St. 3, 03142 Kyiv, Ukraine, [mebondarenko@ukr.net](mailto:mebondarenko@ukr.net)

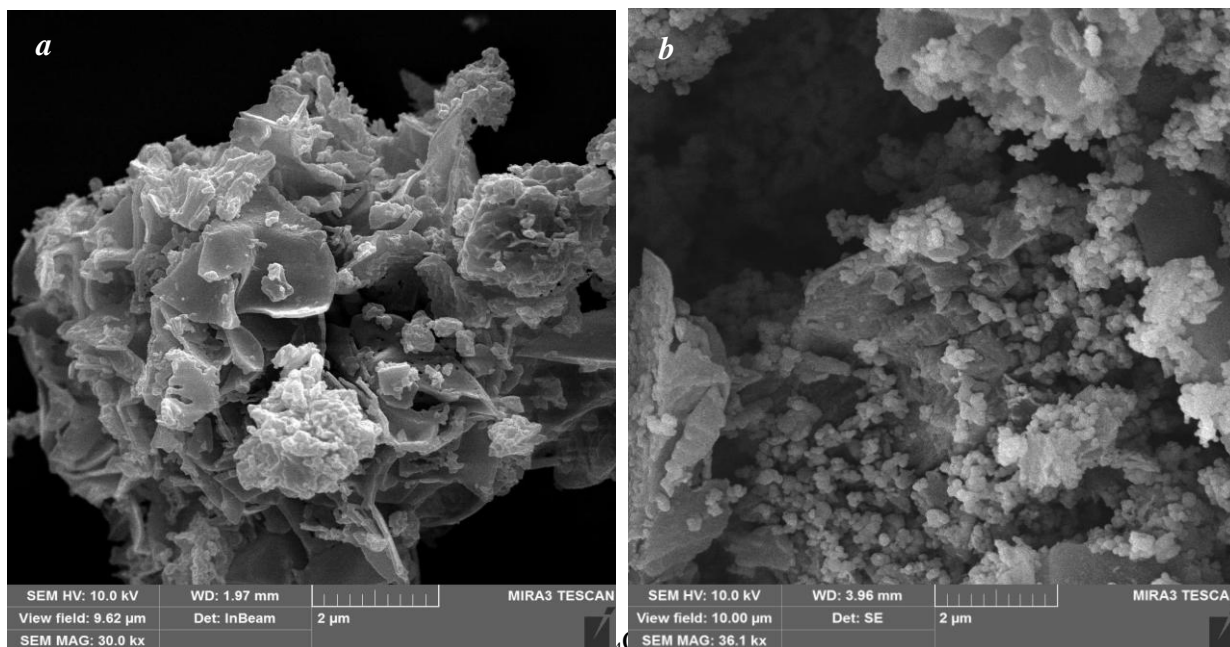
The environmental pollution and energy crisis has become an increasing threat to the development of human society. The fabrication of new photocatalytic systems such as a photocatalytic  $TiO_2$ -based system associated with graphitic carbon nitride (g- $C_3N_4$ ) is promising way to photodegradation of water pollution and inactivate pathogenic microorganisms (viruses and bacteria) effectively, due to its superior photocatalytic oxidation ability and stable characteristics [1, 2]. The doping of carbon nitride by oxygen has been applied to extend the light absorption region of carbon nitride and therefore significantly improves its photocatalytic properties [2, 3]. Hence, to improve the photocatalytic activity of semiconductor photocatalyst, the combine O-doped g- $C_3N_4$  ( $C_3N_4O_x$ ) with  $TiO_2$  is a promising strategy [4]. The deposition of carbon nitride doped with oxygen on the surface of anatase nanoparticles was carried out in accordance with the one-stage method developed in IPM NASU for the synthesis of the O-g- $C_3N_4/TiO_2$  composite (rutile phase) [4]. New nanostructured composite material  $C_3N_4O_x/TiO_2$  (anatase) by depositing O-doped g- $C_3N_4$  on nanosized particles ( $\sim 10$  nm) of anatase powder under special reaction conditions of melamine pyrolysis [5] in the presence of a fixed volume of air was synthesized. The obtaining binary composite  $C_3N_4O_x/TiO_2$  (anatase) ( $\sim 4-6\%$  O) through various analytical techniques including X-ray powder diffraction (XRD) (Fig. 1a), scanning electron microscopy (SEM) (Fig. 2), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) (Fig. 1b) methods was confirmed. On the diffractogram of the synthesized binary composite  $C_3N_4O_x/TiO_2$  (anatase) there are reflexes corresponding to the O-doped carbon nitride and anatase planes which identified by the database (JCPDS 87-1526 and JCPDS 21-1272 respectively).



**Fig. 1.** XRD patterns (a) of anatase  $TiO_2$ , 2 –  $C_3N_4O_x/TiO_2$  (anatase) composite, 3 –  $C_3N_4O_x$ , 4 – pristine  $C_3N_4$ ; XPS (b)  $C_3N_4O_x/TiO_2$  (anatase) composite

Under CVD conditions of the melamine precursor excess, the surface of the particles of anatase powder is almost completely covered with O-modified carbon nitride (according to XPS, the content of  $TiO_2$  on the surface of the binary material is less than 10 %). This fact explains the weak intensity of the Ti peak on the survey XPS spectrum (Fig. 1b).

As can be seen from the SEM images, the nanoparticles of oxygen-doped carbon nitride O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> powder (Fig. 2a) consist of superimposed stratified porous scaly-shaped plates, this structure is close to graphite. Anatase powder (IPM development) was used in the experiments; the raw material for its preparation was a suspension of hydrated titanium dioxide TiO(OH)<sub>2</sub> (metatitanic acid). SEM micrographs of C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>O<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> (anatase) composite (Fig. 2b) demonstrate the arrangement of TiO<sub>2</sub> as separate globular nanoparticles (~ 10 nm) between the plates and in the channels of the porous scaly plates C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>O<sub>x</sub>.



**Acknowledgements.** This work was partially supported by research project of NAS of Ukraine “Development of innovative photocatalytic nanostructured materials based on ZnO and TiO<sub>2</sub>” (528/IPM-11/20).

1. Lei J., Chen B., Lv W., Zhou L., Wang L., Liu Y., Zhang J. An inverse opal TiO<sub>2</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> composite with a heterojunction for enhanced visible light-driven photocatalytic activity // Dalton Trans. – 2019. – 48. – P. 3486–3495.
2. Putri L.K., Ng B.J., Er C.C., Ong W.J., Chang W.S., Mohamed A.R., Chaia S.P. Insights on the impact of doping levels in oxygen-doped gC<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and its effects on photocatalytic activity // Appl. Surf. Sci. – 2020. – 504. – P. 144427.
3. Wang H., Guan Y., Hu S., Pei Y., Ma W., Fan Z. Hydrothermal synthesis of band gap-tunable oxygen doped g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> with outstanding "two channel" photocatalytic H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production ability assisted by dissolution-precipitation process // Nano. – 2019. – 14, N 2. – P. 1950023.
4. Bondarenko M.E., Silenko P.M., Solonin Yu.M., Gubareni N.I., Khyzhun O.Yu., Ostapovskaya N.Yu. Synthesis O-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> rutile composite material for photocatalytic application // Chem. Phys. Tech. Surf. – 2019. – 10. – P. 398–409.
5. Kharlamov A., Bondarenko M., Kharlamova G. Method for the synthesis of water-soluble oxide of graphite-like carbon nitride // Diamond Relat. Mater. – 2016. – 61. – P. 46–55.

## POLYMER MEMBRANE WITH DIFFERENT CONTENT OF CROSS-LINKER FOR FUEL CELLS

*Zhyhailo M.M.*

Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels L.M. Lytvynenko Institute of Physico-Organic Chemistry and Coal Chemistry NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

[zhyhailo.mariia@gmail.com](mailto:zhyhailo.mariia@gmail.com)

There is a worldwide perception related to the reduced availability of non-renewable energy resources (oil and derivatives), and as a consequence, there is also an intensive trend for searching new methods for energy generation. The difference is that such methods involve a reduction in environment pollution. Alternatives, from the technical point of view are the fuel cells [1]. They are electrochemical energy generators, using the energy involved into chemical reactions between a fuel and an oxidant. The main components of a fuel cell are the anode, cathode and the electrolyte.

There are various types of fuel cells, however the ones containing a polymeric electrolyte (PEMFC) are some of the most studied and advanced nowadays. The latter have as a key component the proton exchange membrane, which is in charge of transporting protons from the anode to the cathode. To achieve high efficiency, the membranes must possess high proton conductivity, low electron conductivity, low fuel crossover, adequate mechanical and thermal stability under operating conditions, good balance of water transfer, good transfer of gases to catalyst layer.

The objective of our study was the preparation of polymer materials with proton conductive properties containing different content of a cross-linker (1-3 wt. %). Acrylic monomers: acrylonitrile (AN), acrylic acid (AA) and 2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid (AMPS) were chosen to create polymer matrix in the process of UV-curing. The ratio between monomers was as follows: AMPS:AA:AN = 25:15:60 (wt.%) in the presence of photo-initiator (IRGACURE 651, 2 wt.%). *N,N'*-methylene-*bis*-acrylamide (MBA) was used as a cross-linker.

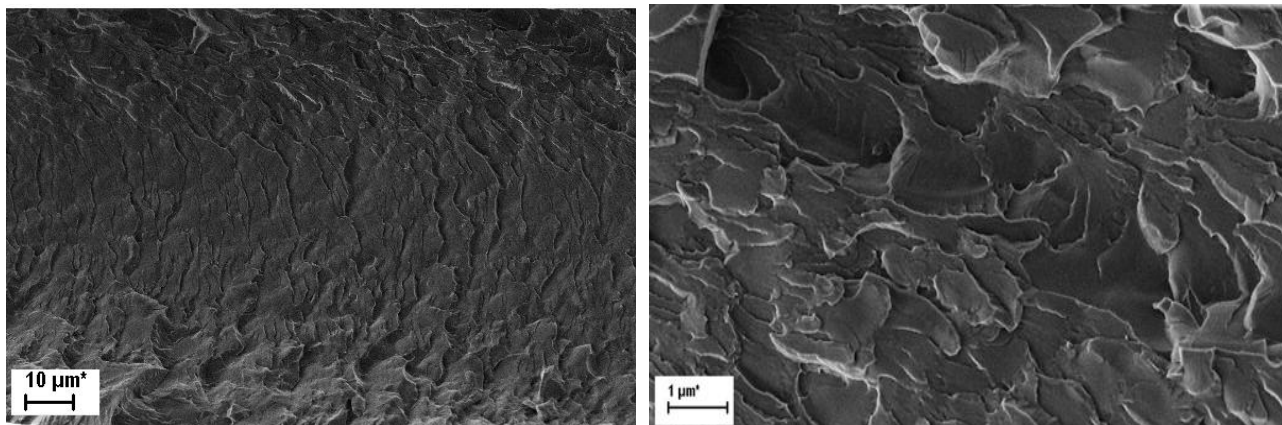


Fig. 1. SEM images of polymer membrane (3 wt. % of MBA)

SEM images of the synthesized membranes (Fig. 1) show dense homogeneous morphology without visible cracks.

The results of water uptake studies for membranes with varied content of a cross-linker are shown in Fig. 2(a). As one can see, the water uptake of the membranes gradually decreases with the increase of MBA content.

Proton conductivity of synthesized membranes (due to the presence of sulfo groups) was measured by impedance spectroscopy (Fig. 2(b)). The synthesized polymer membranes demonstrated high level of proton conductivity –  $2.95 \cdot 10^{-2}$  -  $3.44 \cdot 10^{-2}$  Sm/cm.

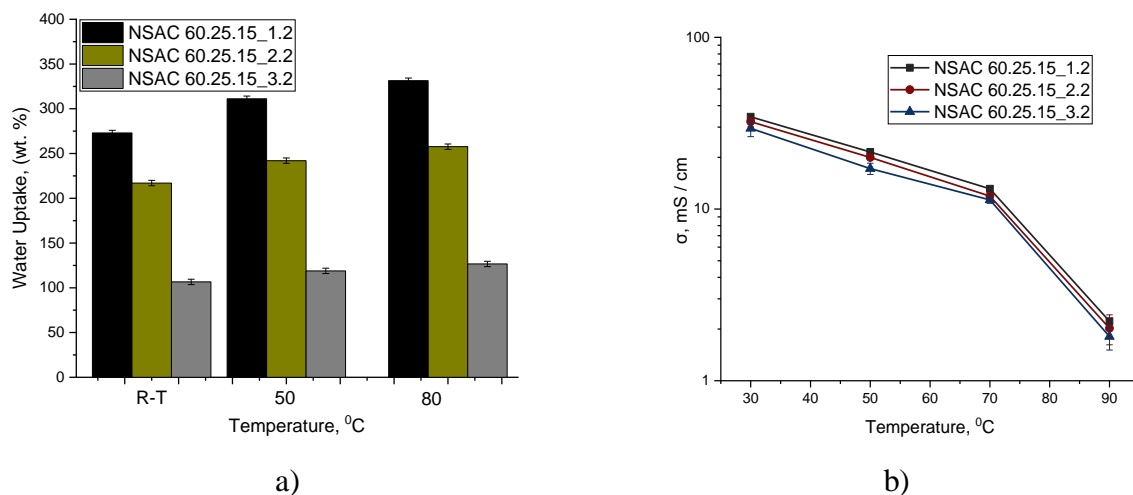


Fig. 2. Water uptake (a) and proton conductivity (b) of the membranes with different cross-linker content

These characteristics make the membranes viable for further research as proton-conducting membranes for fuel cells.

*Acknowledgement.* The author is grateful to DAAD program for financial support (Research Grants for Doctoral Candidates and Young Academics and Scientists 2019/20, program ID 91735754).

1. Andújar, J.M. & Segura, F. Fuel cells: History and updating. A walk along two centuries // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2009. – Vol. 13(9). – P. 2309-2322.

## СИНТЕЗ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОКСИДА ГРАФЕНУ

Андрусішин Ю.І., Сіренко Г.О.

Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника, [chemistry@pnu.edu.ua](mailto:chemistry@pnu.edu.ua)

Для отримання графену хімічно модифікують природний графіт з метою послабити міжплощинні взаємодії між графеновими шарами в графіті, щоб полегшити процес розпаду на окремі графенові платівки [1]. З цією метою здійснювали окиснення природного графіту до оксиду графіту, з наступним синтезом оксиду графену та його подальшим відновленням.

При окисненні графіту можна виділити 3 стадії:

- 1) інтеркаляції і окиснення природного графіту сполукою  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  за допомогою сірчаної кислоти;
- 2) подальше окиснення продукту в результаті взаємодії з  $\text{KMnO}_4$  у  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 3) взаємодія отриманого розчину з  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30% водний розчин) [2].

Прилади, що були потрібні для синтезу оксиду графену: 2 колби Ерленмейера (50 мл і 500 мл), ємність для льодяної ванни, нагрівач, термометер, годинник, ваги, мензурка, магнітна мішалка, pH-метр.

Матеріали, які використовувалися в досліді : 0,5 г дрібного графітового порошку; 0,5 г нітрату натрія ( $\text{NaNO}_3$ ); сірчаної кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ); 3 г перманганата калію ( $\text{KMnO}_4$ ); 10 мл перекису водню ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), дистильована вода ( $\text{D}_2\text{H}_2\text{O}$ ), вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

На першому етапі роботи змішували 0,5 г графітового порошку, 0,5 г нітрату натрія ( $\text{NaNO}_3$ ) та 23 мл висококонцентрованої сірчаної кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) у колбі. Отриману суміш поміщали у льодяну ванну і перемішували за допомогою магнітної мішалки протягом 4 годин за температури в колбі нижче  $20^\circ\text{C}$ .

Після 4 годин охолодження, повільно додавали до суміші 3 г перманганата калію ( $\text{KMnO}_4$ ). При цьому не вимикали магнітну мішалку і не виймали колбу з льодяної ванни. Оскільки колба була добре охолоджена, то під час взаємодії компонентів з перманганатом калію ( $\text{KMnO}_4$ ) не спостерігалось сильної реакції, але відчутно було незначне нагрівання колби. Після додавання перманганату калію, виймали колбу з льодяної ванни і нагрівали її спочатку до кімнатної температури, а потім впродовж 2 годин підтримували температуру колби близько  $35^\circ\text{C}$ . При цьому постійно перемішували суміш. Отриманий розчин перетворюється у пастовидну суміш. Додавали 46 мл дистильованої води ( $\text{D}_2\text{H}_2\text{O}$ ), і переливали розчин у колбу об'ємом 500 мл. Нагрівали до температури в колбі в межах  $90\text{--}95^\circ\text{C}$  при неперервному перемішуванні. Нагрівання відбувалося впродовж 2 годин і при цьому важливою умовою є недопускання кипіння розчину. Вже після першої години нагрівання стають помітні зміни в кольорі.

Після цього вимикали нагрівач і опускали колбу в холодну воду для охолодження суміші до кімнатної температури. Додавали 100 мл дистильованої води і 1 годину постійно перемішували компоненти. Останній компонент синтезу - 10 мл перекису водню ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) додавали в розчин, при цьому змінювався колір на темно-жовтий.

У розчині були видні дрібні частинки блискучого порошку. Утворений розчин мав кислу реакцію ( $\text{pH}=0,4$ ). Промивали розчин до нейтральної реакції ( $\text{pH}=7,0$ ) у дистильованій воді до утворення окисленого графіту, що містить у міжкристалічному просторі залишки кислоти, воду і поверхневі функціональні групи. Отриманий осад висушували на повітрі за температури  $60^\circ\text{C}$  до утворення плівки. Виявилось, що кінцевий матеріал (плівка) не розчиняється у жодному розчиннику, окрім води [3].

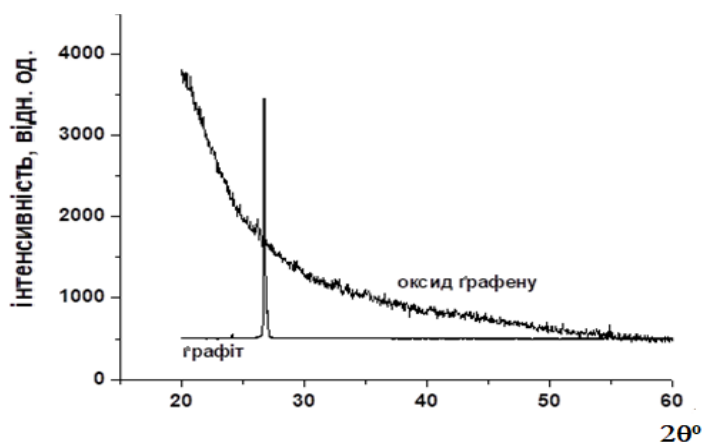


Рис. 2. Дифрактограма X-променевої аналізи синтезованого оксиду графену. I - інтенсивність відбивання X –променів;  $2\Theta$  – подвійний кут відбивання

Для дослідження структурних властивостей отриманого матеріалу проводили дифрактометричні випробування. X-променевою аналізою Пулія встановлено, що синтезований матеріал є Пулію-аморфним (рис.1), що є підтвердженням отримання оксиду графену.

**Висновки.** Таким чином, у результаті проведених досліджень було синтезовано відновлений оксид графену модифікованим методом Хамера та досліджено його структурні властивості. Вивчено вплив різних чинників на процес отримання оксиду графену за видозміненої методики Хамера.

1. Novoselov K.S A roadmap for graphene/ K. S. Novoselov, V.I. Falco, L. Colombo // Nature. – 2012. – Vol. 490, N 7419. – p. 92–200.

2. Geim A.K. The rise of graphene/A. Geim, K. Novoselov // Nat. Mater. – 2007. – Vol. 6. – p. 183–191.

3. Грайфер Е.Д. Графен: химические подходы к синтезу и модифицированию/ Е. Д. Грайфер, В. Г. Макотченко, А.С. Назаров и др. // Успехи химии. – 2011. – Т. 80, № 8. – с. 784–804.



## ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕДНЫХ СПЛАВОВ В ТЕХНИКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ

*Гнатюк А.А., Егорова Л.М.*

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, [lilyaegorova@ukr.net](mailto:lilyaegorova@ukr.net)

Печатные платы сегодня – основа любого электронного устройства, профессионального и радиолюбительского. Однако современное их производство – это совокупность различных технологий, в том числе и химических. Прототип всех современных печатных плат разработал немецкий инженер Альберт Паркер Хансон в 1902 г., когда подал в патентное ведомство Германии заявку по своей разработке, которая была связана с бурно развивающейся тогда телефонией и намного опередила время. Метод Хансона предполагал формирование рисунка на медной или бронзовой фольге путем вырезания или штамповки. Первые методы производства печатных плат были аддитивными. В то же время в полиграфии со времен пресса Гутенберга для изготовления матриц применялся субтрактивный процесс – изображение формировалось путем удаления ненужных фрагментов: сначала вырезанием на досках, затем травлением на металлических пластинах. Первым запатентовал этот способ Артур Берри в 1913 г. Он предлагал покрывать металлическую поверхность резистным слоем, формирующим рисунок, а затем вытравливать незащищенные фрагменты поверхности [1].

Постоянно растущее применение микроэлектронных компонентов в электронной технике обуславливает расширение спектра используемых печатных плат. Это и традиционно стандартные платы для выводных компонентов, и современные высокотехнологичные платы с большой плотностью рисунка: SMD (платы для поверхностного монтажа), PCMCIA (модемные платы для персональных компьютеров), Smart Cards (интеллектуальные карточки с встроенной логикой и микропроцессором), мультичиповые модули, гибкие печатные платы, платы с оптическим интерфейсом и т.п. [2, 3]. В технологиях производства печатных плат применяются медь и медные сплавы.

Среди медных сплавов наибольшее распространение в промышленности получили латуни, так как в них сочетаются высокие механические и технологические свойства. Кроме того, что латуни по сравнению с медью обладают более высокой прочностью, коррозионной стойкостью, они являются наиболее дешевыми медными сплавами. Латуни – это двойные и многокомпонентные сплавы, в которых основным легирующим компонентом является цинк. Двойные латуни по фазовому составу делятся на  $\alpha$ -латуни,  $\beta$ -латуни,  $\alpha+\beta$ -латуни. Механические свойства латуней определяются свойствами фаз. По мере увеличения содержания Zn в латунях их прочность возрастает. Двойные латуни – это преимущество сплавы с  $\alpha$ -структурой (Л-96, Л-90, Л-85, Л-68 и др.).

Бронзы – двойные и многокомпонентные медные сплавы, в которых основными легирующими элементами являются различные металлы, за исключением цинка. По химическому составу бронзы делят на две группы: оловянные (основным легирующим элементом является олово) и безоловянные (алюминиевые, бериллиевые, марганцевые, кремнистые и др.). Безоловянные бронзы по своим свойствам не уступают, а по некоторым качествам превосходят оловянные, поэтому широко применяются в различных отраслях промышленности. Наибольшее применение в приборостроении и радиоэлектронной промышленности из безоловянных бронз находят бериллиевые бронзы.



Таблица 1 – Химический, фазовый состав и назначение деформируемых двойных латуней [2]

Марка	Массовая доля Cu, %	Фазовый состав	Область применения
Л-96	95-97	$\alpha$	Проволока для деталей в электротехнике, радиаторные и капиллярные трубки
Л-90	88-91	$\alpha$	Проволока для деталей в электротехнике, детали змеевиков, сильфонов, теплотехнической и химической аппаратуры, детали машин и приборов
Л-70	69-72	$\alpha$	Радиаторные ленты, трубы теплообменников, детали, получаемые глубокой вытяжкой
Л-68	67-70	$\alpha$	Радиаторные ленты, трубы теплообменников, детали, получаемые глубокой вытяжкой
Л-63	62-65	$\alpha+\beta$	Для изготовления винтов, гаек, болтов, шайб, прокладок, заклепок, деталей автомобилей, конденсаторных трубок, деталей, получаемых глубокой вытяжкой
Л-60	59-62	$\alpha+\beta$	Штампованные детали, шайбы, толстостенные патрубки

Медно-бериллиевые сплавы или бериллиевые бронзы представляют собой многокомпонентные сплавы меди. Особенностью медно-бериллиевых сплавов является большой диапазон изменения физико-механических свойств при термообработке. В закаленном состоянии эти сплавы обладают высокой вязкостью. После упрочняющего отпуска (старения) вязкость медно-бериллиевых сплавов резко снижается, а прочность и твердость значительно возрастают. Оптимальными свойствами обладают сплавы, содержащие около 2,0-2,5 % Ве, широко использующиеся после открытия их способности упрочняться в результате термообработки [4-6]. Наиболее применяемыми сплавами системы Cu-Ве являются сплав БрБ2 (по зарубежным спецификациям: CuBe<sub>2</sub>, alloy 25, С 17200), содержащий около 2 % бериллия, а также сплавы МНБ (медь-никель-бериллий или по зарубежным спецификациям: CuNi<sub>2</sub>Ве, alloy 11, С17510) и МКБ (медь-кобальт-бериллий или по зарубежным спецификациям: CuCo<sub>2</sub>Ве, alloy 10, С17500), содержащие до 0,8 % Ве. Сплав БрБ2 также называют высоколегированной бериллиевой бронзой, а сплавы МНБ и МКБ – низколегированной бериллиевой бронзой.

Развитие электротехники и электроники, кроме создания электрических проводов, прекрасным материалом для которых стали чистая медь и алюминий, потребовало новых материалов для контактов прерывателей и разъемов. Практически идеальными для их изготовления стали полуфабрикаты из бериллиевых бронз. Эти сплавы обладают таким комплексом положительных свойств, что, на сегодняшний день все попытки создания сплавов-заменителей, не уступающих бериллиевым бронзам, не увенчались успехом. Рассмотрим наиболее интересные разработки, где применяются бериллиевые бронзы:

– Швейцарская компания LEMO – ведущий разработчик и производитель высококачественных электрических соединителей для приборных и кабельных цепей. Наиболее успешной разработкой LEMO специальный само-защелкивающийся замок соединителя. Выбор материала корпуса соединителя зависит от условий окружающей среды, в которой будет использоваться система с данным соединителем. В большинстве случаев корпус изготавливается из латуни, хотя для применений, где требуется хорошая эластичность соединителя (например, в системах бурения), в качестве материала корпуса используется бронза или медно-бериллиевый сплав [7].

– В современных экспериментах по физике высоких энергий часто применяют трековые детекторы переходного излучения (ТДПИ). Они представляют собой набор из тысяч длинных тонких трубок, получивших название straw (англ. «соломинка»). Strawтрубки изготовлены из полимерной пленки и наполнены смесью инертных газов (аргон, ксенон) с различными молекулярными примесями. На внутреннюю поверхность strawтрубки нанесен проводящий слой, который служит катодом. На него подается напряжение в несколько кВ. В качестве анода используется нить из вольфрама или бериллиевой бронзы диам. ~30 мкм [8].

– Для сочетания жидкокристаллических индикаторов (ЖКИ) со схемой управления применяют плоские гребенчатые гибкие выводы, позволяющие размещать индикаторы под удобным для восприятия углом наклона ЖКИ. В основу изготовления гребенчатых выводов положены технологические операции фотолитографии, аналогичные операциям при изготовлении свободных металлических масок. Для производства используется металлическая лента толщиной 0,1-0,2 мм из бериллиевой бронзы. Технологический процесс получения гребенчатых плоских выводов состоит из следующих операций: изготовление заготовок; их термическая обработка; подготовка поверхности к нанесению фоторезиста и его нанесение с последующим экспонированием; проявление изображения; химическое травление бериллиевой бронзы; удаление фоторезиста; никелирование или серебрение [9].

Продолжающееся усложнение компьютерной техники и мобильных устройств является главным фактором, ведущим к миниатюризации электронных деталей, для изготовления которых требуются более мелкие, легкие и надежные соединители. Это приводит к повышению спроса на медно-бериллиевые сплавы. Коммуникаторы, мобильные телефоны, планшеты, ноутбуки и другие современные мобильные устройства содержат в себе ответственные детали, изготовленные из бериллиевой бронзы.

*Выводы:*

- Медные сплавы нашли широкое применение в ряде технологических процессов радиоэлектронной и приборостроительной отраслей промышленности благодаря наличию уникальных свойств. Латунь является современным материалом с относительно высокой прочностью, пластичностью и коррозионной стойкостью. Свойства латуни способствуют стабильному росту ее потребления в мировой промышленности. Общая мировая потребность в цинке для изготовления латуни составляет в настоящее время около 2,1 млн т. При этом более 50 % цинка, используемого в производстве латуни, получают из отходов, что актуально для экономии ресурсов и создания малоотходных технологий.

- Бериллиевые бронзы являются уникальным материалом для электроники и электротехники. Полуфабрикаты из бериллиевых бронз применяются в перспективных отраслях: компьютерной технике, модемной и сотовой связи, добыче нефти и газа. Поэтому рынок их потребления можно характеризовать как «развивающийся».

1. Из истории печатных плат [электронный ресурс]: по материалам статьи: Ken Gilleo. The History of the Printed Circuit Board. – [www.pcbuk.com/pcbhistory.asp](http://www.pcbuk.com/pcbhistory.asp) // Электроника: Наука, Технология, Бизнес 2004. – № 5. – С. 38-39. – Режим доступа: [www.electronics.ru/journal/article/1083](http://www.electronics.ru/journal/article/1083). – Название с экрана.

2. Черкасов С. Печатный монтаж / С. Черкасов // Электроника: Наука, Технология, Бизнес – 2005. – № 6. – С. 67-69.

3. Шмаков М. Школа производства ГПИС. Фотолитография. Третий этап – передача рисунка на материал интегральной микросхемы / М Шмаков, В. Паршин // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 5. – С. 72-77.

4. Осинцев О.Е., Федоров В.Н. Меди и медные сплавы. Отечественные и зарубежные марки: Справочник. М: Машиностроение, 2004. – 336 с.

5. Пастухова Ж.П., Рахштад А.Г. Пружинные сплавы меди. М: Metallurgia, 1979. – 336 с.

6. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы. М.: Metallurgia, 1974. – 488 с.

7. Шевелёв И. Элементная база электроники / И. Шевелёв // Электроника: Наука, Технология, Бизнес – 2006. – № 4. – С. 38-43.

8. Симаков А. Высоковольтный предохранитель для трекового детектора переходного излучения / А.Симаков // Электроника: Наука, Технология, Бизнес – 2006. – № 8. – С. 102-105.

9. Готра З. Ю., Смеркло Я. М. Получение зазора между электродами ЖКИ устройства / З.Ю. Готра, Я.М. Смеркло // Обмен опытом в радиопромышленности – 1976. – № 2. – С. 43-44.

## СИНТЕЗ НА ПОВЕРХНІ НАНОЧАСТИНОК МОДИФІКОВАНОГО РЕАКЦІЙНОЗДАТНИМ МОДИФІКАТОРОМ МОНТМОРИЛОНІТУ

*Гончар О.М.*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України

[lexgon@ukr.net](mailto:lexgon@ukr.net)

Модифікований органічними сполуками монтморилоніт (ММТ) часто використовується для одержання органо/неорганічних наноконкомпозитів, що мають поліпшені властивості у порівнянні з вихідними полімерами [1]. Модифікація поверхні наночастинок шаруватого силікату із застосуванням деяких органічних ПАР необхідна для підвищення сумісності між полімером і глиною. Поширеними модифікаторами, які використовуються для органічної модифікації ММТ, є катіони органічних четвертинних амонієвих солей [2, 3], діаміни [4] і амінокислоти [5]. ММТ модифікований органічними катіонами, диспергується в полімерній матриці, де виступає як підсилюючий агент. Таким чином, поліпшується властивості полімерного матеріалу. Іноді, звичайні алкіламонієві катіони не підходять для модифікації ММТ. У випадку неполярних полімерів, таких як поліуретани, поліаміди, поліепоксида, ММТ модифікований аліфатичними ПАР не призводить до ексfolіації в полімерній матриці. Це пояснюється відсутністю досить якісної взаємодії між нанонаповнювачем та полярною полімерною матрицею. Для створення наноконкомпозитів на основі полярних полімерів важливо використовувати модифікатори, що містять полярні фрагменти для збільшення спорідненості з полярним полімером.

В минулих роботах були синтезовані катіоноактивні олігоуретани, що мають два досить великі фрагменти довжиною 17 - 21 атом і мають полярну уретанового природу [6, 7]. Так наприклад в роботі [6] на основі N-метилдіетаноламіну (N-МДЕА), 1,6-гексаметилендіізоціанату (ГМДІ) та ізопропілового спирту був синтезований олігоуретанамоніум хлорид (ОУАХ). Цей катіоноактивний олігоуретан має два полярних фрагмента довжиною 17 атомів, що забезпечує збільшення міжшарової відстані і дозволяє модифікованому ММТ розшаруватися в середовищі полярних органічних розчинників. Крім того, такий модифікатор забезпечує високу спорідненість з полярним полімером, утворюючи наноконкомпозити з повністю ексfolіюваним ММТ, що підвищує міцність полімерного матеріалу в середньому на 40%. У другій роботі [7] був синтезований олігоуретанметакрилатамоній хлорид (ОУМААХ) на основі N-МДЕА, ГМДІ та гідроксиетилметакрилату (ГЕМА). Даний катіоноактивний олігоуретан має два полярних фрагмента довжиною 21 атом які включають кінцеві метакрилатні групи, для участі в процесі полімеризації. Такий катіоноактивний олігоуретан забезпечує повне розшарування як в полярному органічному розчиннику так і в полімерній матриці полярного полімеру (поліуретанакрилату). Аналогічно ОУАХ [6] ОУМААХ забезпечує високу спорідненість модифікованої поверхні з полімерною матрицею, утворюючи фізичні - водневі зв'язки з полярними фрагментами поліуретанакрилату. Кінцеві метакрилатні групи ОУМААХ беруть участь в полімеризації, утворюючи додатково хімічний зв'язок з полімером і, таким чином підвищують міцність наноконкомпозиту в 2,6 разів відносно вихідної поліуретанакрилатної матриці [7]. Отримані результати продемонстрували широкі перспективи використання подібних катіоноактивних олігоуретанів у модифікації ММТ для створення наноконкомпозитів на основі полярних полімерів. Синтезований на основі N-МДЕА та ГМДІ новий модифікатор олігоуретанамінуамоній хлорид (ОУААХ) з кінцевими аміногрупами [10], розкрив абсолютно нові можливості в галузі створення органоглин та органо/неорганічних наноконкомпозитів. А саме, можливість здійснювати поетапний синтез на поверхні наночастинок модифікованого ММТ за механізмами як поліпрієднання, так і поліконденсації. В приведеній роботі представлені нечисленні приклади такого синтезу за участю аліфатичного і ароматичного діізоціанату.

Модифікований ОУААХ ММТ був диспергований за допомогою ультразвуку (УЗ) у великій кількості полярного розчинника - диметилформаміду (ДМФА). У

високодиспергованому стані він реагує з аліфатичними та ароматичними діізоціанатами. Так, реакція з ГМДІ на поверхні наночастинок ОУААХ/ММТ здійснювалась обробкою чотирьохкратним надлишком ГМДІ. Після 30 хв. обробки УЗ суміші дисперсії ОУААХ/ММТ і ГМДІ спостерігалось седиментація модифікованого ММТ в ДМФА та створення об'ємної суспензії. Після витримування протягом доби при 60°C отриману дисперсію багаторазово центрифугували і промивали ДМФА. Аналогічно здійснювали реакцію ОУААХ/ММТ з ароматичним 4, 4'-дифенілметандіізоціанатом (ДФМДІ). Отримані продукти висушували в сушильній шафі при температурі 60°C для подальших досліджень. Термогравіметричний аналіз функціоналізованого ГМДІ ОУААХ/ММТ показав збільшення органічної складової з 24% мас. (ОУААХ/ММТ) до 32% мас. Це значення відповідає приєднанню ГМДІ до всіх аміногруп у складі модифікатора. Однак, термогравіметричний аналіз функціоналізованого ДФМДІ ОУААХ/ММТ показав вміст органічної складової 46% мас. Це значення перевищує кількість ДФМДІ, що еквівалентна кількості аміногруп у складі модифікатора. Більшу кількість приєданого ДФМДІ можна пояснити тим, що на відміну від аліфатичного діізоціанату ГМДІ, ароматичний діізоціанат ДФМДІ є більш реакційно здатним і може брати участь в реакціях приєднання до уретанових фрагментів -СО-НН-, з утворенням біуретних зв'язків і розгалуженням макромолекул. Для дослідження можливості поетапного синтезу на поверхні наночастинок ОУААХ/ММТ було вирішено здійснити послідовне приєднання ДФМДІ, гліцерину і повторно ДФМДІ. Для цього отриманий раніше гель функціоналізованого ДФМДІ ОУААХ/ММТ в ДМФА обробляли чотирьохкратним надлишком гліцерину. Далі отриману суміш витримували при 50°C протягом доби. Отриманий після взаємодії з гліцеином продукт багаторазово центрифугували і промивали ДМФА. Очищений від залишків гліцерину гель органомодифікованого ММТ в ДМФА обробляли чотирьохкратним надлишком ДФМДІ. Термогравіметричний аналіз, отриманого після трьохступінчатого синтезу на поверхні наночастинок ОУААХ/ММТ, продукту показав вміст органічної речовини - 56% мас. Це цілком відповідає кількості функціональних груп на всіх стадіях синтезу.

1. Y. F. Huang, P. C. Wang, J. H. Lee, J. Y. Lee, H. J. Liu. Crystallization and Thermal Properties of PLLA-PEG 600/Clay Nanocomposites // Polym. Plast. Technol. Engineer. - 2015. - V. 54. - P. 433-439.

2. Mohamed E. Mehdi Mekhzouma, Marya Rajia, Denis Rodrigueb, Abou el kacem Qaissa, Rachid Bouhfid. The effect of benzothiazolium surfactant modified montmorillonite content on the properties of polyamide 6 nanocomposites // Applied Clay Science. - 2020. - 185/ - 105417.

3. S. Gul, A. Kausar and B. Muhammad. Research Progress on Properties and Applications of Polymer/Clay Nanocomposite // Polym. Plast. Technol. Engineer. - 2015, DOI: 10.1080/03602559.2015.1098699.

4. G. Pircheraghi, H. Nazockdast, M. Salehi. The Effects of Chemical Bonding of Nanoclay Surface Modifier and Compatibilizer on Microstructure Development and Rheological Properties of PP/PP-g-MA/Diamine Modified Nanoclay // Polym.-Plast. Technol. Engineer. - 2011. - V. 50. - P. 1109-1117.

5. C. Liu, T. Tang, D. Wang, B. J. Huang. In Situ Ethylene Homopolymerization and Copolymerization Catalyzed by Zirconocene Catalysts Entrapped inside Functionalized Montmorillonite // Polym. Sci. - 2003. - V. 41. - P. 2187-2196.

6. Savelyev Yu. V., Gonchar A.N., Travinskaya T.V. Montmorillonite Modified with Oligourethane Ammonium Chloride and Based Nanostructured Polymers // American Journal of Nanoscience and Nanotechnology. - 2013. - V. 1(4). - P. 87-93.

7. Savelyev Yu. V., Gonchar A.N., Travinskaya T.V. New montmorillonite modifier for creation of polyurethane acrylate/organoclay nanocomposites by in situ polymerization // Journal of Chemical Engineering and Chemistry Research. - V. 2, № 2. - 2015. - P. 511-520.

8. Гончар О.М. Модифікування поверхні монтморилоніту олігоуретаном, що містить функціональні аміногрупи // Хімія, фізика та технологія поверхні. - 2019. - Т. 10, № 1.- С. 87-93.

## СИНТЕЗ І ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ ГАДОЛІНІЙ-ІТРИЄВИХ ФЕРОГРАНАТІВ

*Горбик П.П., Дубровін І.В., Абрамов М.В.*

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України в вул. Генерала Наумова, 17, Київ, 03164, Україна, [nikolayabramov@gmail.com](mailto:nikolayabramov@gmail.com)

Ферити привертають увагу дослідників мікрохвильового випромінювання через їх можливе використання в мікросхемах із зниженою напругою і в якості одного з поглиначів електромагнітного випромінювання. Проникнення електромагнітних хвиль (ЕХ) можливо в феритах через їх непровідну природу. Навпаки, метали обмежені в цьому відношенні через скін-ефект. Через низькі втрати на вихрові струми вони вважаються найкращим матеріалом для різних електронних застосувань. Дослідження залізо-ітрієвого гранату (ІГ) стає все більш важливим через властивості, які можуть широко використовуватися в оптичних комунікаціях, магнітооптичних пристроях і в мікрохвильових печах. ІГ є найбільш представницькою і відомою сполукою серед гранатів. Відомо, що різні намагніченості можуть бути досягнуті шляхом використання в ІГ іонів рідкоземельних елементів.

Недавній прогрес у технології синтезу висококристалічного оксиду, такого як залізо-ітрієвий гранат  $Y_3Fe_5O_{12}$ , дозволяє отримувати частинки в нанометровому діапазоні. Процес наносинтезу також дозволяє дуже добре контролювати розмір частинок наноматеріала. Наночастинки, зазвичай, мають велике відношення поверхні до об'єму в порівнянні з об'ємним матеріалом. Спостерігалось, що наночастинки ІГ демонструють унікальну магнітну поведінку через анізотропію та спіновий безлад у поверхні через великий відносини поверхні до об'єму. Для отримання таких наноструктур широко використовується метод хімічного осадження.

Серед магнітооптичних речовин можуть бути феромагнетики, що мають у своїй структурі магнітні атоми - такі як  $Y_3Fe_5O_{12}$  або  $Gd_3Fe_5O_{12}$ ; ортоферити, що утворюють магнітні домени, і інші матеріали, що містять метали рідкоземельних елементів та утворюють з ними тверді розчини. Феромагнетики такого складу, що володіють магнітними властивостями, використовується також в медицині в якості контрастної речовини при виконанні магнітно-резонансних досліджень, що дозволяє так само плавно змінювати контрастність МРТ зображення.

Методами рентгенофазового аналізу нами було підтверджено утворення фази твердого розчину заміщення. Методом вібраційного магнітометрії були отримані петлі гістерезису диполь-диполь ансамблів наночастинок, що не взаємодіють твердих розчинів  $(Y_{1-x}Gd_x)_3Fe_5O_{12}$ .

Розроблено високоефективну методику синтезу нанокристалів  $(Y_{1-x}Gd_x)_3Fe_5O_{12}$  методом хімічного осадження. Для ініціювання хімічних реакцій у водних розчинах прекурсорів, управління зародкоутворенням та формуванням нових фаз використовували мікрохвильове електромагнітне випромінювання. Потужність НВЧ випромінювання варіювали від 0,14 до 1,4 кВт, змінюючи шпаруватість (відношення періоду повторення до ефективної тривалості імпульсу) процесу. Частота випромінювання становила 2,45 ГГц, час проведення процесу - від 6 до 66 хв.

Синтезовані однодоменні наночастинки твердих розчинів гадоліній-ітрієвих ферогранатів. Досліджено їх кристалічну структуру, морфологію поверхні і магнітні властивості методами рентгенофазового аналізу, просвічуєчої електронної мікроскопії та вібраційної магнітометрії. Визначено залежності намагніченості насичення і коерцитивної сили ансамблів наночастинок від концентрації компонентів твердих розчинів.

Розроблений метод отримання ультрадисперсних порошків дозволяє регулювати фазовий склад і розмір частинок матеріалів, які одержано шляхом зміни параметрів синтезу. Визначено технологічні параметри отримання однофазного матеріалу із середнім заданим розміром частинок 20,1 - 80,0 нм. Значна кількість частинок має сферичну форму.

## КРИСТАЛІЧНА, ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРИ ТА ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ ЗАМІЩЕННЯ $\text{TiNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$

*Горинь А.М.<sup>1</sup>, Ромака Л.П.<sup>1</sup>, Стадник Ю.В.<sup>1</sup>, Ромака В.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, [andriy.horyn@lnu.edu.ua](mailto:andriy.horyn@lnu.edu.ua)

<sup>2</sup>Національний університет “Львівська політехніка”

Термоелектричні матеріали на основі фаз напів-Гейслера  $\text{ZrNiSn}$ ,  $\text{HfNiSn}$  та  $\text{TiNiSn}$  (структурний тип  $\text{MgAgAs}$ ) володіють високими значеннями термоелектричної добротності і стабільними властивостями у широкому температурному діапазоні. Оптимізація характеристик матеріалів на основі згаданих напівпровідникових сполук здійснюється шляхом сильного легування донорними і/або акцепторними домішками, а самі матеріали є сильнолегованими і сильнокомпенсованими напівпровідниками [1].

З метою пошуку нових термоелектричних матеріалів з високою ефективністю перетворення теплової енергії в електричну досліджено кристалічну та електронну структури, електрокінетичні та енергетичні характеристики напівпровідникового твердого розчину  $\text{TiNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$  у діапазонах:  $T=80\text{--}400$  К,  $x=0\text{--}0,10$ . Попередні дослідження напівпровідникових твердих розчинів  $\text{HfNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$  [2] та  $\text{ZrNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$  [3] показали, що енергетично доцільним є зайняття атомами  $\text{Rh}(4d^85s^1)$  кристалографічної позиції  $4c$  атомів  $\text{Ni}(3d^84s^2)$ , що генерує структурні дефекти акцепторної природи та акумулювання частини атомів  $\text{Ni}$  у тетраедричних пустотах структури (генерування донорів).

Зразки твердого розчину  $\text{TiNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$  ( $x = 0, 0,01, 0,02, 0,04, 0,05, 0,07$  і  $0,10$ ) синтезовано шляхом сплавлення шихти вихідних компонентів в електродуговій печі в інертній атмосфері очищеного аргону з наступним гомогенізуючим відпалюванням впродовж 720 год за температури 1073 К. Рентгенофазовий аналіз проводився за дифрактограмами, отриманими з використанням дифрактометра Guinier-Huber image plate system ( $\text{CuK}\alpha_1$ -випромінювання). Структурні характеристики уточнено за допомогою пакету програм Fullprof Suite. Електронну структуру розраховано методом Коррінгі-Кона-Ростокера в наближеннях когерентного потенціалу (CPA) та локальної густини (LDA) з використанням обмінно-кореляційного потенціалу Moruzzi-Janak-Williams. Температурні залежності електроопору та коефіцієнта термоелектрорушійної сили відносно міді виміряно в температурному інтервалі 80-400 К та за концентрації  $N_{\text{A}}^{\text{Rh}} \approx 1,9 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$  ( $x=0,01$ )– $1,9 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$  ( $x=0,10$ ).

Моделювання електронної структури  $\text{TiNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$  спрогнозували, а експериментальні дослідження підтвердили механізм генерування у кристалі структурних дефектів акцепторної природи при заміщенні атомів  $\text{Ni}$  на  $\text{Rh}$ . Експериментально встановлено, що для забезпечення стійкості структури та принципу електронейтральності у твердому розчині  $\text{TiNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$  одночасно генеруються як структурні дефекти акцепторної природи, так і донорної, концентрація яких росте при збільшенні вмісту атомів  $\text{Rh}$ . Показано, що досліджений напівпровідниковий твердий розчин  $\text{TiNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$  є перспективним термоелектричним матеріалом.

1. Ромака В.А., Ромака В.В., Стадник Ю.В. Інтерметалічні напівпровідники: властивості та застосування. – Львів: Вид.-во Львівської політехніки, 2011. – 488 с.

2. Romaka V.A., Rogl P., Stadnyk Yu.V., Romaka V.V., [Hlil E.K.](#), [Krajovskii V.Ya.](#), [Horyn A.M.](#) Features of conduction mechanisms in  $n$ - $\text{HfNiSn}$  semiconductor heavily doped with a Rh acceptor impurity // Semiconductors. – 2013. – Vol. 47, No. 9. – P. 1145–1152.

3. Romaka V.A., Romaka L.P., Rogl P.-F., Romaka V.V., Stadnyk Yu.V., Horyn A.M., Opirskyy I.R. Features of electrical conductivity mechanisms of  $\text{ZrNi}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Sn}$  thermoelectric material // J. Thermoelectricity. – 2017. – No. 5. – P. 24–41.



## ТРАВЛЕННЯ $Zn_xCd_{1-x}Te$ В РОЗЧИНАХ $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – ЛИМОННА КИСЛОТА

Грунь А.В., Денисюк Р.О., Чайка М.В.

Житомирський державний університет імені Івана Франка, [laridae92@gmail.com](mailto:laridae92@gmail.com)

Напівпровідникові сполуки типу  $A^{II}B^{IV}$  широко застосовуються в техніці. Так  $CdTe$  та тверді розчини на його основі широко використовуються для виготовлення детекторів радіаційного та рентгенівського випромінювання, ІЧ приладів, сонячних елементів. Тому формуванню якісної поверхні монокристалічних підкладок таких напівпровідникових матеріалів надається особливе значення [1, 2]. Хімічна обробка поверхні напівпровідникових матеріалів та плівок є невід'ємною складовою технології виготовлення різноманітних приладів сучасної електроніки. Характеристики напівпровідникових приладів залежать від технологічних особливостей їх виготовлення і властивостей поверхонь робочих елементів на основі  $CdTe$  та твердих розчинів на його основі [2].

Метою дослідження є вивчення кінетики процесу фізико-хімічної взаємодії монокристалу твердого розчину  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  в травниках системи  $K_2Cr_2O_7 - HBr$  – етиленгліколь.

У відтворюваних гідродинамічних умовах за допомогою диску, що обертається, досліджено кінетику хімічного розчинення монокристалів твердого розчину  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  в сумішах системи  $K_2Cr_2O_7 - HBr - C_6H_8O_7$ .

Для дослідження використовували монокристалічні зразки, які були вирізані із злитків і мали площу приблизно  $0,5 \text{ см}^2$  та товщину  $1,4 - 2,0 \text{ мм}$ . Швидкість розчинення визначали за зменшенням товщини зразку за допомогою годинникового індикатора 2-МИГП (точність  $\pm 0,5 \text{ мкм}$ ). Одночасно проводили розчинення трьох зразків. Різниця у зміні товщини напівпровіднику, що розчиняли не перевищувала 5% для кожного напівпровідника. Після чого зразки промивали спочатку в  $0,1M$  розчином натрій тіосульфату, а потім великою кількістю дистильованої води і висушували у струмені сухого повітря [3].

За допомогою математичного планування на симплексі побудовано концентраційні залежності швидкості розчинення  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  в сумішах системи  $K_2Cr_2O_7 - HBr$  – цитратна кислота (рис. 1).

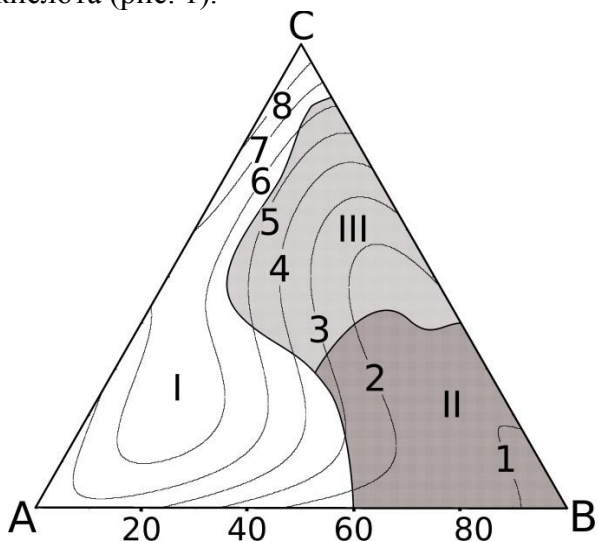


Рис. 1. Концентраційні залежності ( $T = 294 \text{ К}$ ,  $\gamma = 82 \text{ хв}^{-1}$ ) швидкості розчинення (мкм/хв) твердих розчинів  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  при об'ємному співвідношенні компонентів  $K_2Cr_2O_7 - HBr - C_6H_8O_7$  у вершинах А, В, С відповідно: А – 20:80:0; В – 20:20:60; С – 50:50:0 (область I – полірувальні і II – неполірувальні, III – селективні травники)

Видно, що швидкість розчинення досліджуваних монокристалів невелика і знаходиться в межах від 1 до 8 мкм/хв. Видно, що зі збільшенням концентрації калій дихромату (кут С) у травильному розчині зростає і швидкість травлення. Так, швидкості ХДП в області поблизу сторони АС перебувають в межах 5-8 мкм/хв.

Встановлено, що зі збільшенні вмісту цитратної кислоти у складі травників (поблизу кута В – розчини з максимальним вмістом  $C_6H_8O_7$ ) швидкість розчинення всіх монокристалів зменшується до 1 мкм/хв, що пов'язано з пасивацією поверхні монокристалів через



утворення на ній сірого нальоту (область II), а також розведенням окисника розчином органічного компоненту.

При збільшенні концентрації калій дихромату та цитратної кислоти в складі травильної композиції спостерігається утворення на поверхні напівпровідника круглих ямок травлення, що свідчить про селективне травлення даними розчинами (область III). При цьому швидкості є досить низькими 2-6 мкм/хв. Ймовірно це пов'язано з вибірковою хімічною взаємодією по відношенню до катіонної та аніонної підґратки.

Досліджені травильні композиції можуть частково бути використані для хіміко-динамічного полірування поверхні твердого розчину  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  з швидкістю полірування 3-8 мкм/хв. Після хімічної обробки поверхню напівпровідника необхідно промити 0,1 М розчином натрій тіосульфату та великою кількістю дистильованої води.

1. Chayka M.V. 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  $Cd_xHg_{1-x}Te$  / M.V. Chayka, Z.F. Tomashyk, V.M. Tomashyk, G.P. Malanych, A.A. Korchovi // Functional Materials. – 2019. – Vol. 26, No. 1. – P. 189-196.

2. Chemical treatment of  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  single crystals with  $H_2O_2$ -HI-citric acid aqueous solutions / R.O. Denysyuk // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. – 2013. – V. 17, N.1. – P. 21-24.

3. Hvozdiyevskiy Ye.Ye. 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 / Ye.Ye. Hvozdiyevskiy, R. O. Denysyuk, V. M. Tomashyk, G.P. Malanych, Z. F. Tomashyk // Functional Materials. – 2018. – Vol. 25, №. 3. – P. 471-476.

## **ШВИДКІСТЬ ОБЕРТАННЯ БАРАБАНА ПРИ ДОСЯГНЕННІ МАКСИМАЛЬНОГО РОЗМАХУ АВТОКОЛИВАНЬ ПОЛІЗЕРНИСТОГО ЗАПОВНЕННЯ**

*Дейнека К.Ю.*

Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне), [deineka-kateryna@ukr.net](mailto:deineka-kateryna@ukr.net)

За певних умов усталені режими руху приводних агрегатів доволі поширеного міжгалузевого класу машини барабанного типу стають нестійкими [1]. Така нестійкість може супроводжуватись самозбудженням автоколивань у вигляді пульсацій завантаження у поперечному перерізі обертової камери. Прикладне значення пульсаційної поведінки внутрішньокамерного завантаження полягає у застосуванні інноваційного автоколивного процесу подрібнення в барабанному млині [2], енергетична ефективність якого посилюється зі зменшенням ступеня заповнення камери [3]. Інтенсивність автоколивного процесу визначається розмахом автоколивань. Натомість технологічна ефективність реалізації автоколивного процесу суттєво залежить від прийнятого значення швидкості обертання, що відповідає досягненню максимального розмаху автоколивань.

За мету дослідження було прийнято встановлення закономірностей впливу структури двофазного полізернистого заповнення камери обертового барабана на величину швидкості обертання, що відповідає досягненню максимального розмаху автоколивань.

Як метод досліджень було застосовано візуальний аналіз перехідних процесів автоколивних режимів поведінки завантаження у поперечному перерізі камери та вимірювання швидкості обертання барабана.

Як робоче середовище використовувався двофракційний полізернистий матеріал. Крупна фракція внутрішньокамерного завантаження моделювала молольні тіла барабанного млина, а дрібна – частинки подрібнюваного матеріалу. Крупну фракцію складали сферичні частинки незв'язного зернистого матеріалу зі середнім розміром  $d=2.2 \cdot 10^{-3}$  м. Дрібну фракцію становив цемент.

Як змінні фактори експериментальних досліджень було вибрано ступінь заповнення проміжків між частинками крупної фракції у стані спокою частинками дрібної фракції  $\kappa_M$ , відносний розмір частинок крупної фракції у камері барабана  $d_{2R}$  та ступінь заповнення камери завантаженням у стані спокою  $\kappa$

$$\kappa_M = w_M / (0.4\kappa\pi R^2 L), \quad d_{2R} = d / (2R), \quad \kappa = w / (\pi R^2 L),$$

де  $w$  – об'єм порції крупної фракції у стані спокою,  $w_M$  – об'єм порції дрібної фракції,  $0.4$  – об'ємна частка проміжків між сферичними частинками крупної фракції у стані спокою,  $R$  – радіус камери барабана,  $L$  – довжина камери.

Дискретні значення змінних факторів становили:  $\kappa_M=0, 0.25, 0.5$  та  $1$ ;  $d_{2R}=0.00519, 0.00733, 0.0104, 0.0147, 0.0208, 0.0293, 0.0415$  та  $0.0587$ , ( $R=212, 150, 106, 75, 53, 37.5, 26.5$  та  $18.75$  мм);  $\kappa=0.25, 0.35$  та  $0.45$ .

Розмах автоколивань оцінювався за величиною приросту максимального та мінімальне значення дилатансії за один період пульсацій завантаження.

Для зручності значення кутової швидкості обертання барабана при досягненні автоколивань внутрішньокамерного завантаження максимального розмаху  $\omega_{R\text{vmax}}$  оцінювалось за величиною відносної швидкості обертання

$$\psi_{\omega_{R\text{vmax}}} = \omega_{R\text{vmax}} / \omega_{cr},$$

де  $\omega_{cr} = \sqrt{g/R}$  – значення критичної кутової швидкості обертання, при якій відцентрове прискорення на циліндричній поверхні камери дорівнює гравітаційному  $g$ . Тоді вираз для відносної швидкості обертання при максимальному розмаху автоколивань набуває вигляду

$$\psi_{\omega_{R\text{vmax}}} = \omega_{R\text{vmax}} \cdot \sqrt{R/g}.$$

На рис. 1 наведено отримані залежності  $\psi_{\omega_{R\text{vmax}}}$  від зміни  $d_{2R}$  при значеннях заповнення  $\kappa=0.25, 0.35$ , та  $0.45$  для вмісту дрібної фракції  $\kappa_M=0, 0.25, 0.5$  та  $1$ .

Таким чином, експериментально встановлено ефект спадання відносної швидкості обертання барабана при досягненні максимального розмаху автоколивань полізернистого завантаження камери  $\psi_{\omega_{R\text{vmax}}}$  із посиленням зв'язних властивостей середовища. Відносна швидкість обертання  $\psi_{\omega_{R\text{vmax}}}$  спадає зі зменшенням відносного розміру частинок крупної фракції заповнення  $d_{2R}$  та збільшенням вмісту дрібної фракції у заповненні  $\kappa_M$  і ступеня заповнення камери завантаженням  $\kappa$ . Інтенсивність спадання відносної швидкості  $\psi_{\omega_{R\text{vmax}}}$ , зі зменшенням  $d_{2R}$ , різко посилюється при малих значеннях відносних розмірів  $d_{2R}<0.015$  та зменшенні заповнення камери барабана  $\kappa$ . Інтенсивність спадання відносної швидкості  $\psi_{\omega_{R\text{vmax}}}$ , зі збільшенням  $\kappa_M$ , посилюється при малих значеннях  $\kappa_M$  та зменшенні заповнення камери  $\kappa$ . Інтенсивність спадання відносної швидкості  $\psi_{\omega_{R\text{vmax}}}$ , зі збільшенням  $\kappa$ , посилюється при малих значеннях  $\kappa$  та зменшенні вмісту дрібної фракції у заповненні  $\kappa_M$ . При зміні вмісту дрібної фракції у межах  $\kappa_M=0-1$ , відносного розміру частинок крупної фракції  $d_{2R}=0.00519-0.0587$  та заповнення камери  $\kappa=0.25-0.45$ , величина відносної швидкості обертання барабана при досягненні максимального розмаху автоколивань набуває значень  $\psi_{\omega_{R\text{vmax}}}=0.777-1.4$ .

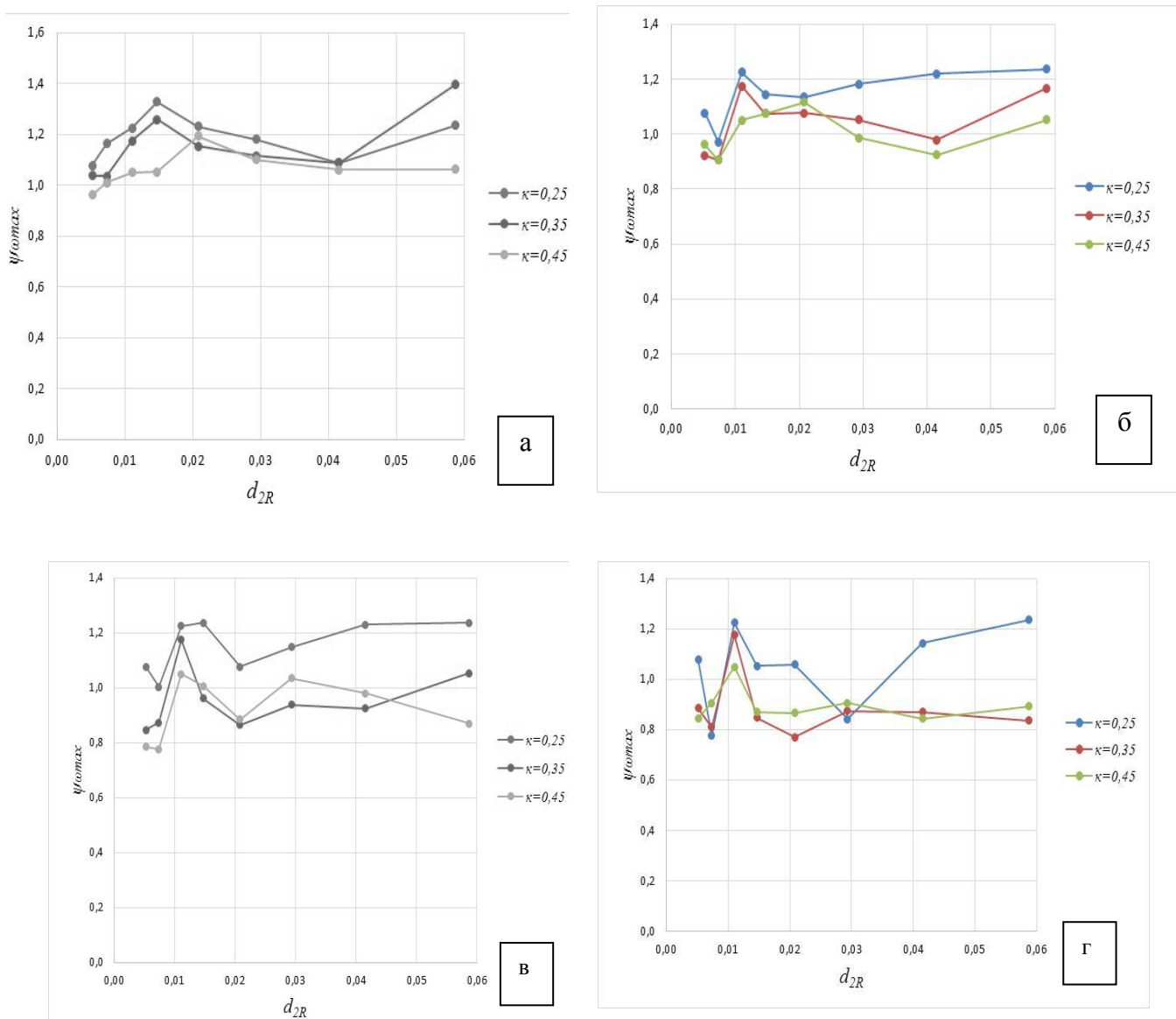


Рис. 1. Залежності  $\psi_{\omega Rmax}$  від  $d_{2R}$  при  $\kappa=0.25, 0.35$ , та  $0.45$ :  
 $\kappa_M=0$  (а),  $\kappa_M=0.25$  (б),  $\kappa_M=0.5$  (в),  $\kappa_M=1$  (г).

1. Deineka K. Yu., Naumenko Yu. V. The tumbling mill rotation stability // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2018. – № 1 (163). – P. 60–68.

2. Deineka K., Naumenko Yu. Revealing the effect of decreased energy intensity of grinding self-excitation of auto-oscillating of the intrachamber fill // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – V. 1, Is. 1 (97). – P. 6-15.

3. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of a decrease in power intensity of self-oscillation grinding in a tumbling mill with decrease of intrachamber fill // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – V. 6, Is. 7 (102). – P. 43-52.

## ОРГАНО-НЕОРГАНІЧНИ КОМПЗИТИ ДЛЯ МОДИФІКУВАННЯ КЕРАМІЧНИХ МЕМБРАН

*Дубровіна Л.В.<sup>1,2</sup>, Огенко В.М.<sup>1</sup>, Дубровін І.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім.В.І.Вернадського НАН України, [dubrovina@ua.fm](mailto:dubrovina@ua.fm)

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

<sup>3</sup>Інститут хімії поверхні ім. О.О Чуйка НАН України

Одним з варіантів вирішення завдання зменшення пор в керамічних мембранах і зміни селективних властивостей є модифікування мембран діоксидом силіцію та піровуглецем. Вуглець та діоксид силіцію є хімічно і термічно стійкими неорганічними речовинами, тому фізико-хімічні властивості модифікованих мембран не змінюються. Модифікування пористих неорганічних матеріалів піровуглецем можна провести карбонітатами полімерних або органічних сполук, в результаті чого утворюються пористі вуглецеві структури. При твердофазній карбонізації полімерів вуглець концентрується в об'ємі пор або на їх поверхні, його структури відрізняються високою щільністю і мікропористістю. Як джерело діоксиду силіцію можна використовувати розчинні силікати натрію (рідке скло, РС). Формування тієї чи іншої структури модифікаторів залежить від концентрації та складу вихідних компонентів і проміжних продуктів, умов карбонізації, швидкості процесу і т.п. [1, 2]. Раніше ми використовували цей метод для модифікації мембран з оксиду алюмінію [3].

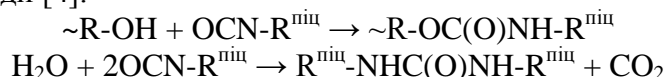
Метою даної роботи було використання для модифікування трубчастих керамічних мембран піровуглецем та діоксидом силіцію органо-неорганічних композитів, які синтезовано у порах вихідної мембрани.

Для модифікування використовували керамічні мембрани на основі глинистих матеріалів з додаванням польового шпату (Інститут колоїдної хімії та хімії води ім.А.В.Думанського НАН України).

Склад мембран вивчали методом рентгенофазового аналізу (РФА) на автоматичному дифрактометрі ДРОН-3М з джерелом випромінення  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1.54178 \text{ \AA}$ ) в діапазоні кутів від  $5$  до  $70^\circ 2\theta$ . Морфологію поверхні поперечних відколів зразків досліджували за допомогою скануючого електронного мікроскопа JSM-6700F (JEOL, Японія).

Для синтезу органо-неорганічного композиту використовували сахарозу (Україна, цукор білий ДСТУ 4623:2006), поліізоціанат (ПІЦ) марки IsoPMDI92140 ("Elastogran", Німеччина), який є продуктом на основі 4,4'-діфенілметандіізоціанату (концентрація NCO-груп становить 31%, середня функціональність 2,7) та рідке скло (РС, Україна, ТУ У 2187 5464.004-98). Синтез органо-неорганічного композиту проводили у порах мембрани просочуванням її сумішшю РС з 40 %-ним водним розчином сахарози в співвідношенні за об'ємом 1:1, а потім 25 %-ним розчином ПІЦ в етилацетаті. Після витримання мембран при кімнатній температурі 3 доби проводили карбонізацію в потоці аргону при  $800^\circ \text{C}$ .

Сахароза з ПІЦ як реагенти було обрано тому, що при їх реакції утворюється тривимірний сополімер: NCO-групи ПІЦ легко вступають у реакцію з гідроксильними групами і молекулами води [4]:



Додаткове використання РС як результат цілого ряду паралельно-конкуруючих реакцій дозволило одержати органо-неорганічний композит, який складається з поліуретансечовини, уретансилікату, полікремнієвої кислоти, гідросилікатів натрію та  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Сформовану структуру можна уявити як поліуретансечовинну матрицю, яка заповнена неорганічними речовинами [5].

В процесі карбонізації з полімерної складової органо-неорганічного композиту утворюється піровуглець. Неорганічна складова зазнає цілий ряд перетворень. Заповнювач пор мембрани після карбонізації схематично можна визначити у вигляді ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{SiO}_2 + \text{піровуглець}$ ). Після карбонізації колір мембран змінився від злегка жовтуватого до чорного з металевим блиском на поверхні і до сірого в об'ємі, що свідчить про утворення

піровуглецю на поверхні і в порах мембрани. Після модифікування позірна густина мембрани збільшилась від 1,80 до 2,13 г/см<sup>3</sup>, а відкрита пористість зменшилась від 40,4 до 25,3 %.

РФА показав в модифікованих мембранах наявність вуглецю (рефлекси 26,0 - 26,6 і 41,3 2 $\theta$ ) та діоксиду силіцію (23,0 та 31,8 2 $\theta$ ). На рис. 1 представлено мікрофотографії поперечних відколів вихідної і модифікованої мембран. У вихідній мембрані чітко видно структурні елементи кераміки (рис. 1а). У модифікованій мембрані (рис. 1б) вся поверхня структурних елементів вихідної мембрани покрита шаром заповнювача з включеннями об'ємних утворень різної форми і розміру (від декількох нм до ~ 1мкм). Скоріше всього ці утворення являють собою діоксид силіцію, а на поверхні пор знаходиться піровуглець.

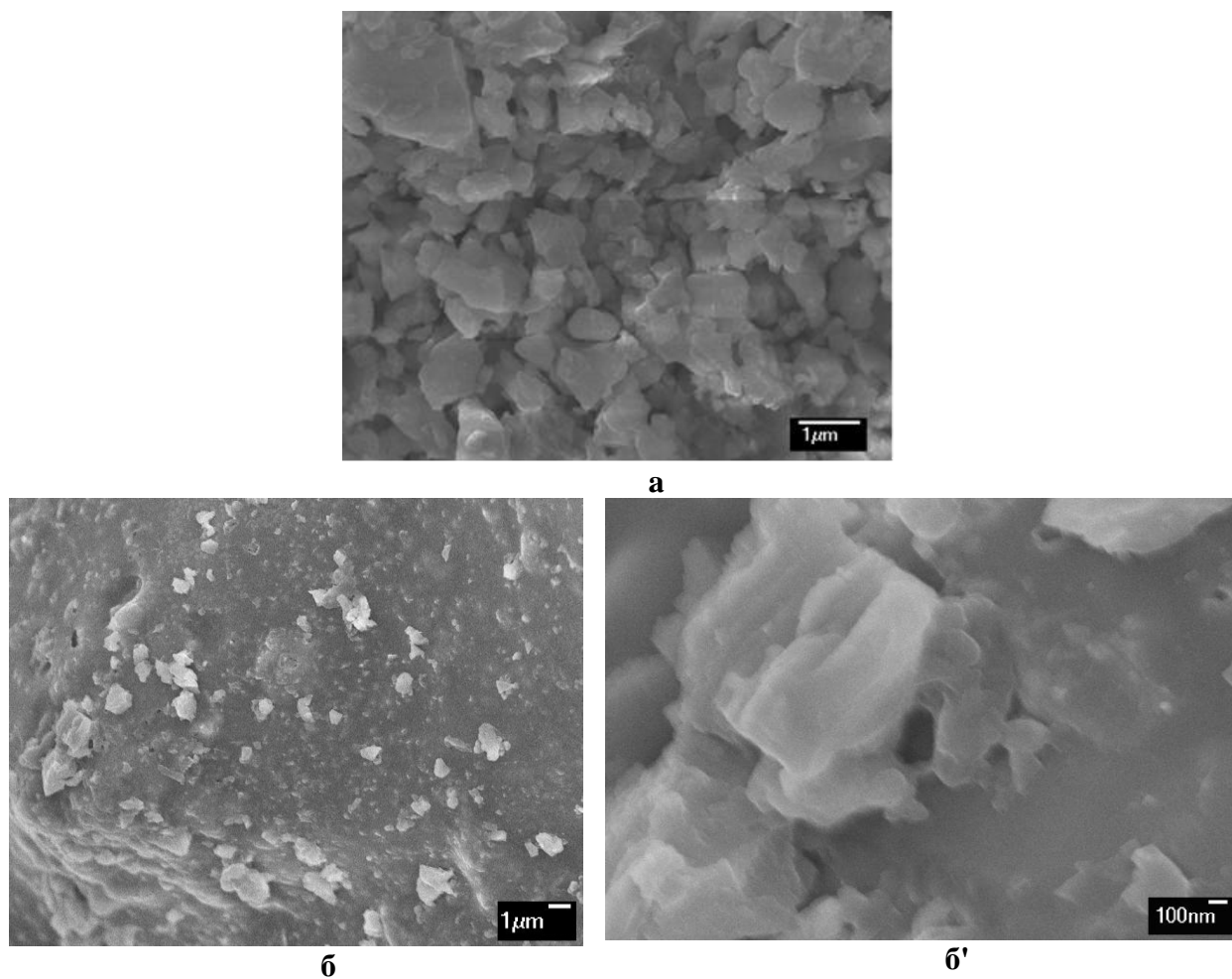


Рис. 1. Мікрофотографії СЕМ поперечних відколів вихідної (а) та модифікованої мембран (б, б').

1. Алексеева О.К., Амирханов Д.М. Достижения и перспективы в области создания неорганических газоразделительных мембран с углеродным разделительным слоем // Рос.хим.журн. - 2004. - 48, №5. - С.82-89.
2. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. - СПб: Стройиздат, 1996. - 216.
3. Goncharuk V.V., Dubrovina L.V., Kucheruk D.D., Samsoni-Todorov A.O., Ogenko V.M., Dubrovin I.V., Water purification of dyes by ceramic membranes modified by pyrocarbon of carbonized polyisocyanate // J. Water Chem. and Technol. - 2016. - 38, № 1. - P.34-38.
4. Саундерс Дж., Фриш К. Химия полиуретанов. - М.: Мир, 1968. - 470 с.
5. Budzinska V.L., Lebedev E.V. Organic-inorganic composites on the based on sodium of silicate, polyisocyanates modified oligomers which contains urethane // Polym. J. (Ukr.). - 2013. - 35, № 3. - P.298-303.

## ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ СКЛА ІОНООБМІННИМ МЕТОДОМ

*Жданюк Н. В., Очередник А.В.*

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», [zhdanyukn.kpi@gmail.com](mailto:zhdanyukn.kpi@gmail.com)

Зміцнене скло широко використовують для виробництва листового скла, сонячних батарей, світлофільтрів і т.д. На даний час існують два принципово різні методи зміцнення скла: підвищення якості поверхні та створення у поверхневому шарі залишкових стискаючих напружень.

Суть методу підвищення якості поверхні полягає у зменшенні кількості мікротріщин та їх глибини, а також зменшення радіусу кривизни їх вершин. До даного методу відносяться механічна, вогнева та хімічні поліровки [1]. Інший метод зміцнення поверхні скла – це створення стискаючих напружень на поверхні скла. Він дозволяє штучно знизити прикладене із зовні розтягуюче напруження. До даного способу зміцнення поверхні відносяться зміна термічного коефіцієнта розширення, загартування та іонообмінна обробка скла [2].

При виборі методу для зміцнення листового скла потрібно враховувати, що таке скло у подальшому буде підлягати додатковій механічній обробці, такій як розрізання, обробка краю та ін. Оптимальним методом зміцнення листового скла є іонний обмін у його поверхневому шарі [3].

Суть іонообмінного методу полягає в заміщенні у поверхневому шарі скла іонів лужних металів меншого радіусу, які початково були присутні у склі, на іони лужних металів більшого розміру. Такий іонний обмін проводять при температурі нижче температури розм'якшення скла і називають методом низькотемпературного іонного обміну.

Одним із перспективних напрямків іонообмінного зміцнення скла є використання твердофазних реактивів, таких як  $\text{KNO}_3$ . Застосування даного компонента для іонообмінного зміцнення скла дозволить замінити іон натрію, що присутній у склі на іон калію з розплаву ( $\text{Na}^+_{\text{скло}} \leftrightarrow \text{K}^+_{\text{розплав}}$ ). Цей процес створює стискаючі напруження у поверхневому шарі скла і незначні розтягуючі напруження у середині скла, що забезпечить його саморуйнування при розрізанні або свердлінні.

В якості експериментальних зразків було взято листове даного складу мас. %:  $\text{SiO}_2$  – 71,8;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,8;  $\text{CaO}$  – 8,3,  $\text{MgO}$  – 3,2;  $\text{Na}_2\text{O}$  % – 14,9.

Калій нітрат наносили на поверхню скла у вигляді насиченого розчину. Зміцнення скла проводили при температурі 450, 500 та 550 °C протягом 60 хв.

Після іонообмінного зміцнення скла провели випробування зразків на міцність методом центрального симетричного вигину та методом визначення ударної міцності.

Визначені залежності міцності скла в залежності від температури обробки. Встановлено, що приріст міцності зразків збільшується з підвищенням температури обробки, що обумовлено утворенням високих значень напружень стиснення [2].

Таким чином метод низькотемпературного іонного обміну дозволяє значно підвищити показники міцності листового скла, збільшивши механічні властивості у 1,5-2 рази.

1. Павлюкевич Ю. Г., Кравчук А. П. Получение упрочненных листовых стекол тонких номиналов //Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ.– 2015. № 3.–С.9–15.

2. Брижан М.Л., Беломеря Н.И. Определение оптимального режима монообменной обработки для упрочнения стекла // Вопросы химии и химической технологию – 2013. – № 2. – С. 110-113.

3. Бутаев А.М. Прочность стекла. Ионообменное упрочнение. – Махачкала: Изд-во ДГУ, 1997. – 133 с.



## ВПЛИВ МОРФОЛОГІЇ НЕОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ НА СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ СОРБЕНТІВ ТА МЕМБРАН

*Коломієць Є.О.<sup>1</sup>, Дзязько Ю.С., Яценко Т.В.*

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,  
*kolomiyetsy@gmail.com*

В багатьох країнах сьогодні спостерігається недостатня кількість безпечної питної води, доступної з економічної точки зору. Для вирішення цієї проблеми доцільно застосовувати такі технології водоочищення, які є екологічними, енерго- та ресурсозберігаючими, тобто економічними, зокрема мембранні та сорбційні методи. На практиці це означає використання мембранних і сорбційних матеріалів, які характеризуються вимогами щодо їх фізико-хімічних властивостей: достатньо високі значення сорбційної ємності, селективності щодо токсичних сполук або йонів та високі кінетичні характеристики з одного боку, та механічна міцність, здатність до регенерації та можливість їх масового виробництва (тобто відтворюваність технології синтезу). Природні сорбційні матеріали не відповідають таким вимогам, тому що їх властивості залежать від місця та технології видобування й інших факторів. Щоб синтезувати такі сорбенти, варто використовувати технології, які дозволяють досягти прогнозованої та відтворюваної результатів, зокрема, шляхом осадження у полімерних орґано-неорґанічних смолах нанорозмірних частинок гідратованих оксидів багатовалентних металів.

Для досягнення прогнозованих властивостей композиційного сорбенту на хромат- та арсенат-йони та їх відтворюваності в якості полімерної матриці було використано стирол-дивінілбензолъну (СДВБ) сильноосновну смолу Dowex SBR-P, в порах якої осаджували гідратовані оксиди цирконія, станума, титану та заліза (далі – модифікатор) [1-3]. Основні стадії синтезу: імпрегнування смоли водним розчином солі відповідного металу (Zr, Ti, Fe, Sn) та осадження частинок в об'ємі полімерів, відмивання, сушка до постійної маси.

Якщо при синтезі знижувати концентрацію солі модифікатору, то це призводить до зменшення розміру частинок: при осадженні з найменш концентрованого розчину утворюються неагреговані нанорозмірні частинки, а з найбільш концентрованого – агрегати. При цьому вдалося досягти збільшення сорбційної ємності (при селективності по відношенню до арсенат-йонів) до 34 мг/дм<sup>3</sup> в області мікроконцентрацій (50 мкг/дм<sup>3</sup>).

Один з напрямків покращення сорбційних властивостей іонообмінних смол полягає у введенні значної кількості неорґанічної складової до полімеру, що досягається за рахунок формування агрегатів наночастинок у гідрофобних порах.

Композити, модифіковані неагрегованими наночастинами розміром від 2 до 8 нм, виявляють підвищену спорідненість до аніонів  $\text{HAsO}_4^{2-}$  ( $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$ ).

Якщо синтезувати наночастинки іншого розміру (більше 8 нм), подібних сорбційних ємностей при збереженні аналогічних умов в експериментах не спостерігалось.

Крім того, при модифікуванні смоли має місце збільшення швидкості переносу протиіонів: електропровідність Cl-заміщеної форми немодифікованої смоли становить 0.01, а композиту – 0.038 Ом<sup>-1</sup> м<sup>-1</sup>. Коефіцієнти дифузії іонів  $\text{HCrO}_4^-$ , визначені електромембранним методом, досягають  $1.84 \times 10^{-12}$  (вихідна смола) та  $4.12 \times 10^{-12}$  м<sup>2</sup> с<sup>-1</sup> (композит).

Другий напрямок покращення сорбційних властивостей композиту полягає у трансформації його пористої структури. Така зміна полягає, наприклад, у блокуванні гідрофільних пор наночастинами іоніту. Така зміна полягає, наприклад, у блокуванні гідрофільних пор наночастинами іоніту. При цьому досягається значне підвищення коефіцієнтів розподілу у порівнянні з вихідним полімером. Наприклад, для матеріалу, який містить гідратований діоксид цирконію, у слабкокислому середовищі коефіцієнт розподілу підвищується з 3200 (немодифікована смола) до 4800 (композит) при вихідній концентрації As(V) у розчині 50 мкг дм<sup>-3</sup>. Іоніти, модифіковані наночастинами, демонструють найбільшу відтворюваність складу та сорбційних властивостей, при багаторазовому використанні сорбентів втрата неорґанічної складової не відбувається.



При осадженні модифікатору з водного розчину гліцерину відбувається реорганізація пористої структури полімеру, утворюються дендритні агрегати наночастинок, які розташовані у гідрофобних порах. Ці агрегати є осмотичними центрами: вони зумовлюють стискання гідрофільних пор, що призводить до зменшення їх розміру. Внаслідок цього у полімерній складовій формуються додаткові центри селективної сорбції аніонів. Підтвердженням формування таких центрів є відповідність ізотерм сорбції моделі Дубініна-Радушкевича.

Основна область застосування вищезгаданих композиційних сорбентів – очищення води від домішок As(V). Ємність до проскоку для цих іонів становить 0.15 та 0.25 ммоль см<sup>-3</sup> відповідно, а остаточна концентрація As(V) не перевищує ГДК. Іонообмінна обробка води не призводить до появи мутності. Композиційні сорбенти повністю регенеруються лужним розчином і можуть бути застосовані багаторазово.

Актуальною проблемою є альтернативні джерела енергії, до яких відносяться паливні елементи із полімерними електролітами (протонпровідними мембранами). Робоча температура таких пристроїв не перевищує 150° С, підвищена температура є запорукою запобігання отруєння каталізаторів. Проте за цих умов відбувається дегідратація полімеру, що призводить до критичного зменшення провідності. Для запобігання цього негативного явища мембрани модифікують неорганічною складовою, зокрема гідрофосфатами багатовалентних металів. Вплив морфології інкорпорованих частинок на провідність композитів залишається невивченою: Отримано мембрани на основі полімеру Nafion 117, модифіковані гідрофосфатом стануму (IV). Такі композити містять: (i) лише неагреговані наночастинок неорганічної складової, (ii) дендритні агрегати наночастинок, (iii) глобулярні агрегати. Попередні вимірювання проводилися із застосуванням імпедансної системи Autolab при використанні комірки конденсаторного типу. Варіювали вміст води у мембранах. Гідратація становила 0-100%. Вимірювання здійснювали в інтервалі частот 0.01-1000000 Гц при температурі 20°С. Побудовані частотні спектри: дійсної та уявної складових адмітансу, імпедансу, питомої електричної провідності, діелектричної проникності, комплексного електричного модулю та тангенсу діелектричних втрат. Встановлено, що при ступеню гідратації 80-100 % залежність питомої електричної провідності від частоти демонструє широке горизонтальне плато в інтервалі 100-1000000 Гц. У цьому інтервалі й визначається питома електрична провідність на постійному струмі.

Побудовано залежності електропровідності від ступеня гідратації. Показано, що модифікування мембрани неагрегованими наночастинок призводить до зменшення порогу перколяції, який відповідає 60% гідратації у порівнянні з 80 % для немодифікованого полімеру. Навпаки, поріг перколяції зсувається до області більшого вмісту води у випадку агрегатів наночастинок (як дендритних, так і глобулярних). Таким чином, варто очікувати збільшення електричної провідності мембран, модифікованих саме неагрегованими наночастинок, при підвищеній температурі у порівнянні з полімером, адже саме такі частинки, які розташовуються у гідрофільних порах полімеру, найкращим чином утримують воду. Перевірка цього припущення – предмет подальших досліджень.

1. Kolomiyets Ye. O., Kudelko E. O., Maltseva T. V., Vasilyuk S. L., Dzyazko Yu. S. Adsorption of arsenic, chromium, lead, cadmium by adsorbents on the basis of Zr(IV), Ti(IV), Sn(IV), Al(III), Fe(III) oxides // Вода і водоочистні технології. – 2018. – Т. 22, № 1. – С. 11-19.

2. Коломієць Є. О., Мальцева Т. В., Дзязько Ю. С. Органо-неорганічні іоніти для вибіркової електродеіонізації розведених водних розчинів// Питання хімії та хімічної технології. – 2019. – N 1. – С. 18-25.

3. Maltseva T. V., Kolomiets E. O., Dzyazko Yu. S. Composite anion-exchangers modified with nanoparticles of hydrated oxides of multivalent metals // Applied Nanoscience – 2019. – V.9, N.5. – P. 997-1004.

## МЕТОДИ СИНТЕЗУ БІОАКТИВНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Кусяк А.П., Кусяк Н. В., Кутина О., Поліщук А.О.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка, [nkusyak@ukr.net](mailto:nkusyak@ukr.net)

Для вирішення проблеми відновлення фізіологічної функції кістки використовуються два підходи: заміна дефекту імплантом, з подальшим створенням цілісної біоінженерної конструкції або регенерація ушкодженої кістки в місці дефекту. Відповідно матеріали, які створюються, відрізняються за поведінкою в організмі, але спільними рисами для них є здатність до резорбції та остеокондуктивність. Ці риси притаманні біоактивним керамічним матеріалам – полікристалічним структурам, що містять одну або більше кристалічних фаз, і які переважно отримують двома методами: плавленням та золь-гель синтезом з подальшою термічною обробкою.

При плавленні  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , або їх хімічних сполук, в межах  $1300\text{--}1450^\circ\text{C}$ , формують об'ємні шматки, виливаючи розплав у графітові чи сталеві форми. Після виливки матеріал вимагає контрольованої термічної обробки для індукції кристалізації. Якщо потрібен гранульований або порошкоподібний матеріал, розплав можна гасити у воді або на повітрі перед подрібненням і просіюванням до потрібних розмірів частинок, які повинні швидко висушуватися, щоб уникнути корозії під час контакту з водою. Перевага даного методу полягає в тому, що суміші композицій можна виготовити, а потім сформувати у форми і ущільнити спіканням.

Золь-гель метод використовують для отримання склокераміки при значно нижчих температурах. В якості силікатного реагенту використовують алкоксиди, інші компоненти додаються або як інші алкоксиди, або як солі. Синтез передбачає декілька етапів: - змішування реагентів у розчиннику (воді або спирті) з утворенням золю низької в'язкості. До завершення формування кремнієвої сітки зразків золь можна наносити як покриття, втягувати у волокно, просочувати композитом, формувати в порошки або виливати у форму з точною формою та особливостями поверхні. Гелеутворення відбувається у формі або на поверхні субстрату, утворюючи твердий предмет або поверхнєве покриття; - старіння передбачає утримання гелю в його рідині протягом декількох годин при температурі  $25\text{--}80^\circ\text{C}$ . Це призводить до гомогенізації та повторного осадження твердої фази, що збільшує товщину, щільність та міцність гелю. Гель висушується, коли фізично адсорбована вода повністю виводиться з пор. Для цього потрібно нагрівання з регульованою швидкістю при температурі  $120\text{--}180^\circ\text{C}$ ; - термічна обробка в діапазоні  $500\text{--}900^\circ\text{C}$  стабілізує висушений гель, видаляє силанолі ( $\text{Si-OH}$ ) та розкладає субпродукти. Стабілізація також збільшує щільність, міцність і твердість гелів і перетворює гель у скло зі структурою, схожою на скло з розплаву. Певна міра кристалізації, завершується в межах  $900\text{--}1300^\circ\text{C}$ .

Додавання до матеріалів  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , сполук Sr покращує адгезію та диференціацію клітин, підвищує біоактивність, покращує механічні та фізико-хімічні властивості. При зародкоутворенні та рості однієї або декількох кристалічних фаз у склі утворюються продукти з високими показниками механічної міцності, високою твердістю та чудовими біохімічними властивостями – ситали. Біоситали з технологічно керованою пористою каналною структурою армовані волокнами чи дисперсними частками в дослідженнях *in vitro* показали високу біологічну активність. На основі фосфатів виділяють силікофосфати кальцію та системи без  $\text{SiO}_2$ , які характеризуються тонкозернистою рівномірною склокристалічною структурою. Синтез подібних матеріалів передбачає теплову обробку (при  $650\text{--}750^\circ\text{C}$ ) попередньо приготовленого (при  $1050^\circ\text{C}$ ) розплаву. Міцність на згин та хімічна стійкість технологічно регулюються додаванням зародкоутворюючих агентів:  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а додавання при спіканні порошку  $\text{CaCO}_3$  дозволяє отримати матеріали з пористістю до 35% та високими показниками міцності на згин, що регулюється процесами спікання з певним температурним градієнтом.

## ЕКСТРАКТИ ОРХІДНИХ В ЗЕЛЕНОМУ СИНТЕЗІ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА

*Лагута І.В.<sup>1</sup>, Ставинська О.М.<sup>1</sup>, Фесенко Т.В.<sup>1</sup>, Іванніков Р.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, [icvmtt34@gmail.com](mailto:icvmtt34@gmail.com)

<sup>2</sup>Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України

Останнім часом велику увагу привертає можливість використання рослинних екстрактів у процесах зеленої хімії, зокрема, в синтезі металевих наночастинок (НЧ). Перевагами зеленого синтезу наночастинок металу порівняно з традиційними хімічними методами є м'які умови синтезу, низька вартість, простота, відсутність токсичних реагентів та побічних продуктів. Катіони металів в процесах зеленої хімії можуть бути відновлені та стабілізовані за рахунок таких компонентів екстрактів, як флавоноїди, фенольні кислоти, терпеноїди, моносахариди тощо. Через відсутність токсичних компонентів такі колоїдні розчини наночастинок можуть використовуватися в біологічних та медичних цілях.

В роботі було вивчено активність екстрактів рослин родини орхідних *Anoectochilus formosanus* Hayata і *Anoectochilus roxburghii* (Wall.) Lindl. та індивідуальних антиоксидантів/відновників (АО) кавової кислоти і кверцетину у синтезі наночастинок срібла (AgНЧ).

Для одержання екстрактів використовували рослини, вирощені в умовах *in vitro*. Біологічно активні речовини вилучали зі свіжого листа рослин шляхом екстракції в 70% розчин етанолу при співвідношенні сировини та екстрагенту 1 г на 100 мл.

Для синтезу AgНЧ до 9 мл 1 мМ водного розчину  $\text{AgNO}_3$  додавали по 1 мл екстракту чи 1 мМ розчину кавової кислоти чи кверцетину, потім реакційну суміш Екстракт+ $\text{AgNO}_3$  чи АО+ $\text{AgNO}_3$  перемішували протягом різних періодів часу при постійній температурі. Утворення AgНЧ контролювали шляхом вимірювання інтенсивності смуги поверхневого плазмонного резонансу в UV/Vis спектрах колоїдів, а повноту відновлення іонів срібла визначали за допомогою методу [1].

Загальний фенольний індекс екстрактів і розчинів АО визначали згідно з методикою [2]

На рис. наведено UV/Vis спектри колоїдних розчинів, одержаних з використанням екстрактів *A. formosanus* Hayata і *A. roxburghii* (Wall.) Lindl. та 1 мМ розчинів кавової кислоти і кверцетину. Смуга поглинання з максимумом біля 420-450 нм в спектрах обумовлена поверхневим плазмонним резонансом срібних наночастинок, а інтенсивність цієї смуги залежить від концентрації AgНЧ в розчині.

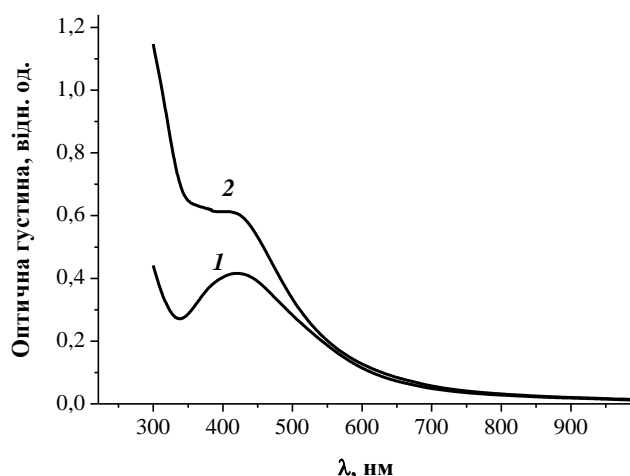


Рис. 1. UV/Vis спектри колоїдних розчинів, одержаних з використанням екстрактів *A. formosanus* Hayata (1) та *A. roxburghii* (Wall.) Lindl. (2) Температура реакції 60°C, час реакції 1 год

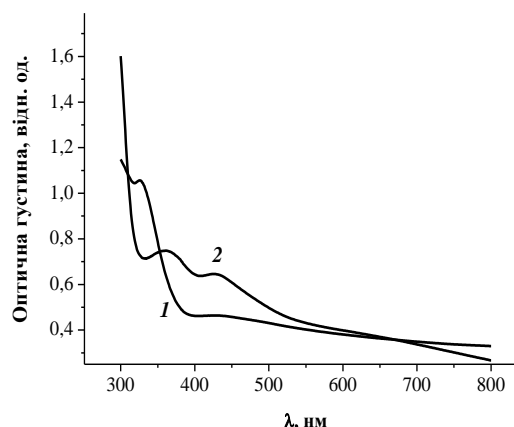


Рис. 2. UV/Vis спектри колоїдних розчинів, одержаних з використанням 1 мМ розчинів кавової кислоти (1) та кверцетину (2). Температура реакції 60°C, час реакції 1 год

Як можна бачити з рис., колоїди, одержані за допомогою екстрактів, мають чітко виражену смугу плазмонного резонансу з максимумом поглинання близько 420 нм. В спектрах сумішей АО+AgNO<sub>3</sub> також можна спостерігати смугу плазмонного резонансу меншої інтенсивності при 440-450 нм. Зміщення максимуму поглинання в область більших довжин хвиль (440-450 нм замість 420 нм) свідчить про збільшення розмірів наночастинок [3], тобто у колоїдах, одержаних за допомогою індивідуальних АО, утворюються більші за розмірами частинки, ніж у колоїдах, одержаних з використанням екстрактів. Слід додати, що основна частина срібла у випадку відновлення індивідуальними АО, ймовірно, входить до складу частинок, які не мають достатньої стабільності. Про це свідчить випадання осаду відразу після змішування кавової кислоти/кверцетину з розчином нітрату срібла та мутність відповідних колоїдних розчинів (оптична густина при 800 нм становить 0.3-0.4, див. рис. 2).

Табл. Загальний фенольний індекс екстрактів та розчинів антиоксидантів

Зразок	Загальний фенольний індекс
Екстракт <i>Anoectochilus formosanus</i> Hayata	~1
Екстракт <i>Anoectochilus roxburghii</i> (Wall.) Lindl.	~1
1 мМ розчин кверцетину	6
1 мМ розчин кавової кислоти	4

Одержані дані вказують на переваги синтезу наночастинок з використанням екстрактів, а не окремих відновників. Дійсно, концентрація відновлювальних агентів у розчині кавової кислоти чи кверцетину навіть більша, ніж концентрація їх у екстрактах (див. таблицю). При цьому у колоїдах Екстракт+AgNO<sub>3</sub> переважно формуються стабільні колоїдні частинки, тоді як у випадку сумішей АО+AgNO<sub>3</sub> більша частина срібла перетворюється на осад. Різниця у властивостях колоїдних розчинів може бути пов'язана з тим, що в екстрактах поряд з відновниками присутні і інші речовини, які виконують функції стабілізуючих агентів. Встановлена нами раніше суттєва залежність швидкості формування наночастинок від температури синтезу та значно слабший вплив температури на швидкість реакції відновлення іонів срібла [4] вказують на те, що, у випадку екстрактів, ріст частинок лімітується їх коалесценцією. Швидкість коалесценції частинок, у свою чергу, визначається їх здатністю подолати "агрегаційний бар'єр", який виникає, у тому числі, внаслідок адсорбції стабілізуючих агентів на поверхні наночастинок, та забезпечує їх електростатичну та/або стеричну стабілізацію. У випадку використання для синтезу кавової кислоти та кверцетину відновлення срібла відбувається досить ефективно і швидко (наприклад, кавова кислота відновлює близько 90 % іонів срібла через 1 годину реакції при 60°C), але, за відсутністю стабілізуючих агентів, частинки швидко збільшуються у розмірах та випадають в осад.

Таким чином, екстракти орхідних виявляють високу активність у зеленому синтезі наночастинок срібла та дозволяють отримувати більш стабільні колоїди, ніж у випадку індивідуальних відновників. Через відсутність токсичних компонентів одержані за допомогою екстрактів колоїди можуть бути використані в біологічних та медичних цілях.

1. Dagnall R.M. West T.S. A selective and sensitive colour reaction for silver // *Talanta*. – 1964. – 11, № 11. – P. 1533–1541.

2. Alonso A.M., Domínguez C., Guilleán D., Barroso C.G. Determination of antioxidant power of red and white wines by a new electrochemical method and its correlation with polyphenolic content // *J. Agric. Food Chem.* – 2002. – 50. – P. 3112–3115.

3. Garcia M.A. Surface plasmons in metallic nanoparticles: fundamentals and applications // *Journal of Physics D: Applied Phys.* – 2011. – 44, № 28. – P. 283001.

4. Stavinskaya O., Laguta I., Fesenko T., Krumova M. Effect of temperature on green synthesis of silver nanoparticles using *Vitex Agnus-Castus* extract // *Chemistry Journal of Moldova*. – 2019. – 14, № 2. – P. 117–121.

## ВПЛИВ МЕТОДУ СИНТЕЗУ НА КОЛІРНИЙ ТОН КОБАЛЬТОВОГО АЛЮМІНАТУ

*Лопачук Л.В., Татарчук Т.Р.*

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

[liudavasylyshyn@ukr.net](mailto:liudavasylyshyn@ukr.net)

Шпінельні алюмінати знайшли своє застосування як пігменти для фарб, у косметології. На сьогодні актуальним є дослідження пігментних властивостей шпінелей, оскільки пігменти мають важливе значення для надання кольору фарбам, чорнилам, пластмасам, тканинам, косметичці та харчовим продуктам. Це говорить про те, що пігменти різноманітні у своєму застосуванні. Кобальтовий алюмінат (відомий як Тенарова синь) широко використовується як синій пігмент завдяки своїм цінним фізико-хімічним характеристикам. Проте відомо, що інтенсивність його кольору залежить від методу синтезу, тому отримання шпінельного  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  з хорошими пігментними властивостями є актуальним завданням. Тому мета даного дослідження полягає в дослідженні впливу методу синтезу на колірний тон кобальтового алюмінату.

Синтез нанокристалічного алюмінату кобальту проведено методом золь-гель автогоріння. Під золь-гель-методом автогоріння розуміють сукупність наступних стадій процесу: приготування розчину нітратів металів (оксидник); утворення золю після додавання палива (відновник); випаровування золю з переходом в гель; подальше випаровування до ініціації автогоріння; термічна обробка кінцевого продукту. Синтез нанокристалічного алюмінату кобальту проведено з такими відновниками як полівініловий спирт, гліцин та сечовина. Ідентифікація фазового складу синтезованих пігментів проведена із використанням X-променевого аналізу. Усі досліджені зразки однофазні. Фаза у зразках – кубічна шпінель  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  (просторова група  $Fd\bar{3}m$ ,  $Z = 8$ ). Кристалографічні параметри та результати уточнення структури шпінелевої фази у зразках складу  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  наведені в таблиці:

Зразок	Фаза	$a$ , Å	$V$ , Å <sup>3</sup>	Розмір кристалітів $D$ , Å
$\text{CoAl}_2\text{O}_4\text{-GI-1000}$	$\text{CoAl}_2\text{O}_4$	8.0981(8)	531.07(9)	315
$\text{CoAl}_2\text{O}_4\text{-PV-1000}$	$\text{CoAl}_2\text{O}_4$	8.0893(10)	529.33(11)	238
$\text{CoAl}_2\text{O}_4\text{-Ur-1000}$	$\text{CoAl}_2\text{O}_4$	8.1039(7)	532.21(8)	465

Проведено дослідження морфології зразків за допомогою скануючої електронної мікроскопії. Встановлено, що зразок синтезований методом золь-гель автогоріння з використанням гліцину, полівінілового спирту та сечовини як відновників, має пористу структуру. Результати енерго-дисперсійного аналізу підтвердили хімічний склад кобальт алюмінату і показали, що у складі зразка присутні тільки елементи Co, Al, O, вміст яких відповідає стехіометричному співвідношенню  $\text{Co} : \text{Al} : \text{O} = 1 : 2 : 4$ . Колірний тон синтезованих пігментів змінюється в залежності від типу відновника, від світло-синього до темно-синього, що зумовлено різним розташуванням атомів кобальту у А та В позиціях кристалічної ґратки шпінелі.

1. Атанасян Т. К., Горичев И.Г., Якушева Е.А. Неорганическая химия: Часть I. Поверхностные явления на границе оксид/электролит в кислых средах: Учебное пособие. – М.:Прометей, 2013. – 166 с.

2. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Основы кристаллографии: Учебник для вузов. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2004. – 500 с.

3. Chemistry of Nanocrystalline Oxide Materials. Combustion Synthesis, Properties and Applications, 2008, p.362

4. В. М. Анищик Наноматериалы и нанотехнологии / под ред. В.Е. Борисенко, Н.К. Толочко. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2008. – 375 с

## ВЗАЄМОДІЯ НЕОРГАНІЧНИХ ФОСФАТІВ З ПОВЕРХНЕЮ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО ДІОКСИДУ ТИТАНУ

*Маркітан О.В., Власова Н.М*

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, Київ

[kammar@ukr.net](mailto:kammar@ukr.net)

Завдяки інтенсивному використанню неорганічних фосфатів у сільському господарстві як добрив, вони широко поширені в природі. Фосфати здатні впливати на властивості поверхні оксидних матеріалів, як складових ланок ґрунтових систем, де поряд з оксидами кремнію та заліза присутній і діоксид титану. Відомо також, що у біологічних рідинах концентрація фосфатів є досить високою. А титан, зважаючи на його інертність та здатність зв'язуватися з кістковою тканиною, успішно використовується у медицині для виготовлення імплантатів, поверхня яких покрита його діоксидом. Тому досить цікавим є питання взаємодії фосфатів з даним оксидним матеріалом.

Було досліджено адсорбцію неорганічних фосфатів, що містять у своєму ланцюгу від одного до трьох атомів фосфору, в залежності від рН та іонної сили розчину на поверхні нанокристалічного діоксиду титану. Взаємодію між фосфатами та оксидом представлено як утворення адсорбційних комплексів відповідно до положень теорії комплексоутворення на поверхні [1]. Для інтерпретації та кількісної обробки експериментальних даних було використано базову модель комплексоутворення на поверхні Штерна [2] та програму GRFIT [3].

Згідно цієї моделі на поверхні розділу фаз функціональні гідроксильні групи оксиду в кислому середовищі знаходяться у протонізованому стані, а при рН вищому за точку нульового заряду ( $pH_{pzc} = 6.5$ ) переважно у іонізованому. Досліджені фосфорні кислоти є багатоосновними: при рН 2 у розчині ортофосфорної кислоти в рівновазі знаходяться нейтральна форма молекули та моноаніон, для дифосфорної кислоти – одно- і двозарядні аніони, для трифосфорної кислоти – дво- і трьохзарядні аніони. Подальша іонізація і утворення відповідних аніонів із більшими величинами зарядів відбувається при підвищенні рН розчину.

Залежності адсорбції моно-, ди- і трифосфатів з водних розчинів електроліту на поверхні діоксиду титану в залежності від рН представлені на рисунку: при підвищенні рН величини адсорбції всіх фосфатів зменшуються, оскільки при  $pH > 6$  понижується концентрація протонізованих груп сорбенту.

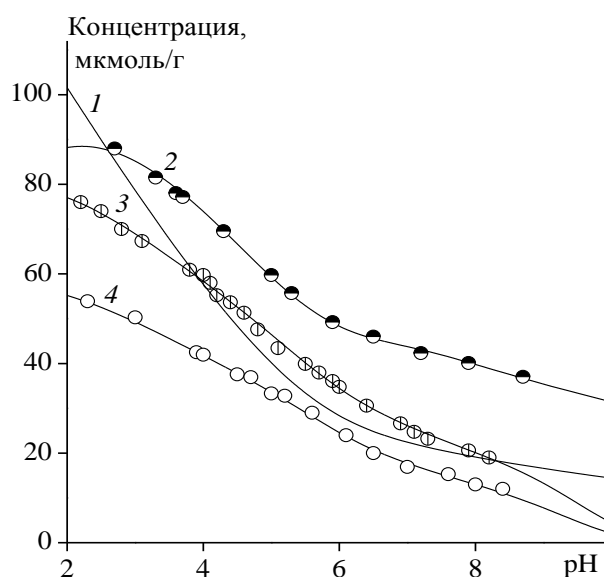
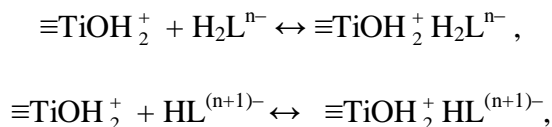


Рис. Адсорбція монофосфату (2), дифосфату (3) і трифосфату (4) із розчину 0,01 М NaCl на поверхні  $TiO_2$ :  $C_{\text{фосф}} = 0,1$  ммоль/л,  $C_{TiO_2} = 1$  г/л. Концентрацію протонізованих груп  $\equiv TiOH_2^+$  на поверхні (0,01 М NaCl) відображає крива (1).

Символи – експериментальні значення адсорбції, лінії – розраховані адсорбційні криві

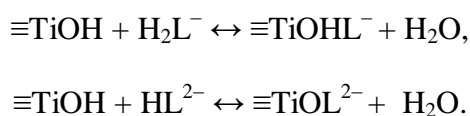
Було показано, що при підвищенні іонної сили розчину адсорбція всіх досліджених фосфатів збільшується, тому що при цьому зростає заряд поверхні, а отже і концентрація протонуваних груп  $\equiv\text{TiOH}_2^+$ .

Можна припустити, що аніонні форми фосфатів зв'язуються з протонуваними гідроксильними групами діоксиду титану, утворюючи зовнішньосферні адсорбційні комплекси:



де  $n=1$  для ортофосфату,  $2$  – для дифосфату та  $3$  – для трифосфату

Було відмічено, що концентрація протонуваних груп навіть при значенні рН точки нульового заряду не дорівнює нулю, а концентрація адсорбованого монофосфату, як видно з рисунку, дещо вища, ніж концентрація  $\equiv\text{TiOH}_2^+$  груп. Причиною цього може бути перенос протону від фосфату на гідроксильну групу діоксиду при утворенні зовнішньосферних електростатичних комплексів, або утворення внутрішньосферних комплексів шляхом ковалентного зв'язування:



За допомогою програми GRFIT на основі експериментальних даних залежності адсорбції від рН та іонної сили було розраховано константи стійкості адсорбційних комплексів обох типів: чим більший заряд аніона, що утворює комплекс, тим вища його константа стійкості. При цьому всі внутрішньосферні комплекси розглядали як моодентатні, оскільки утворення бідентатних мостикових комплексів є мало ймовірним, бо відстань між кисневими атомами сусідніх гідроксилів фосфат-аніону дорівнює  $0,255$  нм [4], а відстань між сусідніми атомами титану в анатазі складає  $0,38 - 0,39$  нм [5].

У ході дослідження показано, що адсорбція неорганічних фосфатів на поверхні нанокристалічного діоксиду титану може інтерпретуватися як утворення зовнішньо- та внутрішньосферних адсорбційних комплексів за рахунок двох типів взаємодії: електростатичної та ковалентної.

1. Davis J.A., Kent D.B. // Rev. Mineral. 1999. V. 23. P. 177.
2. Westall J.C., Hohl H. // Adv. Colloid Interface Sci. 1980. V. 12. P. 265.
3. Ludwig Chr. GRFIT, a Program for Solving Speciation Problems, Evaluation of Equilibrium Constants, Concentrations, and Other Physical Parameters. Internal Report of University of Bern, 1992.
4. Tsuchida E. // J. Phys. Soc. Japan. 2006. V. 75. 054801.
5. Cromer D.T., Herrington K. // J. Am. Chem. Soc. 1955. V. 77. P. 4708.



## ОСОБЛИВОСТІ КІНЕТИКИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ПЛІВКОВИХ ЗРАЗКІВ АМІНОАРЕНІВ В МАТРИЦІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ

<sup>1</sup>Мартинюк Г.В., <sup>2</sup>Аксіментьєва О.І., <sup>3</sup>Яцков М.В., <sup>3</sup>Гакало О.І., <sup>4</sup>Скорейко Н.Т.

<sup>1</sup>Рівненський державний гуманітарний університет, [galmart@ukr.net](mailto:galmart@ukr.net)

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, [aksimen@ukr.net](mailto:aksimen@ukr.net)

<sup>3</sup>Технічний коледж НУВГП, [hakalo.oks@ukr.net](mailto:hakalo.oks@ukr.net)

<sup>4</sup>КЗ Рівненська обласна клінічна лікарня, [n.skoreiko62@ukr.net](mailto:n.skoreiko62@ukr.net)

З моменту відкриття нового класу високомолекулярних сполук – електропровідних полімерів - інтерес до цих матеріалів постійно зростає. Особливо важливими є плівкові полімери для створення екологічно-безпечних джерел струму, сенсорів моніторингу довкілля, продуктів харчування та новітніх застосувань в галузі медицини, біології, що ґрунтуються на засадах нанотехнологій [1, 2].

Проте у вільному стані такі полімерні матеріали мають низьку міцність, відсутність еластичності, погану розчинність, нездатність утворювати плівку, що стримує їх практичне застосування. Одним із шляхів вирішення зазначеної проблеми є отримання композиційних плівкових матеріалів на основі електропровідного полімеру, який надає композиту електроактивні властивості, і матричного полімеру, який забезпечує прозорість, достатню гнучкість, механічну міцність і еластичність утвореного матеріалу. [3]

В даній роботі досліджувалась кінетика окиснювальної полімеризації аміноаренів (аніліну, *o*-толуїдину, *o*-анізидину) в розчині полівінілового спирту (ПВС), як матричного полімеру. Для реєстрації часової залежності нагромадження продукту реакції був обраний спектрофотометричний метод. Отримання вільної гнучкої плівки – композиту спряженого поліаміноарену і високоеластичної полімерної матриці здійснювали шляхом окисної полімеризації 0,01 – 0,025 М розчину аміноарену у водному 0,125 - 5 мас. % гелі ПВС за відомою методикою [4]. Вихідні мономери характеризується наявністю смуг поглинання в ближній УФ-області (180 – 260 нм), які зумовлені поглинанням бензенового кільця та аміногрупи [5].

При взаємодії мономеру з пероксодисульфат-аніоном відбуваються суттєві зміни в оптичних спектрах як у ближній УФ, так і у видимій області спектра. Найбільш чутливою виявилась смуга поглинання в околі 440 нм, яку і використовували для вивчення кінетики окисної полімеризації аміноаренів.

Процес окиснення аніліну в розчинах ПВС починається після певного індукційного періоду, який становить від 2 до 15 хв залежно від температури і концентрації. Процес супроводжується зміною кольору реакційної суміші з безбарвного на світло-синій, а потім - зелений. Знайдено, що нагромадження оптично-активного продукту (поліаніліну) в реакційній суміші добре описується кінетичною кривою першого порядку, типовою для полімеризаційних процесів. За нахилом залежності  $\log(D) - t$  визначено константу швидкості процесу, яка становить  $k = 4.3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ . Процес полімеризації аніліну відбувається за механізмом реакції окисної поліконденсації (окисного сполучення), згідно схеми (1-4), запропонованої для ароматичних амінів [6, 7].

На першому етапі відбувається окиснення мономеру з відривом одного електрона. (див. схему 1). Окисник – амоній пероксодисульфат при цьому відновлюється: Процес ініціюється реакцією окиснення мономеру до катіон-радикалу.

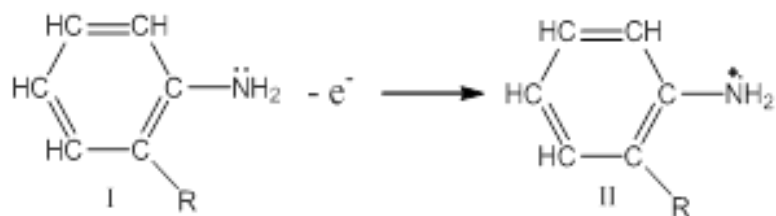


Схема 1

Згідно існуючих теорій катіон-радикали перебувають у вигляді резонансних структур II-IV:

Найбільш стабільною є структура IV (схема 2), особливо за наявності електронно-донорного замісника (R). Наступні, послідовні реакції – це утворення димеру (тримеру, тетрамеру), їх депротонування і подальший ріст полімерного ланцюга

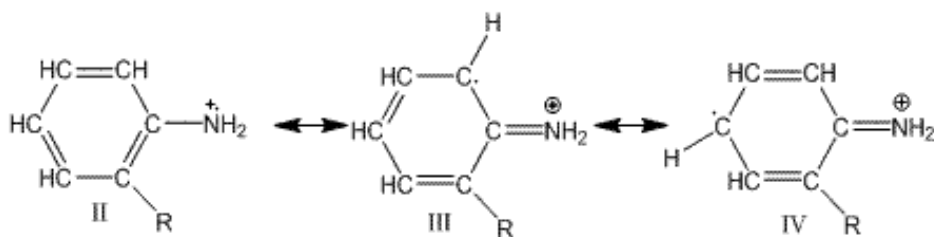


Схема 2

Оскільки катіон-радикал існує переважно у вигляді структури IV, то полімеризація відбувається здебільшого в *para*-положення і приєднання (окисне сполучення) вихідного та ізомеризованого катіон-радикалів відбувається за принципом “голова-хвіст” (схема 3,4).[8, 9]

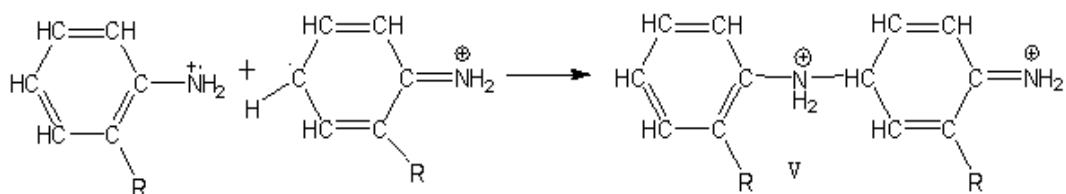


Схема 3

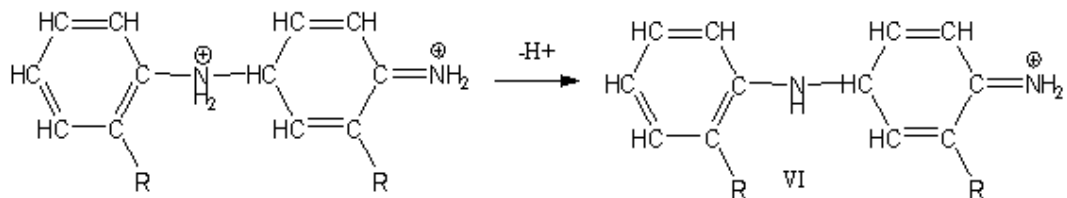


Схема 4

Аналогічні дослідження були проведені для спектrophотометричного дослідження кінетики синтезу композиту ПАН-ПВС за 15°C. Якщо процес окиснення аніліну відбувається в реакційному розчині ПВС, полімерна матриця може чинити певний вплив на кінетику процесу і молекулярну структуру утвореного композиту. Показано, що загальний вигляд кінетичних кривих майже не змінюється, проте на лінійних ділянках

напівлогарифмічних залежностях можна відзначити зміну нахилу, що свідчить про вплив матриці ПВС на кінетику процесу [9].

Встановлено, що за різного вмісту матриці ПВС в утвореному композиті ПВС–ПАН константа швидкості  $k_1$  обчислена для початкової ділянки полімеризаційного процесу, суттєво зменшується і становить  $k = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$ . Найбільше значення константи швидкості спостерігається у випадку ПоА (поліортоанізидину), що можливо зумовлено, особливостями його структури, більшою рухливістю кінетичних сегментів. Введення замісника різної будови в структуру поліаміноарену призводить до зростання константи швидкості в 1,45 разів порівняно з ПАН [9-11].

Згідно отриманих результатів можна прийти до висновку, що еластична матриця ПВС впливає на початкові етапи полімеризації, а саме сповільнює швидкість процесу ініціювання і росту полімерних ланцюгів поліаміноаренів. Це пояснюється тим, що в процесі полімеризації безпосередню участь приймають і молекули матриці ПВС, які і викликають загальне зростання в'язкості цілої системи. Відповідно і сповільнюється дифузія молекул і відповідно зменшується швидкість ініціювання реакції полімеризації

З іншого боку, можливо, відбувається закріплення мономера на макроланцюзі ПВС, який містить залишкові ацетатні групи, які мають здатність викликати іммобілізацію мономера і зародження нових ланцюгів на поверхні фібрил. Все це зменшуючи рухливість фрагментів макромолекул зумовлює і зміни в просторовій орієнтації реагуючих речовин, зменшуючи швидкість окисного сполучених аміноаренов [4, 12].

У таких реакціях будова утвореного полімеру і кінетика процесу визначаються іншими макромолекулами (матрицями), що знаходяться в безпосередньому контакті з молекулами одного або декількох мономерів і полімерними ланцюгами [4, 13].

1. Гнучкі елементи оптичних сенсорів на основі спряжених полімерних систем / О.І. Аксіментьєва, О.І. Конопельник, Б.Р. Ціж [та ін.] // *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*.- 2011. -Т 8. -№2. -С. 39-44.

2. Струмopровідні органічні полімерні матеріали для радіoeлектроніки: II інтернет-конференція «Проблеми біомедичної інженерії» / Л.І. Панов, А.В. Іванішев.- Херсон, 24 – 27 травня 2016 р.- С.4-5

3. Аксіментьєва О.І., Українець А.М., Конопельник О.І., Євчук О.М. Спосіб одержання струмopровідних полімерних композитів. Патент № 53115/8. 59 А (UA). Опубл.15.01.2003. – Бюл. № 1.– 6 с.

4. Дослідження структури та кінетики окиснювальної полімеризації аніліну в розчині полівінілового спирту / О.І. Аксіментьєва, Г.В. Мартинюк, О.М. Євчук [та ін.] // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Серія "Хімія". –2013. –С.46–52.

5. Mirmchseni A. Preparation and characterization of processable electroactive polyaniline–polyvinyl alcohol composite / A. Mirmchseni, G. Wallace G. G. // *Polymer*. – 2003. – Vol. 44. – P. 3523–3528.

6. Матричний синтез водорастворимого поліаніліна в присутствіи поліелектролітів / Ж.А. Боева, О.А. Пышкина, А.А. Лёзов А.А. та ін. // "Высокомогл. Соед. Серія А"– 2010. –Т. 52. –С. 1267-1276.

7. Буслон Д.К. Исследование водородных связей в слабо гидратированных пленках поливинилового спирта методом инфракрасной спектроскопии / Д.К. Буслон, Н.И. Сушко, О.Н. Третинников // *Высокомолекулярные соединения*. – 2011. – Т. 53. – № 12. – С. 2035–2042.

8 Механизм окислительной полимеризации анилина. / Я.О. Межуев, Ю. В. Коршак, М.И. Штильман, А.А. Колоденков. // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2009.- Т. XXIII. – №5 (98) –С. 82-85.

9. Кинетика одноелектронного переносу в умовах окислювальної полімеризації о-анізидина. / Я.О. Межуев, А.А. Колоденков, Ю. В. Коршак [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2010.- Т. XXIV. - №5 (109) -С. 63-65

10. Оптичні та електричні властивості композитів спряжених поліаміноаренів з полімерними електролітами / О. Євчук, О. Аксіментьєва, Ю. Горбенко // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. -2012. -Випуск 53. -С. 352–356.

11. Способ получения полианилина А.С.1772110. СССР, МПК С08G73/00 /Аксиментьєва Е.И., Загордонский В.П., Ковальчук Е.П. и др. // Заяв. 0.1.07.90.- Опубл.30.10.92. Б.И.№40.-3с.

12 Анізотропія провідності і перколяційні явища в плівкових композитах спряжених поліаміноаренів с полівініловим спиртом / О.І. Аксіментьєва, О.І. Конопельник, А.М. Українець, М.Я. Гриців [та ін.] // Фізика і хімія твердого тіла. – 2004. – Т. 5. № 1. – С. 142 – 146.

12. Термомеханічні і електричні властивості композитів спряжених поліаміноаренів з полівініловим спиртом / А.М. Українець, О.І. Аксіментьєва, Г.В. [та ін.] // Вопросы химии и химической технологи. – 2004. – Т. 3. –С. 132–135.

13. Аксіментьєва О.І. Електрохімічні методи синтезу і провідність спряжених поліаміноаренів / О.І. Аксіментьєва. –Львів: Світ, 1998 – 153 с.

## **ВПЛИВ ДОБАВОК ОКСИДУ ГРАФЕНОПОДІБНОГО МАТЕРІАЛУ, ОТРИМАНОГО РОЗКРИВАННЯМ БАГАТОСТІННИХ НАНОТРУБОК, НА СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОФОСФАТУ ЦИРКОНІЮ**

*Перлова О.В.<sup>1</sup>, Іванова І.С.<sup>1</sup>, Дзязько Ю.С.<sup>2</sup>, Данілов М.О.<sup>2</sup>, Русецький І.А.<sup>2</sup>, Колбасов Г.Я.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,

[inna\\_ivanova\\_2512@ukr.net](mailto:inna_ivanova_2512@ukr.net)

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

Для окисленого графену (ОГ) притаманна катіонообмінна здатність, оскільки він містить карбоксильні та фенольні групи [1]. Більш того, ОГ характеризується розвиненою гідрофільною поверхнею, що досягається у водному середовищі ( $> 2000 \text{ м}^2\text{г}^{-1}$ ) [2]. Проте використання ОГ в якості наповнювача іонообмінних колон утруднено внаслідок дуже малого розміру частинок. Рішенням проблеми є введення ОГ до неорганічних іонітів, які можуть бути отримані у вигляді великих гранул розміром до 1 мм. Встановлено, що додавання лише незначної кількості ОГ до гідратованого діоксиду цирконію посилює його катіонообмінні властивості [3]. Водночас аніонний обмін пригнічується. Адсорбційні властивості композиту використані для глибокого знесолення молочної сироватки: у цьому випадку іонний обмін комбінували з електродіалізом [4]. Окрім того, неорганічний іоніт набуває здатності адсорбувати органічні речовини: фенол, лактозу [4] та пестициди [5]. Отримані результати дозволяють передбачити можливість використання ОГ як добавки до неорганічних катіонітів, наприклад, гідрофосфату цирконію.

Використовували багатостінні (8-15 шарів) нанотрубки, які розкривали згідно [6]. Отриманий матеріал додавали до золю гідроксокомплексів цирконію при застосуванні ультразвукової активації [7]. Із отриманої суспензії осаджували гідрофосфат цирконію фосфорною кислотою. ГФЦ містив  $\approx 2\%$  ОГ, розмір гранул композиту ГФЦ-ОГ становив 300 мкм, у той час як для немодифікованого ГФЦ ця величина становила 800 мкм.

Рентгенівська дифрактограма для нанотрубок містить рефлекс  $2\theta=26.02^\circ$ , який є характерним для графіту (рис. 1). У випадку графеноподібного матеріалу ОГ спостерігається широкий рефлекс  $\text{SiO}_2$  (кварцовий капіляр, де був розташований зразок). Плече при  $2\theta < 21^\circ$  відповідає саме ОГ. Розмитість цього рефлексу обумовлена багат шаровою структурою цього матеріалу, кількість шарів, вочевидь, відповідає кількості стінок нанотрубок. Для зразку ГФЦ-ОГ є характерною аморфна структура. ІЧ спектроскопія ОГ свідчить про

наявність карбоксильних, фенольних та епоксидних груп, які забезпечують його гідрофільність та іонообмінну здатність. Питома поверхня становила 165 та 190 м<sup>2</sup> г<sup>-1</sup> для ГФЦ та ГФЦ-ОГ відповідно. Згідно даних ТЕМ, листочки ОГ вкривають частинки ГФЦ.

Сорбцію урану проводили з модельних розчинів, які імітували підземні води в районі хвостосховища відходів гідрометалургійної переробки уранових руд поблизу м. Жовті води [8]. Розчин містив переважно хлориди іонів жорсткості та натрію, таким чином, уран знаходився переважно в катіонній формі, величина рН розчину становила 7,3. Вміст урану в розчинах оцінювали спектрофотометричним методом із застосуванням Арсеназо III. Встановлено, що залишкова концентрація урану складала 0,02 (ГФЦ-ОГ) та 0,1 (ГФЦ) мг/дм<sup>3</sup>. Ізотерма адсорбції ураніл-іонів на композиті зсунута в область більш низьких концентрацій у порівнянні з ГФЦ, що свідчить про позитивний вплив модифікатора на катіонообмінну здатність неорганічного катіоніту.

Встановлено, що сорбція сполук урану відбувається у змішано-дифузійному режимі. Для ГФЦ-ГО швидкість внутрішньої дифузії на 17% більша, ніж для ГФЦ. Швидкість зовнішньої дифузії практично однакова для обох зразків. Одержані результати можна пояснити, якщо врахувати збільшення об'єму мезопор на 50 % у модифікованому сорбенті порівняно з немодифікованим та зменшення розміру гранул композиту. Таким чином, модифікування ГФЦ окисленою графеноподібною добавкою призводить до покращення його катіонообмінної здатності. Можна очікувати аналогічний ефект при додаванні ОГ до інших неорганічних катіонітів. Збільшення вмісту вуглецевої складової у композиті, ймовірно, призведе до небажаного ефекту – зменшенню розміру гранул. Проте при вмісті ГО 2 мас. % розмір гранул становить 0.3 мм, що є цілком прийнятним для застосування композиту в якості наповнювача іонообмінних колон.

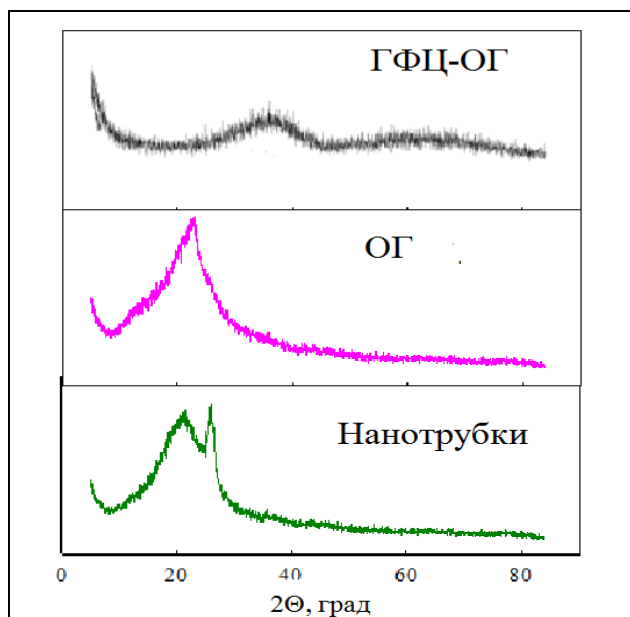


Рис. 1. Рентгенівські дифрактограми.

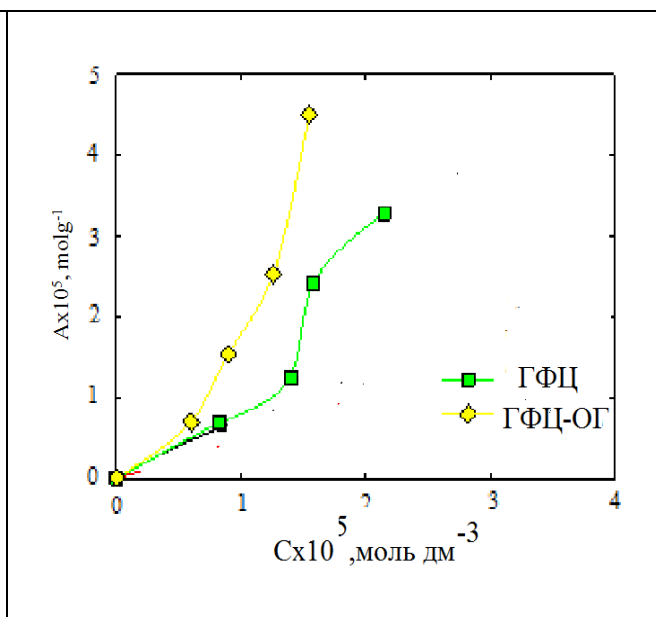


Рис. 2. Ізотерми адсорбції сполук U(VI).

1. Dreyer D.R., Park S., Bielawski C.W., Ruoff R.S. (2010) The chemistry of graphene oxide // Chem. Soc. Rev. – 2010. – V. 39, N 1. – P. 228-240.

2. Volkovich Y.M., Rychagov A.Y., Sosenkin V.E., Efimov O.N., Os'makov M.I. Measuring the specific surface area of carbon nanomaterials by different methods//Russ. J. Electrochem. – 2014. – V. 50, N 11. – P. 1099-1101.

3. Dzyazko Yu.S., Ogenko V.M., Volkovich Yu.M., Sosenkin V.E., Maltseva T.V., Yatsenko T.V., Kudelko K.O. Composite consisting of hydrated zirconium dioxide and graphene oxide for removal of organic and inorganic components from water // Chemistry, Physics and Technology of Surface. – 2018. – V. 9, N 4. – P. 417-431.

4. Myronchuk V., Zmievskii Y., Dzyazko Y., Rozhdestveska L., Zakharov V., Bildyukevich A. Electrolytic whey demineralization involving polymer-inorganic membranes, anion exchange resin and graphene-containing composite // *Acta Periodica Technologica*. – 2019. – V. 50. – P. 163-171.

5. Dzyazko Yu. S., Ogenko V.M., Shteinberg L.Ya., Bildyukevich A.V., Yatsenko T.V. Composite adsorbents including oxidized graphene: effect of composition on mechanical durability and adsorption of pesticides // *Chemistry, Physics and Technology of Surface*. – 2019. – V. 10, N 4. – P. 432-445.

6. Danilov M.O., Rusetskii I.A., Slobodyanyuk I.A., Dovbeshko G.I., Kolbasov G.Y., Strubov Y.Y.// Synthesis, properties, and application of graphene-based materials obtained from carbon nanotubes and acetylene black. *Ukr. J. Phys.* – 2016. – V. 7, N 1. – P. 3-11.

7. Perlova O.V., Dzyazko Yu.S., Palchik A.V., Ivanova I.S., Perlova N.O., Danilov M.O., Rusetskii I.A., Kolbasov G.Ya., Dzyazko A.G. Composites based on zirconium dioxide and zirconium hydrophosphate containing graphene-like additions for removal of U (VI) compounds from water // *Appl. Nanosci.* – 2020. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13204-020-01313-1>

8. Корнілович Б. Ю. Природоохоронні технології в урановидобувній та переробній промисловості / Б. Ю. Корнілович, О. Г. Сорокін, В. М. Павленко, Ю. І. Кошик. – Київ : Лібра, 2011. – 156 с.

## НАДМОЛЕКУЛЯРНА СТРУКТУРА БУРОВУГІЛЬНИХ НАНОПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ, ОТРИМАНИХ ЛУЖНОЮ АКТИВАЦІЄЮ

*Сабєрова В.О., Тамаркіна Ю.В., Кучеренко В.О.*

Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України

[Saberova@nas.gov.ua](mailto:Saberova@nas.gov.ua)

Лужна активація бурого вугілля (БВ) з КОН веде до утворення нанопористих матеріалів (НПМ), які є ефективними адсорбентами органічних екоотоксикантів і важких металів. Випробувано два варіанти процесу: 1) термопрограмована активація (ТП-активація), де здійснюється повільне (4 град/хв) нагрівання БВ-КОН до температури  $t$  ( $\leq 850^\circ\text{C}$ ) [1]; 2) активація з тепловим ударом (АТУ-процес), де зразок БВ-КОН швидко вводиться у вже нагріту до температури  $t$  зону реактора [2]. АТУ-процес більш ефективний і призводить до утворення НПМ з питомою поверхнею  $S \leq 2400 \text{ м}^2/\text{г}$  і об'ємом пор  $V_t \leq 1.1 \text{ см}^3/\text{г}$ , що значно вище характеристик НПМ, які отримано ТП-активацією ( $S \leq 1100 \text{ м}^2/\text{г}$ ,  $V_t \leq 0.6 \text{ см}^3/\text{г}$ ).

Мета роботи – встановлення закономірностей реорганізації надмолекулярної структури НПМ, які утворюються з БВ при підвищенні температури до  $850^\circ\text{C}$  в умовах ТП-активації і АТУ-процесу.

Вихідне вугілля – БВ з вмістом елементів (% daf): С 70.6; Н 5.9; S 3.6; N 1.9; О 18.0. Обробку БВ лугом виконували імпрегнуванням ( $R_{\text{КОН}}=1.0 \text{ г/г}$ ); умови активації і виділення НПМ викладено в [1, 2]. Характеристики поруватої структури НПМ визначено за ізотермами адсорбції – десорбції азоту (Micromeritics ASAP 2020, метод розрахунку 2D NLDFT). Зміни супрамолекулярної структури оцінювали методом РФА: прилад Bruker D8, випромінювання  $\text{CuK}\alpha$  (0.154 нм, 30 кВ, 50 мА), крок сканування  $0.019^\circ$  при часі накопичення 20 секунд/крок, обробки дифрактограм методом [2]. Розраховували наступні характеристики надмолекулярної структури: міжшарову відстань в кристалітах  $d_{002}$ , висоту  $L_c$ , середній діаметр  $L_a$  та об'єм кристаліта  $V_{\text{кр}}$ , інтенсивність  $I_{002}$  (відн. од.) як площу рефлексу (002), а також число поліаренових шарів  $N = (L_c/d_{002})+1$ .

З ростом температури до  $850^\circ\text{C}$  вихід НПМ знижується, а питома поверхня зростає, причому найбільш сильно в АТУ-процесі (таблиця). Крім розвитку пористості, підвищення температури викликає реорганізацію просторової структури, що реєструється як зміна параметрів кристалітів. До  $400^\circ\text{C}$  міжшарова відстань  $d_{002}$  не змінюється для обох режимів нагрівання (рис. 1А). В інтервалі  $400\text{-}650^\circ\text{C}$  значення  $d_{002}$  істотно зростають для зразків

НПМ(ТП), що збігається з ефектом, встановленим для японського вугілля ( $C^{daf}=77.8\%$ ) [3]. В інтервалі 650-850°C зміни  $d_{002}$  діаметрально протилежні. В АТУ-процесі утворюються зразки, які демонструють різке зниження  $d_{002}$  у напрямку  $d_{002}$  для графіту (0,3354 нм). Тобто, тепловий удар залишає в каркасі НПМ тільки найбільш структурно впорядковані кристаліти.

Висота кристалітів  $L_c$  при термолізі до 400°C практично постійна, а в інтервалі 400-650°C зменшується

для обох серій зразків (рис. 1В). При 650-850°C значення  $L_c$  зразків НПМ(ТП) не змінюються, а для серії НПМ(АТУ) зменшуються на значну величину (22%) і супроводжуються зменшенням міжшарової відстані (рис. 1А, лінія 2). Середнє число поліаренових шарів в кристалітах варіюється у вузьких межах:  $N=2,66-2,95$  для НПМ(ТП) і  $N=2,68-2,95$  для НПМ(АТУ). Діаметр графенового шару  $L_a$  до 400°C не змінюється, а при підвищенні температури до 850°C зростає (рис. 2А). Значення  $L_a$  зразків НПМ(АТУ) вищі за рахунок меншого числа стеричних перешкод в АТУ-процесі.

Таблиця – Вихід (Y) і питома поверхня (S) буровугільних НПМ

Метод	Параметр	Температура ізотермічної витримки, °C								
		400	500	550	600	650	700	750	800	850
ТП-активація	Y, %	71	54	52	50	47	41	35	29	24
	S, м <sup>2</sup> /Г	12.8	273	370	450	555	695	773	1128	1115
АТУ-процес	Y, %	67	51	49	46	42	35	29	25	15
	S, м <sup>2</sup> /Г	14.7	317		515	664	993	1481	1947	2414

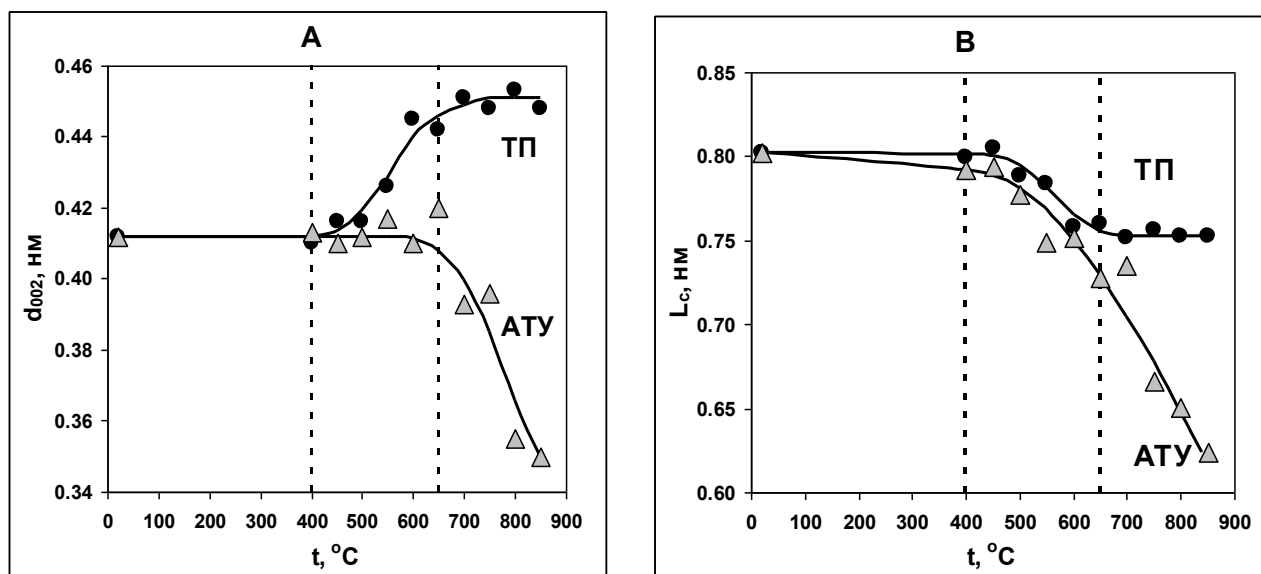


Рисунок 1 – Температурні залежності  $d_{002}$  (А) и  $L_c$  (В) для ТП- и АТУ-процесів

Інтенсивність  $I_{002}$  зразків до 400°C не змінюється (рис. 2В). Величина  $I_{002}$  при ТП-активації монотонно збільшується, а в АТУ-процесі змінюється більш складно: спостерігається невеликий максимум при 600°C і потім різке (в 4.3 рази) зниження. Вміст кристалітів в НПМ(АТУ) суттєво знижується при тепловому ударі, що відбувається за рахунок зменшення вмісту найменш упорядкованих кристалітів і збагачення найбільш впорядкованими (що знижує  $d_{002}$ , рис. 5), які структурно ближче до графіту і інертніші до дії гідроксиду калію. Оскільки в ТП-активації подібний ефект не спостерігається, очевидно, що за нього відповідає саме тепловий удар.



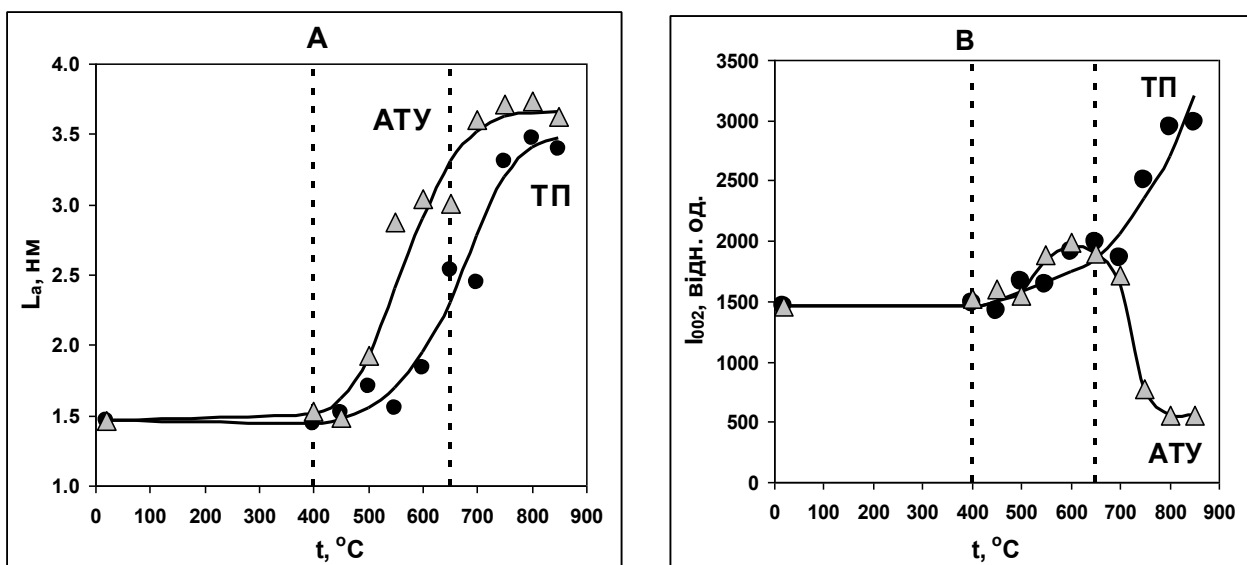


Рисунок 2 – Температурні залежності  $L_a$  (A) и  $I_{002}$  (B) для ТП- и АТУ-процесів

1. Tamarkina Yu.V., Bovan L.A. Kucherenko V.A. Properties of the solid thermolysis products of brown coal impregnated with an alkali // Solid Fuel Chemistry. – 2008. – 42, №4. – С. 202–207.

2. Saberova V.A., Tamarkina Yu.V., Kucherenko V.A. Changing the structure of brown coal by alkaline activation with thermal shock // Solid Fuel Chemistry. – 2019. – 53, №3. – С. 135–144.

3. Yoshizawa N., Maruyama K., Yamada Y., Ishikawa E., Kobayashi M., Toda Y., Shiraishi M. XRD evaluation of KOH activation process and influence of coal rank // Fuel – 2002. – V.81, Is.13. – P.1717-1722.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИЛКАГЕЛІВ МОДИФІКОВАНИХ КОПОЛІМЕРАМИ 4-ВІНІЛПІРИДИНУ ТА СТИРЕНУ ЩОДО КАТІОНІВ РЬ(ІІ)

*Савенко Т.А., Кичкирук О.Ю.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна

[savenkotanya2401@gmail.com](mailto:savenkotanya2401@gmail.com)

Відомо, що *in situ* іммобілізація кополімерів 4-вінілпіридину 4VPy та стирену St з вихідним співвідношеннями St:4VPy (1 : 4) та (1 : 3) на поверхні силікагелю дозволяє отримати матеріал з сорбційною здатністю щодо йонів РЬ(ІІ), Мн(ІІ), Ні(ІІ) та Fe(ІІІ), оскільки *in situ* іммобілізація полімеру на поверхні поруватого неорганічного носія є одним з перспективних шляхів створення органо-мінеральних композитних матеріалів з цікавими та цінними сорбційними властивостями.

Дана робота присвячена вивченню сорбційної ємності нових органо-мінеральних композитів щодо йонів РЬ(ІІ), одержаних шляхом адсорбції різних мас заздалегідь синтезованого кополімеру 4-вінілпіридину та стирену з вихідним співвідношенням (4 : 1) на поверхні силікагелю. Дослідження проводили у статичному режимі, у водних розчинах з використанням атомно-абсорбційної спектроскопії для визначення концентрації йонів у розчині. Отримані результати порівняли із даними, одержаними для раніше синтезованого композиту 4-вінілпіридину та стирену з вихідним співвідношенням (4 : 1), *in situ* іммобілізованим на поверхні силікагелю.

Для дослідження в якості сорбентів використовували композити з різним вмістом кополімеру 4-вінілпіридину та стирену на поверхні неорганічної матриці -силікагелю, а саме

композит 1 містив 9.09% кополімеру, композит 2 та композит 3 – 20,00 та 25,00% відповідно. В результаті синтезу таких композитів можна зробити висновок, що чим менше силікагелю у складі зразку синтезованого композиту, тим більше отримали масову концентрацію кополімеру у композиті.

Сорбційну ємність синтезованих композитів розраховували з ізотерм сорбції йонів Pb(II) на поверхні модифікованого силікагелю. Щодо йонів Pb(II) найбільшу сорбційну ємність має композит 1, який вилучає 0.013 ммоль (2.7 мг) цих йонів на 1 г композиту. Цікавим є той факт, що при зростанні частки кополімеру у складі композиту сорбційна ємність зменшується майже удвічі і становить 0,007 ммоль (1.45 мг) на 1 г для композитів 2 і 3.

Порівняння отриманих результатів зі значеннями сорбційної ємності силікагелів, *in situ* модифікованих відповідними кополімерами стирену та 4-вінілпіридину, свідчить про те, що сорбційна ємність синтезованих композитів більша, ніж у силікагелю з *in situ* іммобілізованим кополімером зі співвідношенням St:4VPy = 1:4, проте менша за таку для силікагелю з *in situ* іммобілізованим кополімером зі співвідношенням St:4VPy = 1:3.

І як висновок, результати цієї роботи доводять переваги *in situ* модифікації кополімерів на поверхні поруватих неорганічних носіїв і за синтетичними можливостями, і за корисними властивостями (характеристиками) одержаних композитних матеріалів.

## **ІММОБІЛІЗАЦІЯ ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПОВЕРХНІ МАГНІТОКЕРОВАНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ**

*Свиридюк К. П., Кусяк Н. В., Кусяк А. П., Горбик П.П., Корнійчук Н.М.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[sviridyukk-97@ukr.net](mailto:sviridyukk-97@ukr.net)

Розміри наночастинок (НЧ), як атомних кластерів кристалічної чи аморфної структури з унікальними фізико-хімічними властивостями, відповідають розмірам багатьох життєво необхідних біологічних молекул, таких як білки, антитіла, мембранні рецептори та нуклеїнові кислоти. Функціоналізація поверхні НЧ створює передумови для отримання нанокompозитів із заданими властивостями медико-біологічного призначення. Одним із перспективних напрямків їх застосування є адресна доставка лікарських препаратів. В зв'язку з цим особлива увага належить магніточутливим НЧ на основі Fe, Ni, Co. Оскільки частинки магнетиту здатні до окиснення, що призводить до зниження магнітних властивостей та агрегації, що мінімізує їх поверхневу енергію, то виникає потреба у функціоналізації таких частинок [1]. Тому частіше використовуються частинки Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> вкриті різними органічними полімерами, вуглецем, металооксидними матеріалами, кремнеземом та різними люмінесцентними матеріалами. Композитні частинки, в яких магнітною фазою є залізо та його оксиди, а сорбуючою – вуглець, оксиди силіцію або алюмінію мають широке застосування за рахунок значного магнетизму, низької токсичності, високої біосумісності, біодеградації та інших особливостей [2].

Найчастіше, препаратами, що іммобілізуються на магнітних поверхнях, стають антибіотики різних класів (доксорубіцин, 5-FU, гемцитабін, ципрофлоксацин, ванкоміцин тощо), білкові речовини (антитіла, ферменти) та інші. Однак, для досягнення очікуваного терапевтичного чи діагностичного ефекту, необхідно враховувати особливості взаємодії субстрату з речовиною, що іммобілізується на його поверхню. Зокрема, має значення зміна модифікації препарату під час адсорбції, вплив факторів навколишнього середовища та фізико-хімічних параметрів наночастинок на ефективність завантаження препарату на НЧ. Проникнення системи адресної доставки лікарського препарату в біологічні структури може відбуватися пасивно або за рахунок активного націлювання. Активне націлювання характеризується утворенням між системою-носієм та тканинно- чи клітиною специфічним лігандом, пасивне - проникнення характеризується відсутністю специфічних зв'язків, доставка відбувається шляхом пасивного проникнення системи-носія у біологічні структури.

Ідеальна система доставки лікарських препаратів повинна бути здатною досягати, розпізнавати, зв'язувати і доставляти препарат до конкретних структур, а також мінімізувати негативний вплив препарату. Таким чином, постає потреба у створенні наноконструкцій для дослідження особливостей взаємодії лікарського препарату з НЧ [3]. З метою створення нових форм магнітокерованих лікарських препаратів для онкології, розроблено та синтезовано низку дослідних зразків нових типів магніточутливих наноконструкцій, а також магнітних рідин на їх основі, для медико-біологічного застосування, вивчено і систематизовано їх фізичні, хімічні і біологічні властивості.

1. Bamburowicz-Klimkowska M. Nanocomposites as biomolecules delivery agents in nanomedicine [Електронний ресурс] / М. Bamburowicz-Klimkowska, М. Poplawska, I. Grudzinski // Journal of Nanobiotechnology. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://jnanobiotechnology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12951-019-0479-x>.

2. Shen L. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles in Targeted Drug/Gene Delivery Systems [Електронний ресурс] / L. Shen, B. Li, Y. Qiao // Materials (Basel). – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5849021/>.

Rizvia S. Applications of nanoparticle systems in drug delivery technology [Електронний ресурс] / S. Rizvia, A. Saleh // Saudi Pharm J.. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5783816/>.

## **ВЗАЄМОДІЯ Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>Te З ТРАВІЛЬНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – HBr – ЕТИЛЕНГЛІКОЛЬ**

*Соляр Ю.А., Денисюк Р.О., Чайка М.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка, [solyarjulia@gmail.com](mailto:solyarjulia@gmail.com)

Сучасні прилади містять робочі елементи та деталі, виготовлені з напівпровідникових матеріалів, що потребують спеціальних параметрів для надійного стабільного функціонування. Параметри і характеристики фоторезисторів та фотодіодів суттєво залежать від стану поверхні чутливих елементів. В зв'язку з цим в технології напівпровідникових матеріалів при виготовленні робочих елементів існують надзвичайно жорсткі вимоги: поверхня кристалів повинна бути однорідною, гладкою, без забруднень. Кадмій телурид і тверді розчини на його основі широко застосовуються в електроніці при виготовленні приладів спеціального призначення. Напівпровідникові детектори на основі Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>Te володіють рядом переваг у порівнянні з аналогічними приладами [1]. В літературі майже відсутні відомості про електрохімічні процеси при розчиненні та поліруванні Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>Te, що б дозволило передбачити процеси, що відбуваються при хімічній взаємодії поверхні монокристалу з рідким активним середовищем і покращити якість отримання робочих елементів детекторів.

*Метою дослідження є вивчення електрохімічних процесів, що відбуваються під час розчинення монокристалу напівпровідника Zn<sub>0,04</sub>Cd<sub>0,96</sub>Te в травниках системи K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – HBr – етиленгліколь.*

Для дослідження використовували твердий розчини Zn<sub>0,04</sub>Cd<sub>0,96</sub>Te, з якого готували точкові електроди. Електродні потенціали вимірювали та записували на персональний комп'ютер з інтервалом 2 секунди за допомогою іоніміру И-160М при температурі 293±0,5К в статичному режимі. Електродом порівняння слугував насичений хлор-срібний електрод з потенціалом 0,2445 В [2].

Інтервал досліджуваних розчинів передбачав формування при хіміко-динамічній обробці полірованої поверхні або мінімальні швидкості травлення. Встановлено, що електродні потенціали процесу саморозчинення для досліджуваних напівпровідників в травниках системи K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – HBr – етиленгліколь знаходяться в межах від 200-500 мВ (рис. 1).

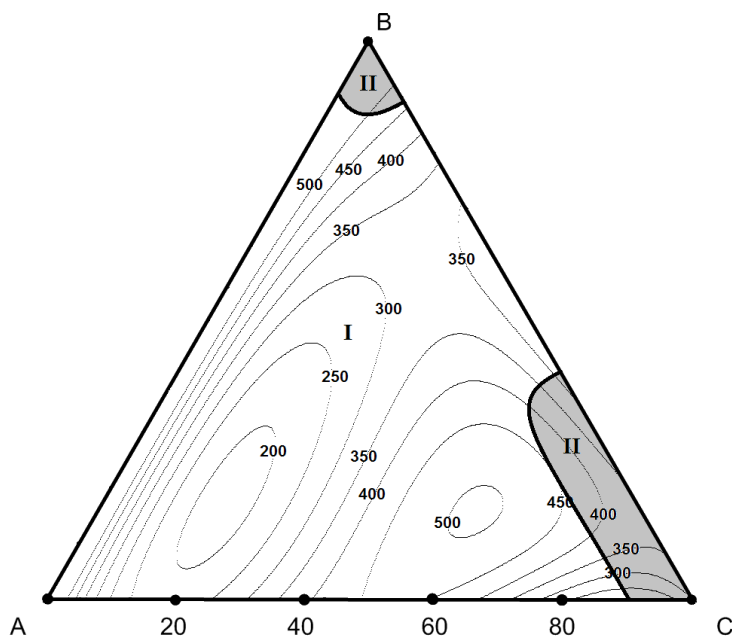


Рис. 1. Поверхня однакових потенціалів саморозчинення (мВ)  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  ( $T = 293\text{ K}$ ) при об'ємному співвідношенні ( $K_2Cr_2O_7 : HBr : C_2H_6O_2$ ) у вершинах **A, B, C** відповідно: **A** – 20 : 80 : 0; **B** – 50 : 50 : 0; **C** – 20 : 20 : 60 з поліруючими (**I**) і неполіруючими (**II**) областями травників

Визначено, що із збільшенням концентрації калій дихромату та бромідної кислоти в системі збільшується значення електрорушійної сили гальванічного елементу, при чому спостерігається формування полірованої поверхні напівпровідників [3]. Додавання етиленгліколю в травник призводить до зменшення електродного потенціалу процесу полірування та зниження швидкості розчинення досліджуваних зразків. Хоча для деяких складів травників спостерігається зменшення окисно-відновного потенціалу, що спостерігається у вигляді замкнутих ізоліній.

В травильних сумішах збагачених етиленгліколем розчинення відбувається з утворенням сірого нальоту на поверхні напівпровідника, при чому спостерігається зростання значень потенціалу саморозчинення, що може бути пов'язане з утворенням на поверхні напівпровідника малорозчинних сполук, які спричиняють скачок потенціалу при розчиненні монокристалу. Біля вершини *кута B* концентраційного трикутника також спостерігається область розчинів, які формують наліт на поверхні монокристалу, хоча потенціал саморозчинення досить високий, що свідчить про високі окисні властивості травника, але відсутність компонентів, які б розчиняли продукти взаємодії і формували поліровану поверхню.

Вимірювання електродного потенціалу процесу взаємодії дозволяє встановити залежність кінетики розчинення напівпровідника від складу травника та передбачити умови отримання високоякісної полірованої поверхні при хіміко-динамічному поліруванні.

1. Гвоздиевский Е. Е. Жидкофазное взаимодействие  $CdTe$ ,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  ( $x = 0,04; 0,1$ ) и  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  с травильными композициями  $HNO_3-HI-C_2H_4(OH)_2$  / Е. Е. Гвоздиевский, Р. А. Денисюк, В. Н. Томашик, Г. П. Маланич, З. Ф. Томашик, А. А. Корчевой // Вопросы химии и химической технологии. – 2019. – № 6. – С. 31–38.

2. Білобров О.М. Електрохімічні процеси при розчиненні  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  в  $K_2Cr_2O_7 - HBr$  – етиленгліколь / О.М. Білобров, Р.О. Денисюк, В.М. Томашик, М.В. Чайка // Всеукраїнська наукова конференція «Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи», 17-18 трав. 2017 р. : Збір. матер. конф. – Житомир, 2017. – С. 49-50.

3. Chayka M.V. 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  $Cd_xHg_{1-x}Te$  / M.V. Chayka, Z.F. Tomashyk, V.M. Tomashyk, G.P. Malanych, A.A. Korchovi // Functional Materials. – 2019. – Vol. 26, No. 1. – P. 189-196.

## ОСОБЛИВОСТІ СОРБЦІЇ ЙОНІВ МІДІ (II) ТА НІКЕЛЮ (II) КРЕМНЕЗЕМАМИ З ЕТИЛЕНДІАМІНТРИОЦТОВОКИСЛОТНИМИ (ЕДТА) ГРУПАМИ

*Томіна В.В.<sup>1</sup>, Столярчук Н.В.<sup>1</sup>, Дударко О.А.<sup>1</sup>, Мельник І.В.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України, [v.v.tomina@gmail.com](mailto:v.v.tomina@gmail.com)

<sup>2</sup>Інститут Геотехніки Словацької академії наук

Важкі метали – це хімічні забруднювачі з кумулятивним токсичним впливом. Потрапляючи у воду, вони можуть взаємодіяти з іншими компонентами водойм, утворювати гідратовані йони, оксигідрати, йонні пари, синергічні суміші з токсичною дією на водні організми. Збільшення викидів у навколишнє середовище таких важких металів, як мідь та нікель, становить серйозну загрозу для здоров'я людини. Так, потрапляння в організм значних кількостей міді(II) може спричинити блювоту, спазми, судоми і навіть смерть [1]. А нікель(II), навіть, у невеликих кількостях може бути сильним алергеном, викликаючи алергічний дерматит при контакті зі шкірою. За даними ВООЗ гранично допустимий вміст нікелю у питній воді до 0,02 мг/л, а міді до 2 мг/л [2]. Головними джерелами забруднення водних систем міддю та нікелем є скидання недостатньо очищених стоків підприємств різних галузей промисловості (таких як виробництва акумуляторів, каталізаторів, фарб, добрив) [3, 4, 5]. Окрім цього, нікель у питну воду може потрапляти при вимиванні із нікель-вмісних покриттів кранів, труб, посуду, кухонного приладдя. Тому актуальними і важливими є дослідження, спрямовані на очищення води від йонів міді(II) та нікелю(II), зокрема підбір умов для найбільш ефективного їх вилучення із застосуванням специфічних адсорбентів.

Відомо, що ЕДТА група  $(-(\text{CH}_2)_3\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})(\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2)$  утворює стабільну форму хелатів з йонами металів [6, 7]. Тому введення таких комплексотвірних груп в структуру матеріалів робить їх перспективними для використання в сорбційних технологіях. Так, наразі опубліковані дослідження пов'язані з іммобілізацією ЕДТА на різних носіях: природних та синтетичних полімерних матеріалах (поліамінових композитах [8], целюлозі [9], хітозані [10]), магнітокерованих частках [11, 12], кремнеземах [13, 14, 15, 16]. Однак порівняння результатів свідчить про те, що на ефективність адсорбції значно впливає тип опорної підкладки або матриці матеріалу. Так, наприклад, при дослідженні сорбції іонів металів Cd, Fe, Cu, Ni, Co, Zn ЕДТА-хітозановими матеріалами [17, 10] було виявлено ряд характерних недоліків, таких як набрякання у водному середовищі та відсутність пористої структури і, як наслідок, низька питома поверхня. При іммобілізації груп етилендіамінтетраоцтової кислоти на поверхні силікагелю за умови попереднього введення амінопропілтриетоксисилану як зв'язуючого компонента [13], методика функціоналізації налічує багато стадій, а вміст функціональних груп на поверхні незначний. Покращити структурно-адсорбційні характеристики синтезованих сорбентів дозволяє використання темплатного методу синтезу [14, 15], проте введення додаткових реагентів ускладнює контроль за перебігом реакції та чистотою кінцевого продукту.

Метою цієї роботи було дослідження сорбційних властивостей відносно йонів Cu(II) та Ni(II) кремнеземних часток з етилендіамінтриоцтовокислими (ЕДТА) групами, синтезованих одностадійно із застосуванням модифікованої методики Штобера, а також попередньо досліджених закономірностей для одержання таких матеріалів [18]. Окрім тетраетил ортосилікату (ТЕОС), в якості структуруючого агента, також було використано 1,2-біс(триетоксисиліл)етан (БТЕСЕ), а джерелом ЕДТА груп був N-[(3-триметоксисиліл)пропіл]етилендіамінтриацетат натрію (ТАсАМ). Синтезовані при різних співвідношеннях структуруючого та функціоналізуючого силанів зразки (Т/- на основі ТЕОС, Е/- БТЕСЕ) та деякі їх властивості наведені в табл.1.

Вивчення адсорбції йонів нікелю(II) та міді(II) з модельних водних розчинів  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  та  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  проводили в статичному режимі ( $m = 0,01 \pm 0,0005$  г;  $V = 10$  мл; температура = 25°C, йонна сила 0,1), а концентрації металів визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі С-115-ML.

Дослідження залежності сорбції  $\text{Cu}^{2+}$  від рН (рис.1а) показали, що чим вище значення рН вихідного розчину, тим краще відбувається адсорбція на зразках з ЕДТА групами. Тому подальші експерименти проводили при таких значеннях рН, коли ще не відбувається осадження з утворенням гідроксидів міді(II) та нікелю(II).

Таблиця 1 Характеристики синтезованих зразків

Назва зразку	Співвідношення силанів	$S_{\text{БЕТ}}$ , м <sup>2</sup> /г	$C_{\text{ЕДТА}}$ ммоль/г	$\text{ССЕ Ni}^{2+}$ , ммоль/г	$\text{ССЕ Cu}^{2+}$ , ммоль/г
<b>Е/ЕДТА1</b>	1/1	10	1,08	1,53	1,72
<b>Е/ЕДТА2</b>	2/1	346	1,11	1,19	1,47
<b>Е/ЕДТА3</b>	4/1	431	0,98	1,10	1,03
<b>Т/ЕДТА</b>	3/1	445	0,56	0,71	0,88

$S_{\text{БЕТ}}$  – питома поверхня зразків, розрахована на основі ізотерм низькотемпературної адсорбції-десорбції азоту, виміряних на сорбтометрі Kelvin -1042 (Costech International).

$C_{\text{ЕДТА}}$  – вміст функціональних груп, розрахований на основі даних елементного аналізу на CHNS за допомогою аналізатора Vario MACRO cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Німеччина)

Аналіз залежності величини адсорбції від тривалості контакту адсорбентів з розчином адсорбтиву (рис.1б) показав, що адсорбційна рівновага в таких системах встановлюється протягом майже 6 год, тому для вимірювання ізотерм сорбції час контакту був 24 год (рис.2).

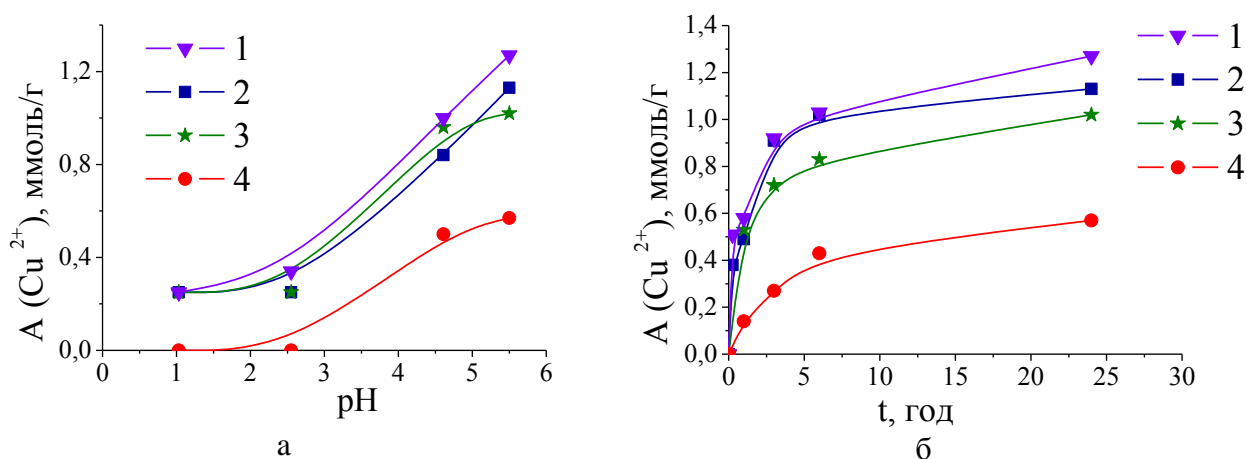


Рис. 1. (а) Залежність сорбції від рН та (б) кінетика сорбції йонів  $\text{Cu}(\text{II})$  синтезованими зразками Е/ЕДТА1 (1), Е/ЕДТА2 (2), Е/ЕДТА3 (3), Т/ЕДТА (4).  $C_0(\text{Cu}^{2+}) = 0,002$ моль/л.

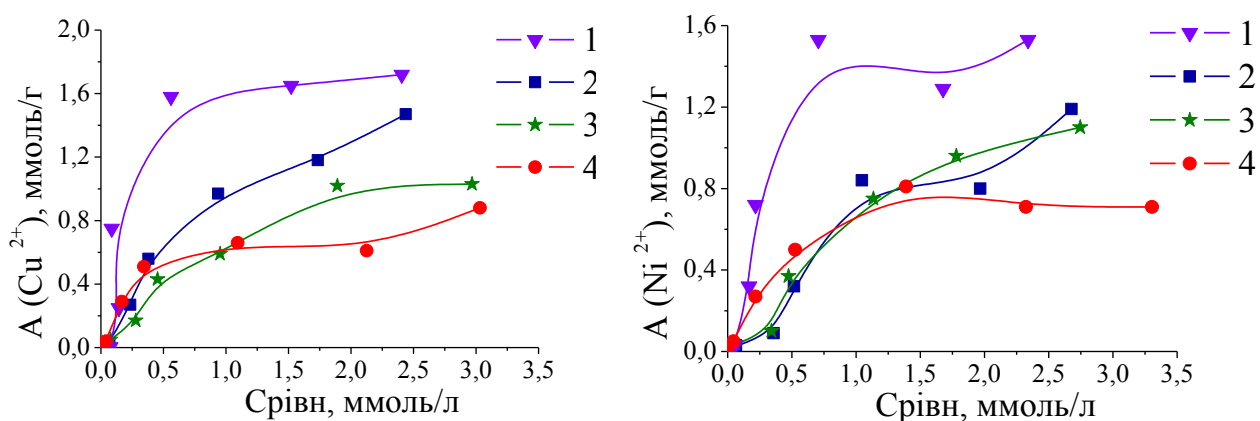


Рис. 2. Ізотерми сорбції йонів  $\text{Cu}(\text{II})$  та  $\text{Ni}(\text{II})$  синтезованими зразками Е/ЕДТА1 (1), Е/ЕДТА2 (2), Е/ЕДТА3 (3), Т/ЕДТА (4).



Серед синтезованих сорбентів, зразок на основі ТЕОС, Т/ЕДТА, характеризується найменшим вмістом функціональних груп і, відповідно, значеннями статичної сорбційної ємності (ССЄ) відносно Cu(II) та Ni(II) (табл. 1). Незважаючи на майже однаковий вміст функціональних груп (~ 1 ммоль/г) у зразках синтезованих на основі БТЕСЕ (табл.1), для них спостерігаються різні значення ССС як відносно іонів міді(II), так і нікелю(II). При цьому, найвищу адсорбційну здатність проявляє зразок з найнижчою питомою поверхнею, Е/ЕДТА1 (10 м<sup>2</sup>/г, табл.1), що можливо пов'язано з більшою кількістю груп на одиницю поверхні, а також більшу кількість силанольних груп, завдяки введенню більшої кількості біссилану під час синтезу. Згідно з літературними даними, зазвичай взаємодія відбувається за рахунок комплексоутворення 1 йону металу з 1 ЕДТА групою [12]. Однак, серед зразків, таке співвідношення спостерігається лише для Е/ЕДТА3, що дозволяє припустити участь поверхневих силанольних груп в адсорбції іонів металів, або ймовірність полімолекулярної адсорбції.

Робота виконується в рамках Українсько-Індійського науково-дослідного проекту “Створення нових органо-неорганічних гібридних матеріалів як сорбентів для очищення стічних вод від іонів важких металів” 2019-2021.

1. Girard J.E. Principles of Environmental Chemistry. – USA: Jones and Bartlett, 2005
2. World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality, World Health Organization, distribution and sales Geneva 27 CH-1211 Switzerland. (2004). Available from <http://library.nu/>. ISBN 9241546964.
3. Kannamba B., Reddy K.L., AppaRao B. Removal of Cu(II) from aqueous solutions using chemically modified chitosan // J. Hazard. Mater. – 2010. – 175. – P. 939–948.
4. Mobasherpour I., Salahi E., Pazouki M. Removal of nickel (II) from aqueous solutions by using nano-crystalline calcium hydroxyapatite // J. Saudi Chem. Soc. – 2011. – 15. – P. 105–112.
5. Faghihian H., Nourmoradi H., Shokouhi M. Removal of copper (II) and nickel (II) from aqueous media using silica aerogel modified with amino propyl triethoxysilane as an adsorbent: equilibrium, kinetic, and isotherms study // Desalination and Water Treatment . – 2014. – 52. – P. 305–313.
6. Rämö J., Sillanpää M., Vickackaite V., Orama M., Niinistö L. Chelating Ability and Solubility of DTPA, EDTA and beta-ADA in Alkaline Hydrogen Peroxide Environment // J. Pulp Pap. Sci. – 2000. – 26. – P.125.
7. Sillanpää M., Orama M., Rämö J., Oikari A. The importance of ligand speciation in environmental research: a case study // Sci. Total Environ. – 2001. – 267. – P.23-31.
8. Hughes M., Rosenberg E. Characterization and Applications of Poly- Acetate Modified Silica Polyamine Composites // Sep. Sci. Technol. – 2007. – 42. – P. 261-283.
9. Júnior O. K., Gurgel L.V.A., Freitas R.P., Gil L.F. Adsorption of Cu(II), Cd(II), and Pb(II) from aqueous single metal solutions by mercerized cellulose and mercerized sugarcane bagasse chemically modified with EDTA dianhydride (EDTAD) // Carbohydr. Polym . – 2009. – 77. – P. 643–650.
10. Inoue K., Ohto K., Yoshizuka K., Yamaguchi T., Tanaka T. Adsorption of lead(II) ion on complexane types of chemically modified chitosan // Bull. Chem. Soc. Jpn. – 1997. – 70. – P. 2443–2447.
11. Chen J., Hao Y., Chen M. Rapid and efficient removal of Ni<sup>2+</sup> from aqueous solution by the one-pot synthesized EDTA-modified magnetic nanoparticles // Environ Sci. Pollut. Res. – 2014. – 21. – P. 1671–1679.
12. Xu M., Zhang Y., Zhang Z., Shen Y., Zhao M., Pan G. Study on the adsorption of Ca<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> by magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yeast treated with EDTA dianhydride // Chem. Engineer. J. – 2011. – 168. – P. 737–745.
13. Repo E., Kurniawan T.A., Warchol J.K., Sillanpää M.E.T. Removal of Co(II) and Ni(II) ions from contaminated water using silica gel functionalized with EDTA and/or DTPA as chelating agents // J. Hazard. Mater. – 2009. – 171. – P. 1071–1080.



14. Iqbal S., Yun J.-I. EDTA-functionalized mesoporous silica for the removal of corrosion products: Adsorption studies and performance evaluation under gamma irradiation // *Microporous and Mesoporous Materials*. – 2017. – 248. – P. 149–157.

15. Farjadian F., Ghasemi S., Heidari R. Mohammadi-Samani S. In vitro and in vivo assessment of EDTA-modified silica nano-spheres with supreme capacity of iron capture as a novel antidote agent // *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. – 2016. – 13. – P. 745–753.

16. Bakulina D.S., Zub Yu.L. Synthesis of silicas with carboxyl functionality using template method // *Хімія, фізика та технологія поверхні*. – 2010. – 1. – С. 258–262.

17. Repo E., Warchol J.K., Kurniawan T.A., Sillanpää M.E.T. Adsorption of Co(II) and Ni(II) by EDTA- and/or DTPA-modified chitosan: Kinetic and equilibrium modeling // *Chem. Eng. J.* – 2010. – 161. – P. 73–82.

18. Томіна В.В., Столярчук Н.В., Дударко О.А., Мельник І.В. Особливості синтезу кремнеземних адсорбентів з етилендіамінтриоцтовокислотними (ЕДТА) групами // Всеукраїнська наукова конференція «Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи» (17 квітня 2019 р.). Матеріали конференції. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2019. С.163–165.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВПЛИВУ ХІМІЇ ПОВЕРХНІ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СКЛОПЛАСТИКІВ

*Чернюк О.А., Дем'яненко Е.М., Терещук М.І., Журавський С.В.,  
Махно С.М., Лобанов В.В., Картель М.Т., Семенцов Ю.І.*

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України

[garbear@ukr.net](mailto:garbear@ukr.net)

Застосування нанорозмірних частинок, як наповнювачів полімерного в'язучого з метою підвищення фізико-механічних характеристик полімерних композитів активно досліджується останнім часом [1,2]. Показано, що одним із найбільш ефективних армуючих елементів для склопластиків є використання вуглецевих нанотрубок [3,4].

Експериментальними та квантово-хімічними методами досліджено взаємодію епоксидного компоненту склопластиків з поверхнею нановуглецевого наповнювача (багатошарових вуглецевих нанотрубок). Показано, що при введенні багатошарових вуглецевих нанотрубок до затверджувача епоксидної композиції для створення склопластиків, міцність цього композиту корелює зі ступенем окиснення атомів вуглецю їх поверхні. Так, міцність кінцевого склопластика тим менше, чим більше кисеньвмісних груп міститься на поверхні нановуглецевого наповнювача. Для пояснення цього ефекту методами квантової хімії проведені квантовохімічні розрахунки взаємодії чистої та окисненої моделей поверхні багатошарової вуглецевої нанотрубки (графеноподібні площини) з молекулою затверджувача (триетилентетрамін). З'ясовано, що незалежно від розміру графеноподібної площини, енергія міжмолекулярної взаємодії триетилентетраміну з моделлю окисненої зовнішньої поверхні багатошарових вуглецевих нанотрубок є більшою за аналогічну величину для комплексів з не окисненою. Так, окиснена поверхня багатошарової вуглецевої нанотрубки адсорбує на себе молекулу триетилентетраміна саме аміногрупами, які є реакційноздатними центрами при реакції її з вихідною смолою. Таким чином, окиснена багатошарова вуглецева нанотрубка погіршує взаємодію затверджувача з епоксидною смолою.

1. Tian, Y., Zhang, H., Zhang, Z., Influence of nanoparticles on the interfacial properties of fiber-reinforced-epoxy composites, *Composites: Part A* (2017).

2. G. Scarselli, C. Corcione, F. Nicassio and A. Maffezzoli / Adhesive joints with improved mechanical properties for aerospace applications // *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2017. – V. 75, P. 174-180.

3. Mosab Kaseem, Kotiba Hamad, Young Gun Ko. Fabrication and Materials Properties of Polystyrene/Carbon Nanotube (PS/CNT) Composites: A Review // European Polymer Journal, Volume 79, June 2016, Pages 36-62.

4. Leslie Banks-Sills, David Guy Shiber, Victor Fourman, Rami Eliasi, Amit Shlayer, Experimental determination of mechanical properties of PMMA reinforced with functionalized CNTs”, Composites Part B: Engineering Volume 95, 15 June 2016, Pages 335-345.

## ХІМІЧНЕ РОЗЧИНЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ CdTe В ТРАВНИКАХ



*Шавлюк В.М., Денисюк Р.О., Чайка М.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка, [ramira04@ukr.net](mailto:ramira04@ukr.net)

Важливою частиною сучасної напівпровідникової технології є попередня обробка поверхні монокристалів, яка значно впливає на структурну досконалість поверхні матеріалу та її електрофізичні властивості. На сьогоднішній день проблема хімічної обробки напівпровідникових матеріалів є однією з найбільш актуальних, а підготовка поверхні вимагає детального дослідження механізму та кінетики хімічного розчинення і оптимізації як складу травильних композицій, так і режимів обробки.

Напівпровідники CdTe та тверді розчини на його основі є перспективними матеріалами для виготовлення детекторів  $x$ - та  $\gamma$ -випромінювання і найбільш широко використовуються для робочих елементів приладів, що працюють у ІЧ-області спектру. [1-2].

Метою дослідження є окисно-відновні процеси, що відбуваються при фізико-хімічній взаємодії монокристалів CdTe з бромвиділяючими водними розчинами на основі  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{HBr} - \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  – лактатна кислота.

Для дослідження використовували монокристали CdTe, з якого готували точкові електроди. Електродні потенціали вимірювали та записували на персональний комп'ютер з інтервалом 2 секунди за допомогою йоніміру І-160М при температурі  $293 \pm 0,5\text{K}$  в статичному режимі. Електродом порівняння слугував насичений хлор-срібний електрод з потенціалом 0,2445 В [2].

Дослідження проводили в розчинах концентраційного інтервалу з об'ємним співвідношенням компонентів  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{HBr} - \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  у вершинах трикутника А, В, С відповідно: А – 20 : 80 : 0; В – 50 : 50 : 0; С – 20 : 20 : 60.

Встановлено, що електродні потенціали процесу саморозчинення для досліджуваних напівпровідників знаходяться в межах від -30-470 мВ (рис. 1). Визначено, що із збільшенням концентрації калій дихромату та бромідної кислоти в системі збільшується значення електрорушійної сили гальванічного елемента, при чому спостерігається формування полірованої поверхні напівпровідників.

При збагаченні травильних композицій бромідною кислотою або калій дихроматом спостерігається утворення нальоту на поверхні монокристалу (область II, рис. 1), при цьому електрорушійна сила гальванічного елемента досить висока 220-470 мВ.

Додавання лактатної кислоти в травник призводить до різкого зменшення електродного потенціалу процесу саморозчинення монокристалу та зниження швидкості розчинення досліджуваних зразків. Поверхня напівпровідника при цьому залишається полірованою. Помітно, що подальше додавання лактатної кислоти призведе до втрати травником здатності розчиняти монокристал кадмій телуриду.

Лактатна кислота є сильним відновником, що призводить до різкого зниження окисної здатності травильного розчину, також ці зміни свідчать про додаткову взаємодію вільного бромиду та гідроген броміду з лактатною кислотою, і часткову нейтралізацію окисних властивостей травника. В той же час, можна підібрати баланс між окиснювальною здатністю травильної суміші та поліруючими властивостями із заданою швидкістю. Поєднавши

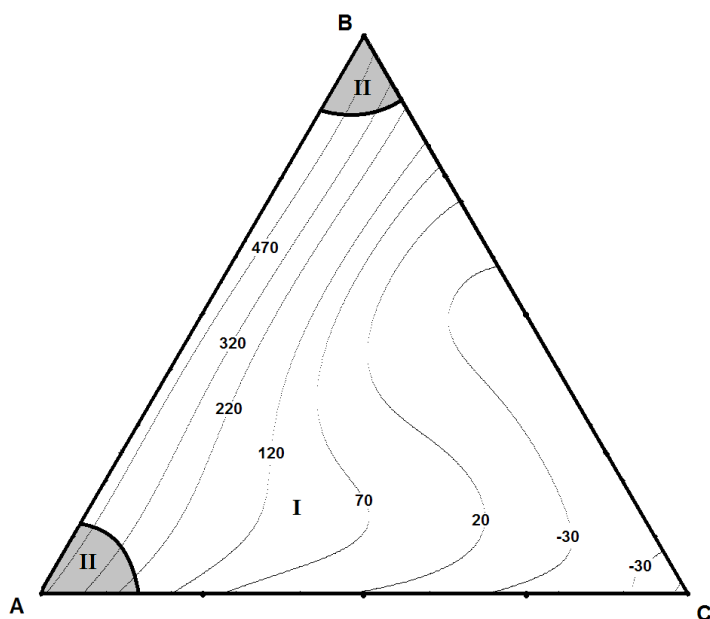


Рис. 1. Поверхня однакових потенціалів саморозчинення (мВ) CdTe ( $T = 293 \text{ K}$ ) при об'ємному співвідношенні ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 : \text{HBr} : \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) у вершинах А, В, С відповідно: А – 20 : 80 : 0; В – 50 : 50 : 0; С – 20 : 20 : 60 з поліруючими (I) і неполіруючими (II) областями травників

відомості про ЕРС, швидкість полірування та якість поверхні після хімічної взаємодії, можемо встановити оптимальні склади поліруючих травників.

Дослідження електродних потенціалів саморозчинення CdTe дозволяє більш детально вивчити механізм хімічної взаємодії, аналізу процесів на їх поверхні та встановлення складів травильних композицій для формування полірованої поверхні досліджуваних монокристалів.

1. Хімічна взаємодія  $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  з травильними композиціями  $\text{H}_2\text{O}_2$  –  $\text{HI}$  – лактатна кислота / Р.О. Денисюк, В.М. Томашик, З.Ф. Томашик, В.І. Гриців // Фізика і хімія твердого тіла. – 2012. – Т. 13, № 2. – С. 410-414

2. Гвоздієвський Є. Є. Хімічна обробка CdTe та твердих розчинів  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$  і  $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$  водними розчинами  $\text{HNO}_3$  –  $\text{HI}$  – лактатна кислота / Є. Є. Гвоздієвський, Р. О. Денисюк, В. М. Томашик, З. Ф. Томашик // Фізика і хімія твердого тіла. – 2016. – Т. 17, № 2. – С. 247–250.

3. Білобров О.М. Електрохімічні процеси при розчиненні  $\text{Zn}_{0,1}\text{Cd}_{0,9}\text{Te}$  в  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  –  $\text{HBr}$  – етиленгліколь / О.М. Білобров, Р.О. Денисюк, В.М. Томашик, М.В. Чайка // Всеукраїнська наукова конференція «Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи», 17-18 трав. 2017 р. : Збір. матер. конф. – Житомир, 2017. – С. 49-50.

## ЕЛЕКТРОДИ ТА ПАЛИВО ДЛЯ СУЧАСНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Шмаков О.В.*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

[nenastina@ukr.net](mailto:nenastina@ukr.net)

Паливні елементи використовують як засіб отримання електрики з хімічних продуктів. Зростаючий з кожним роком інтерес до паливних елементів обумовлений їх екологічною безпекою та можливістю використання поновлюваних видів палива [1]. Деякі ранні розробки були спрямовані на застосування водню як джерела палива для виробництва енергії. Водень є високоенергетичним паливом, яке мало забруднює навколишнє середовище, проте зберігання цього палива важко як з точки зору питомої енергії, так і з точки зору безпеки.

Значну увагу приділено рідкого палива, що містить відносно високий кількість водню, який може бути отриманий шляхом риформінгу. Реформинг палива доріг, значно ускладнює і збільшує розмір пристрою, що використовує паливні елементи для виробництва енергії. У зв'язку з цим існує значний інтерес до паливних елементів, які можуть використовувати

багате воднем паливо безпосередньо на електроді паливного елемента. Це розділяє паливні елементи на дві основні категорії: непрямий або паливний елемент з риформінгу палива, в якому паливо, зазвичай органічне паливо, піддають риформінгу і обробляють для отримання багатого воднем і по суті вільного від монооксиду вуглецю (CO) вхідного потоку паливного елемента; і паливний елемент прямого окислення, в якому органічне паливо безпосередньо подають в паливний елемент і окислюють без будь-яких хімічних перетворень. Для паливного елемента прямого окислення можна використовувати або конструкцію з введенням рідкого палива, або конструкцію з введенням парів палива, переважно щоб паливо після окислення в паливному елементі давало чисті продукти окислення, такі як вода і діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>).

Паливні елементи на основі безпосереднього окислення на основі безпосереднього окислення спиртів в якості рідкого палива привертають величезну увагу як джерело живлення для переносних електронних пристроїв і транспортних засобів, оскільки питома енергія одноатомного спиртів набагато вище, ніж у газоподібних палив, наприклад, водоводу і природного газу.

Зберігання та подача такого палива як спиртовий розчин не представляє значних труднощів. Крім того, можливе здійснення так званого картриджного харчування, що відкриває значні перспективи для використання паливних елементів на основі спиртів в якості портативних джерел енергії [2].

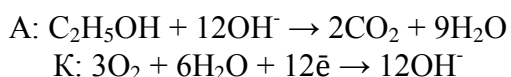
Електрокаталітичне окиснення невеликих органічних молекул, таких як формальдегід і метанол та етанол активно досліджується вже більш ніж півстоліття і продовжує привертати інтерес, що обумовлено перспективністю застосування в каталізі. Відносно недавно механізм електрокаталітичного окиснення метанолу детально досліджується у зв'язку з проблемою паливних елементів [3].

Паливні елементи на основі прямого окиснення метанолу зможуть стати комерційно здійсненними тільки, якщо відбудеться прорив в зменшенні вмісту дорогоцінного металу в каталізаторі окислення проміжних продуктів реакції метанолу. Як паливо метанол досить таки активний, рідкий метанол нескладно

Формальдегід – один з проміжних продуктів окислення метанолу, може бути використання також як перспективне паливо в цьому напрямку. Нещодавно було показано, що паливні елементи на формальдегіді – це ефективна альтернатива паливних елементів з протонообмінними мембранами. Окрім того формальдегід можна отримувати в ряді природних процесів, в результаті діяльності людини, при спалюванні органічних матеріалів, таких як чагарник і паливо.

Етанол – привабливе паливо для електричних транспортних засобів на основі паливних елементів, так як він не токсичний, і його легко можна синтезувати у великій кількості шляхом ферментації цукровмісних сировинних матеріалів. Рідкі палива, такі як спирти низькомолекулярного ваги, мають переваги в порівнянні з чистим воднем, тому що з ними легко обходитись, їх легко зберігати і транспортувати, використовуючи наявну паливну інфраструктуру з невеликими модифікаціями.

На рис. приведена принципова схема спірто-кисневого паливного елемента. При окисненні етанолу в паливному елементі з лужним електролітом протікають наступні реакції:



Вузким місцем паливних елементів є електродні матеріали – каталізатори, в якості яких в переважній більшості випадків використовують дорогі метали сімейства платини. Крім високої електрокаталітичної активності такі матеріали повинні відрізнятися стабільністю і хімічною стійкістю в середовищах різної мінералізації та агресивності.

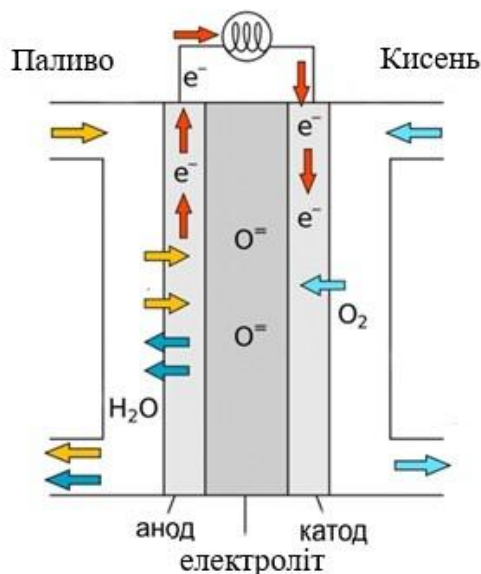


Рис. Принципова схема спирто-кисневого паливного елемента

У роботах показано, що гідну конкуренцію дорогіших металів по каталітичним властивостям і корозійній стійкості можуть скласти сплави перехідних металів. Велика увага приділяється розробці електрокаталітичних матеріалів що мають в своєму складі перехідні метали, що володіють значною каталітичною активністю, а також більш стійкі до отруєнь.

Одним з цікавим методом отримання каталітичних матеріалів є електролітичне осадження покриттів, що дозволяє одержати матеріали річного складу. Електрохімічне осадження сплавів є дуже важливим і перспективним напрямком у гальванотехніці. Оскільки перелік металів, які можна виділити з водних розчинів, досить обмежений, електролітичні сплави набувають все більшого значення. Завдяки сполученню цінних якостей індивідуальних металів, покриття сплавами надають поверхні виробів різноманітних фізико-хімічних та механічних властивостей.

Вивчення закономірностей спільного розряду декількох видів іонів має для електрохімії першорядне значення, так як практично у всіх випадках при електролізі у водних розчинах електролітів знаходяться різні іони (зокрема, завжди присутні іони водню), які більшою чи меншою мірою беруть участь у відновленні на електроді. Крім теоретичного значення, вивчення механізму спільного розряду іонів представляє також великий практичний інтерес для вирішення найрізноманітніших питань у техніці. Перш за все слід відзначити важливість отримання електролітичних сплавів, які мають особливо великий інтерес завдяки тому, що володіють новими властивостями. Зокрема каталітичними, напівпровідниковими властивостями, надпровідністю, магнітними властивостями і ін.

1. Цивадзе А. Ю., Тарасевич М. Р., Андреев В. Н., Богдановская В. А. Неплатиновые катализаторы для электроокисления биоэтанола и топливные элементы на их основе // Альтернативная энергетика и экология. – 2007. – № 4. – С. 64.
2. Цивадзе А. Ю., Тарасевич М. Р., Ефремов Б. Н., Капустина Н. А., Мазин П. В. Топливный элемент с катионообменной мембраной для прямого окисления этанола в щелочной бреде. – Докл. АН, 2007.– С. 775.
3. Тарасевич М. Р., Кузов А. В. Топливные элементы прямого окисления // Альтернативная энергетика и экология. – 2010. – № 7. – С. 86–108

**НЕОРГАНІЧНА**

**ТА ФІЗИЧНА ХІМІЯ**

## INTERACTION BETWEEN BENZENE AND $\beta$ -CYCLODEXTRIN IN AQUEOUS SOLUTIONS

*Belyakova L.A., Trofymchuk I.M.*

Chuiko Institute of Surface Chemistry of NAS of Ukraine

[mila.belyakova@gmail.com](mailto:mila.belyakova@gmail.com)

Removal of trace amounts of toxic chemical compounds is an important problem that requires new approaches in the sorption materials design. Aromatics compounds are among the most common pollutants.

An increase in sorption capacity and selectivity of sorbents could be achieved owing to complicated complex modification of the material surface layer. Incorporation of macrocyclic compounds onto solid supports makes possible an efficient removing of organic pollutants from aqueous solutions by means of supramolecular structures formation.

Of great importance is the immobilization of cyclodextrins (CDs) on solid surfaces for creation of selective sorbents, sensitive sensors, separation and purification of organic compounds, extraction and concentration of impurities of toxic substances, for example, benzene (Benz) and its derivatives [1–4].

Such new materials with incorporated CDs are also well suited for development of promising high effective inorganic membranes for selective separations of aromatics from aqueous solutions [5–7].

CDs are well known macrocyclic oligosaccharides, which form inclusion compounds with organic molecules. For their special hydrophobic cavity structure, they have almost unique ability to form inclusion complexes in solution or in the solid state with different compounds through “host–guest” interactions. Elucidation of the binding mechanism of aromatics on CD-containing materials is based on the inclusion complex study.

The aim of this study was to investigate an interactions between benzene and  $\beta$ -cyclodextrin in aqueous solutions.

In this work we have used UV spectroscopy to determine the stability constants and thermodynamic parameters for interactions of Benz with  $\beta$ -CD in aqueous solutions. Given the change of UV spectra absorption parameters of Benz aqueous solutions after adding  $\beta$ -CD an inclusion complex formation was established. It was shown that with addition of  $\beta$ -CD an absorption band intensity at  $\lambda = 254$  nm for benzene aqueous solutions increased, which suggest the formation of “ $\beta$ -CD–Benz” inclusion complexes.

An absorption band intensity at  $\lambda = 254$  nm for binary aqueous solutions with various molar ratio is the highest for 1 : 1 stoichiometry. These experimental data could be fitted by considering the formation of a 1 : 1 “ $\beta$ -CD–Benz” inclusion complex in aqueous solutions.

The stability constant  $K_s$  of “ $\beta$ -CD–Benz” supramolecular structures formation was calculated from spectroscopic data in the range 291–303 K. The stability constant  $K_s$  value was determined by the equation :

$$1/(A - A_0) = 1/a + 1/(a \cdot K_s \cdot [\beta\text{-CD}]_0),$$

where  $A$  and  $A_0$  are absorbance of the benzene aqueous solutions at  $\lambda = 254$  nm in the presence and in the absence of  $\beta$ -CD, respectively;  $a$  is the constant relate to the change in extinction coefficient;  $K_s$  is the stability constant of “ $\beta$ -CD–Benz” inclusion complex, and  $[\beta\text{-CD}]_0$  is the initially concentration of  $\beta$ -CD.

The thermodynamic parameters, standard free energy ( $\Delta G^\circ$ ), enthalpy ( $\Delta H^\circ$ ), and entropy ( $\Delta S^\circ$ ) changes for complexes of Benz with  $\beta$ -CD were obtained from the Van't Hoff equation

$$R\ln K_s = -\Delta H^\circ/T + \Delta S.$$



The  $\Delta H^\circ$  and  $\Delta S^\circ$  of the complex formation were calculated from the slope and intercept by plotting  $R \ln K$  vs  $1/T$  ( $R^2 = 0.999$ ), and  $\Delta G^\circ$  was obtained according to the equation

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_s$$

The results are shown in the Table.

Table. The formation constants of  $\beta$ -CD–Benz inclusion complex and thermodynamic parameters for the binding of benzene to  $\beta$ -cyclodextrin

T, K	$K_s$ , l mol <sup>-1</sup>	$\Delta G^\circ$ , kJ mol <sup>-1</sup>	$\Delta H^\circ$ , kJ mol <sup>-1</sup>	$\Delta S^\circ$ , J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
291	116±6	-(11.5±0.6)	-(32±2)	-(72±5)
298	86±4	-(11.0±0.6)		
303	68±3	-(10.6±0.5)		

As can be seen from the Table, the values of stability constant  $K_s$  for 1 : 1 “ $\beta$ -CD–Benz” inclusion complex at different temperatures are rather small, and stability constant decreases with diminishing of temperature. Therefore, it could be concluded that there are rather weak interactions between  $\beta$ -CD and Benz. Such interactions are typical for nonspecific forces or inclusion complexes with volatile compounds.

A negative value of  $\Delta G^\circ$  indicates that inclusion process proceeded simultaneously. The  $\Delta H^\circ$  and  $\Delta S^\circ$  are also negative in the experimental temperature range. Hence, the formation of supramolecular structures of  $\beta$ -CD with Benz is thermodynamically profitable exothermal process, which is accompanied by the release of high-enthalpy water molecules and the decrease of entropy as a result of “guest”-molecule freedom of vibration and rotation restriction in the cavity of  $\beta$ -CD molecule.

These results confirm that cyclodextrins are promising candidates for producing CD-containing materials for efficient benzene removal from aqueous solutions.

1. Phan T.N.T., Bacquet M., Bacquet M. The removal of organic pollutants from water using new silica-supported  $\beta$ -cyclodextrin derivatives // *React. Func. Polym.* – 2002. – 52. – P. 117–125.
2. Sawicki R., Mercier L. Evaluation of mesoporous cyclodextrin-silica nanocomposites for the removal of pesticides aqueous media // *Environ. Sci. Technol.* – 2006. – 40. – P. 1978–1983.
3. Crini G., Morcellet M. Synthesis and applications of adsorbents containing cyclodextrins // *J. Sep. Sci.* – 2002. – 25. – P. 1–25.
4. Phan T.N.T., Bacquet M., Morcellet M. Synthesis and characterization of silica gels functionalized with monochlorotriazynil  $\beta$ -cyclodextrin and their sorption capacities towards organic compounds // *J. Inclus. Phen. Macrocyclic Chem.* – 2000. – 38. – P. 345–359.
5. Arkas M., Allabashi R., Tsiourvas D., Mattausch E.-M., Perfler R. Organic/inorganic hybrid filters based on dendritic and cyclodextrin “Nanosponges” for the removal of organic pollutants from water // *Environ. Sci. Technol.* – 2006. – 40. – P. 2771–2777.
6. Allabashi R., Arkas M., Hormann G., Tsiourvas D. Removal of some organic pollutants in water employing ceramic membranes impregnated with cross-linked silylated dendritic and cyclodextrin polymers // *Water Res.* – 2007. – 41. – P. 476–486.
7. Takaba H., Way J. Separation of isomeric xylenes using cyclodextrin-modified ceramic membranes // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2003. – 42. – P. 1243–1252.

## SILICA-BASED ADSORBENTS WITH 3-MERCAPTOPROPYL GROUPS FOR WATER CLARIFICATION

*Melnyk I.V.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Chuiko Institute of Surface Chemistry National Academy of Sciences of Ukraine,

<sup>2</sup>Institute of Geotechnics Slovak Academy of Sciences

[in.melnyk@gmail.com](mailto:in.melnyk@gmail.com)

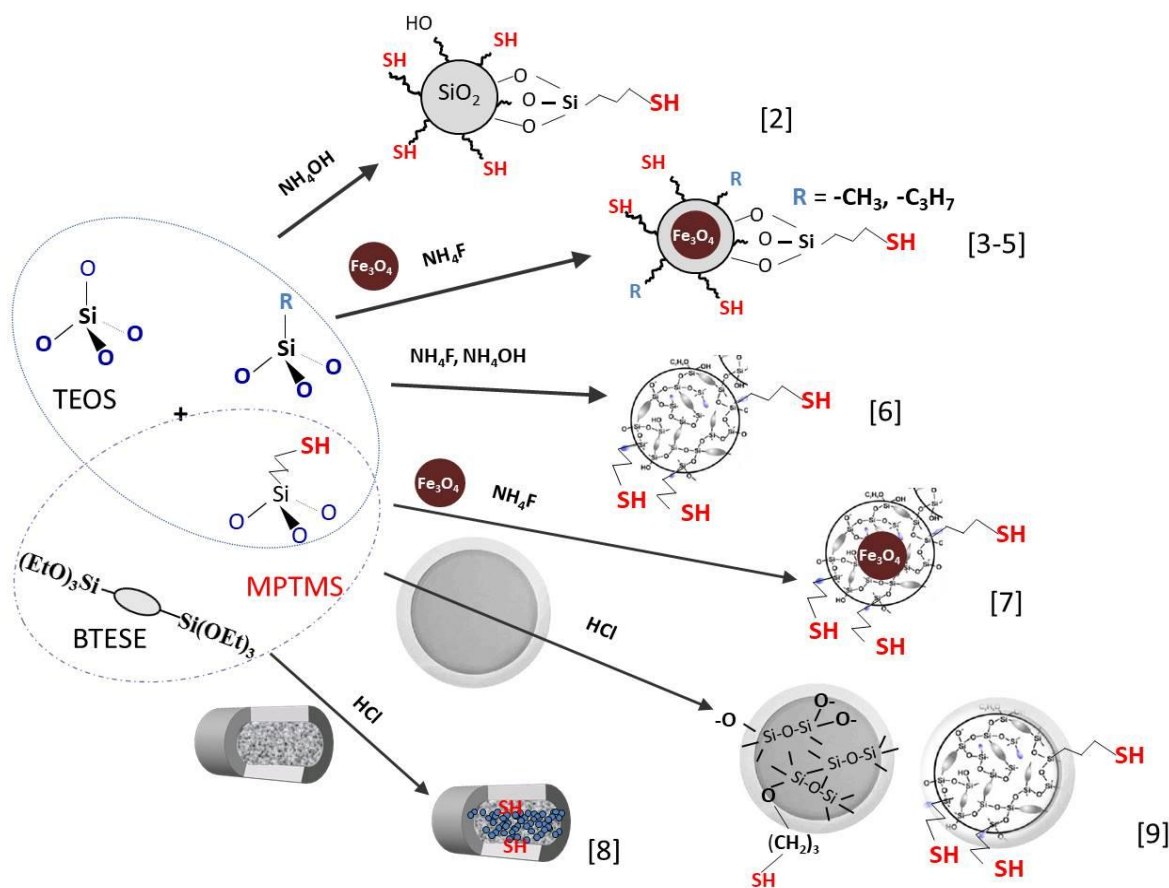
Mercapto (or thiol, sulfhydryl, sulfanyl) -containing compounds with formula R-SH are important in numerous chemical transformations. This functional group can transfer to thiyl radicals, thiolate anions, and sulfenyl cations. Thiols are weak acids, but they are stronger than alcohols, because S-H bond is more polar compared to O-H bond. Thiols as weak Bronsted acids interact with heavy metals salts (silver, mercury, platinum, or palladium) and form strong crystalline complexes. So, to design silica adsorbents for heavy metals removal, -SH functional groups should be loaded on the adsorbent surface. Therefore, 3-mercaptopropyltrimetoxysilane (MPTMS) was used as a functional agent to introduce thiol groups in the surface silica layers the adsorptive materials, such as silica particles, magnetite particles, and ceramic membranes.

Spherical silica particles with 3-mercaptopropyl groups could be prepared using one- and two-component systems (considering silanes). MPTMS in ethanol-ammonia solution results in 520 nm particles with 7.7 mmol/g of thiol groups. However these groups could be easily oxidised to form -S-S- bridged (it was confirmed by solid-state <sup>13</sup>C CP/MAS NMR spectroscopy), and their interaction with metals via the ion-exchange mechanism will not occur [1]. Therefore, we developed other technique that was using two-component reaction system with tetraethyl orthosilicate (TEOS) and MPTMS. Such spherical particles were 500-760 nm in size and contained 2.8 mmol/g of functional groups. However, the sorption capacity of these particles to Ag(I) did not reach 100% either [2]. As a next step, we used 1,2-bis(triethoxysilyl) ethane (BTESE) instead of TEOS to prepare bridged polysilsesquioxane particles. The silica particles synthesized using such approach featured mesoporous spheres of about ~250–300 nm in size with 3.4-7.3 mmol/g of sulfur-containing groups, both thiol and disulfide according the Raman spectroscopy data. It was shown that bissilane as a structuring agent increases the specific surface area and the number of free thiol groups. The obtained sulfur-containing spheres were proved to be effective adsorbents of Ag(I), Pb(II), and Cd(II) ions in static mode adsorption test. In addition, the synthesized materials removed Pb, Cd, Fe, Zn, Cr, and Al ions from the industrial water with more than 50% efficiency [3].

Magnetite nanoparticles Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, are magnetic, non-toxic, and easily produced from cheap reagents, iron(II) and iron(III) salts, by co-precipitation. However, they possess low sorption capacity, are non-selective, easily oxidized, sensitive to pH and temperature. Thus, their functionalization with polyorganosiloxanes removes these disadvantages and opens new areas for their application, ensuring their magnetic properties. The magnetite nanoparticles were functionalized with silica shells bearing 3-mercaptopropyl (monofunctional) and 3-mercaptopropyl-and-alkyl groups (bifunctional) via single-step sol-gel technique [4]. It was demonstrated that introduction of the alkyl groups into the surface layer prevents the formation of the disulfide bonds between adjacent thiol groups. We also revealed how to increase the content of active surface functional groups and improve their capacity in the uptake of Ag(I), Cd(II), Hg(II), and Pb(II) cations by influencing the synthetic conditions. It was determined that after using such adsorbents for water treatment, the exceeding concentrations of Fe, As, Sb, Cd and Cr in the industrial water was decreased to the permissible standards. It was shown that after regeneration by 0.01 M nitric acid, the sample with 3-mercaptopropyl and propyl groups could be used for the second cycle of adsorption [5]. Moreover, the developed magnetically retrievable composites with active thiol or thiol-and-alkyl moieties were used as supports to immobilize enzyme urease. Ellman's Reagent was used for covalent binding of urease, and such biocatalyst showed 96% binding together with 75% residual activity. The introduction of alkyl functions permitted to increase the binding of enzyme, but its activity was somewhat lower. So, based on magnetic thiol-containing material, biocatalysts can

be made to purify water from organic contaminants, in this case from urea [6]. As a variation of coating technique, we used BTESE instead of TEOS as a structure-forming agent to cover the magnetite core. The resulting samples contained mesoporous shells (with specific surface area values of 520-575 m<sup>2</sup>/g) and 0.6-0.9 mmol/g of -(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>SH groups. The solid-phase adsorbents that were prepared showed themselves as functionalized composites with high sorption capacities to silver(I) and lead(II) ions. In addition, they have affinity to the molecules of Acid Red 88 and Methylene Blue dyes, the uptake of which reached 73 and 88 mg/g, respectively [7].

The role of membrane technology is to remove residual concentrations of pollutants. Thus, the sol-gel method was applied for functionalization of tubular ceramic membranes (based on  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) with thiol groups. SEM and IR spectroscopy data approved the formation of the polysiloxane layer on the inner surface of the membranes. Such functionalized membranes were used to remove silver(I) ions from water, the efficiency was in the range from 23 to 203 mg/g depending on sol dilution. The adsorption was due to the formation of complexes between thiol groups of the active layer and silver(I) ions [8]. Besides, planar ceramic membranes were functionalized using TEOS or BTESE with MPTMS. It was determined that the functionalizing polysiloxane and polysilsesquioxane layers on the membranes are composed of SH-containing nanoparticles of 60-70 nm in diameter. The filtration studies demonstrated that the degree of modification influenced the Ag(I) ions retention: low degree showed high flux and low retention, whereas higher degree led to low flux with high retention. The latter case suggested both sorption and size-exclusion mechanisms of heavy metal removal in membrane process [9].



**Figure 1.** The variety of adsorption materials derived from sols containing 3-mercaptopropyltrimethoxysilane and TEOS or BTESE

In conclusion, thiol-containing silica layers with high concentration of 3-mercaptopropyl groups could be prepared using one-step sol-gel technique (Fig.1). To protect thiol groups against oxidation, the organic groups or organic bridges should be incorporated during reaction. The presence of free thiol groups make them very attractive for application in adsorption technologies as effective adsorbents of metal ions as well as organic pollutants.

The research is financed by the project VEGA 2/0156/19 and Swedish Research Council grant DNr.2018-04841.

1. Назарчук Г.И., Мельник И.В., Папаянина Е.С., Зуб Ю.Л. Структура функционализированных субмикрочастиц полученных из 3-меркаптопропилтриметоксисилана // Изв. вузов. Физика. - 2014. - Т. 57. - №7/2. -С. 102 - 107.

2. Nazarchuk G.I., Melnyk I.V., Zub Yu.L. Synthesis of spherical silica particles with 3-mercaptopropyl groups in their surface layer // Chemistry Journal of Moldova. – 2012. – V. 7, N1. – P. 157-161.

3. Stolyarchuk N.V., Kolev H., Kanuchova M., Keller R., Vaclavikova M., Melnyk I.V. Synthesis and sorption properties of bridged polysilsesquioxane microparticles containing 3-mercaptopropyl groups in the surface layer // Colloids and Surfaces A. – 2018. – 538. – P. 694–702.

4. Мельник І.В. Функціоналізація наночастинок магнетиту полісілоксановими шарами з аміно- та меркаптопропильними групами та їх сорбційні властивості// Науковий вісник Чернівецького університету. – 2015. - Вип. 768.: Хімія. – С.11-19.

5. Melnyk I.V., Pogorilyi R.P., Zub Y.L., Vaclavikova M., Gdula K., Dąbrowski A., Seisenbaeva G.A., Kessler V.G. Protection of thiol groups on the surface of magnetic adsorbents and their application for wastewater treatment // Scientific reports. – 2018. – 8(1). – P. 8592.

6. Pogorilyi R.P., Melnyk I.V., Zub Y.L., Seisenbaeva G.A., Kessler V.G. Immobilization of urease on magnetic nanoparticles coated by polysiloxane layers bearing thiol- or thiol- and alkyl-functions // J. Mater. Chem. B. – 2014. – 2. – P. 2694-2702.

7. Melnyk I.V., Tomina V.V., Stolyarchuk N.V., Bepalko O.V., Vaclavikova M. Functionalization of the magnetite nanoparticles with polysilsesquioxane bearing N- and S-complexing groups to create solid phase adsorbents // Applied Nanoscience. – 2020. - <https://doi.org/10.1007/s13204-019-01087-1>

8. Томина В.В., Мельник И.В., Погорильный Р.П., Кочкодан В.М., Зуб Ю.Л. Функционализация поверхности трубчатых мембран 3-меркаптопропильными группами с помощью золь-гель метода // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2013. – 49(4). – С. 360–366.

9. Tomina V.V., Stolyarchuk N.V., Melnyk I.V., Kochkodan V.M., Zub Yu.L. Sorptive ceramic membranes functionalized with HS-groups // Micropor. Mesopor. Materials. – 2015. - V.209. - P.66-71.

## STUDY OF METHYL RED SORPTION BY MESOPOROUS ORGANOSILICAS OF MCM-41 TYPE

*Roik N.V., Belyakova L.A., Dzyazko M.O.*

Chuiko Institute of Surface Chemistry of NAS of Ukraine, [roik\\_nadya@ukr.net](mailto:roik_nadya@ukr.net)

Since the discovery of the first synthetic dye, mauveine, in 1856 by Perkins [1, 2] a large variety of new artificial colorants were synthesized and intensively used to achieve a broader range of colors at dyeing of textile fibers and fabrics. Preferable majority of dyes or their derivatives formed in the process of water disinfection is harmful for the humans and other living organisms because of toxic nature [3, 4]. The significant attempts of scientists were focused on preventing human illnesses caused by dyes by development of affordable, effective, and simple techniques for their removal from wastewater. Promising results were achieved at wastewater purification by chemical (neutralization, electrolysis, reduction, oxidation, ion-exchange, photodegradation) and physical (flocculation, flotation, sedimentation, coagulation, sorption) treatment methods as well as by biodegradation. However, because of more stringent effluent treatment regulations, it is essential to improve approaches aimed at purification and reuse of water in the dyeing industry.

Sorption is one of the most widely used and promising methods of wastewater purification in terms of cost, simplicity of realization, and efficiency. Over the past several decades silica materials with arranged mesoporous structure have attracted interest of scientists as dyes sorbents due to their outstanding properties of high surface area, tunable pore morphology, high sorption capacity, thermal and mechanical stability, and easy functionalization.

In the present work, comparative sorptive removal of acid dye Methyl Red (MR) was carried on mesoporous organosilicas with chemically immobilized 3-aminopropyl and dye-containing surface groups. It was expected that fixation of dye-containing functional groups in surface layer of MCM-41 will enhance its sorption affinity to adsorbate due to stacking interactions arising between aromatic rings of dye molecules immobilized on silica surface and supplied from solution. Along with attraction of dye molecules to the chemically immobilized dye-containing sorption centers, the adsorbate-adsorbate interactions, cooperative sorption mechanism can be realized due to the interaction of adsorbate with secondary sorption centers formed on silica surface.

Organosilicas with chemically immobilized 3-aminopropyl and MR-containing surface groups were prepared by sol-gel condensation of tetraethyl orthosilicate and (3-aminopropyl)triethoxysilane in the presence of dye-containing silane as silica source. The hexagonally arranged mesoporous structure of synthesized materials was confirmed by low-temperature nitrogen adsorption-desorption, x-ray diffraction, and TEM studies. Chemical composition of MCM-41-type organosilicas was determined by FT-IR spectroscopy and chemical analysis of surface layer.

Sorption of MR by organosilicas was studied from diluted phosphate buffer solutions in dependence of medium pH, duration of contact, and equilibrium concentration of dye. It was found that effective removal of MR takes place at pH values within a range of 2.5–5. Kinetic curves of MR sorption on organosilicas were analyzed by the Lagergren, Ho-McKey, and Weber-Morris kinetic models. It was established that the pseudo-second-order model fits the kinetics of MR sorption on all synthesized materials and the intraparticle diffusion is not the only one mechanism controlling the rate of MR sorptive removal. Isotherms were obtained at pH 4.8 where sorption efficiency of synthesized materials is highest due to the large number of interactions between dye and surface sites of silicas. As can be seen from Figure 1, silica materials have different sorption efficiency at low MR equilibrium concentrations. It results from the different affinity between sorbents and dye molecules. The surface of NH<sub>2</sub>-MCM-41 contains two types of functional groups (silanol and 3-aminopropyl), which are able to interact with MR through hydrogen bonds formation. Their contribution to the sorption process is relatively small. Therefore, the quantity of sorbed dye rises slowly until the attainment of dye equilibrium concentration equal to 0.012 mmol/l, whereupon sorption efficiency of NH<sub>2</sub>-MCM-41 increases drastically. Contrary situation is observed for silica with chemically immobilized MR-containing moieties (Fig. 1). Efficient removal

of dye by MR-NH<sub>2</sub>-MCM-41 is already occurred in the low equilibrium concentrations region. In both cases sharp rise of MR sorption isotherms can be explained by  $\pi$ - $\pi$  stacking interactions arising between aromatic systems of adsorbed or chemically immobilized moieties of dye and supplied from solution ones. Obtained results demonstrate the key role of cooperative interactions in sorptive removal of MR from diluted aqueous solutions.

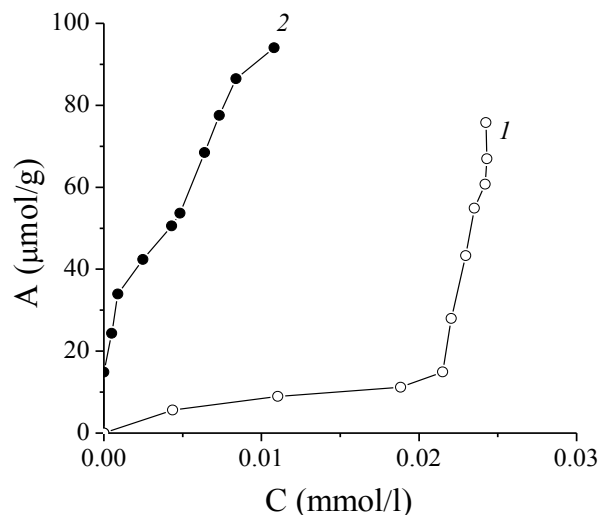


Figure. 1. Effect of equilibrium concentration on MR removal by NH<sub>2</sub>-MCM-41 (curve 1), and MR-NH<sub>2</sub>-MCM-41 (curve 2) from phosphate buffer solutions with pH 4.8 (batch of sorbent – 0.01 g, initial concentration of dye – 0.01–0.1 mmol/l).

In this study, the detailed analysis of equilibrium sorption data was carried out using four widely applied isotherm models: Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, and Brunauer-Emmett-Teller (BET). The results obtained from the analysis of experimental isotherms using equilibrium sorption models prove that the values of correlation coefficients increase at transition from Langmuir model to the Freundlich, Redlich-Peterson and BET ones. The highest values of correlation coefficients were obtained at applying of BET model to the description of MR sorption on synthesized organosilica materials. According to the BET model, molecules in the second and subsequent layers are behaved essentially as those in the bulk liquid. Therefore, it can be presumed that cooperative interactions play crucial role in sorptive removal of MR from phosphate buffer solutions by NH<sub>2</sub>-MCM-41 and MR-NH<sub>2</sub>-MCM-41.

Our studies showed that chemical immobilization of MR in silica surface layer causes drastic increase of sorptive removal of MR from aqueous solutions due to  $\pi$ - $\pi$  stacking interactions arising between aromatic systems of chemically immobilized dye moieties and supplied from solution ones.

1. Travis A.S. Perkin's mauve: ancestor of the organic chemical industry // *Technol. Cult.* – 1990. – 31. – P. 51–82.
2. Hubner K. History – 150 years of mauveine // *Chemie in unserer Zeit* – 2006. – 40. – P. 274–275.
3. Ratna, Padhi B.S. Pollution due to synthetic dyes toxicity and carcinogenicity studies and remediation // *Int. J. Envir. Sci.* – 2012. – 3. – P. 940–955.
4. Zaharia C., Suteu D. Textile organic dyes characteristics, polluting effects and separation/elimination procedures from industrial effluents. In: Puzyn T., Mostrag-Szlichtyng A. (eds.) *Organic pollutants ten years after the Stockholm convention – environmental and analytical update.* – Croatia: InTech, 2012. – P. 55–87.



## СИНТЕЗ ТА КРИСТАЛІЧНА БУДОВА 9-АЗАМЕТАЛОКРАУНІВ-3 МІДІ (II) З 4-ЙОДПІРАЗОЛОМ

*Виноградов О.С., Павленко В.О.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, [linke33967@gmail.com](mailto:linke33967@gmail.com)

Триядерні піразольмісні комплекси міді азаметалокраунового типу мають нетривіальні магнітні властивості [1], каталізують пероксидне окиснення алканів [2]. У зазначених триядерних структурах з азаметалокрауновим мотивом можливе заміщення термінальних монодентатних лігандів, причому при їх заміщенні на бідентатні ліганди останні можуть виступати як містки між двома триядерними структурними одиницями [3].

Метою цієї роботи було встановлення впливу об'ємних замісників (Iprz – депротонований 4-йодпіразол) в 4 положенні піразольного циклу на характер комплексоутворення з солями міді (II).

Металокрауни складу  $[\text{Cu}_3(\mu_3\text{-OH})(\mu\text{-Iprz})_3\text{Cl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]_2$  (**1**) та  $[\text{Cu}_3(\mu_3\text{-OH})(\mu\text{-Iprz})_3\text{Br}_2]_n$  (**2**) були синтезовані шляхом додавання до суміші порошку металічної міді та відповідного галогеніду міді (II) ацетонітрильного розчину 4-йодпіразолу у мольному співвідношенні 1:1:2.

За результатами рентгеноструктурного аналізу, отримані комплекси кристалізуються в моноклінній сингонії, просторові групи  $I2/m$  (для **1**) і  $C2/c$  (для **2**). Молекулярна структура комплексу **1** (рис. 1) складається з димеризованих центросиметричних шестиядерних молекул, до складу кожної з яких входить два однакових дев'ятичленних триядерних фрагменти з топологією 9-азаметалокрауна-3, пов'язаних між собою двома  $\mu_2$ -містковими атомами хлору.

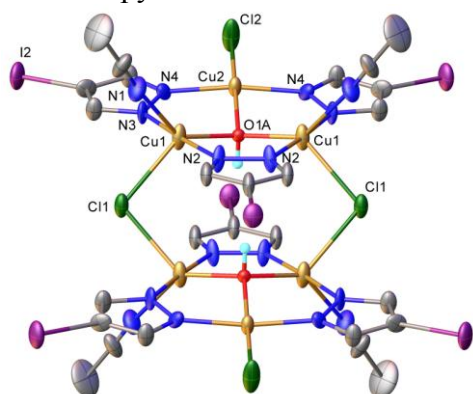


Рис. 1. Молекулярна структура комплексу **1**

Триядерні фрагменти характеризуються власною симетрією  $C_s$  (площина симетрії проходить через атоми Cu2, Cl2, C2, I1 та неупорядкований містковий гідроксил O1A і O1B) і містять по три атоми міді двох типів з координаційними числами 4 і 5. Ці атоми об'єднані в дев'ятичленний цикл трьома депротонованими 4-йодпіразолами, що виконують місткові функції. Азаметалокраун додатково центрований тридентатною містковою гідроксигрупою (Cu1–O1A = 1.98 (4) Å, Cu2–O1A = 2.06 (8) Å). Геометрія п'ятикоординованого атома Cu1 реалізується за рахунок двох атомів азоту депротонованих

молекул піразолу (Cu1–N2 = 1.92 (2) Å, Cu1–N3 = 1.94 (2) Å), місткового атома хлору (Cu1–Cl1 = 2.485 (7) Å), атома кисню  $\mu_3$ -ОН-групи і доповнюється за рахунок атома азоту координованої молекули  $\text{CH}_3\text{CN}$  (Cu1–N1 = 2.25 (3) Å). Геометрія атома Cu2 з КЧ 4 практично плоскочватратна з невеликим виходом атома міді з площини квадрата і реалізується за рахунок двох атомів азоту депротонованих молекул 4-йодпіразолу (Cu2–N4 = 1.97 (2) Å), атома хлору (Cu2–Cl2 = 2.284 (12) Å) і атома кисню  $\mu_3$ -ОН-групи. Атом кисню  $\mu_3$ -ОН-групи розупорядкований по двох позиціях з однаковою ймовірністю. Для подібних комплексів таке розупорядкування (50/50)  $\mu_3$ -ОН-групи є характерною особливістю. Містковий атом кисню пов'язує три атоми міді та виходить з площини металоциклу, відповідно, на 0.44 (O1A) і 0.27 (O1B) Å.

У кристалічній структурі гексаядерні комплексні молекули об'єднуються в ступінчасті колони, розташовані паралельно осі z, за рахунок водневих зв'язків між трансляційними димерними субодиницями. У формуванні водневих зв'язків беруть участь  $\mu_3$ -ОН-гідроксильні групи і атоми Cl2 (1-x, y, 2-z) (O ... Cl = 2.69 (7), H ... Cl = 1.83 (2) Å, кут 167 (4) °). Сусідні колони пов'язані між собою ван-дер-ваальсовими взаємодіями.



На відміну від сполуки **1**, кристалічна структура комплексу **2** (рис. 2) складається з полімерних ланцюгів, що формуються з триядерних фрагментів  $\text{Cu}_3(\mu_3\text{-OH})(\mu\text{-Iprz})_3\text{Br}_2$ , об'єднаних  $\mu_2$ -містковими атомами бромю. Полімерні ланцюги упаковані паралельно напрямку *z* кристала, взаємодія між трансляційними ланцюгами носить ван-дер-ваальсовий характер.

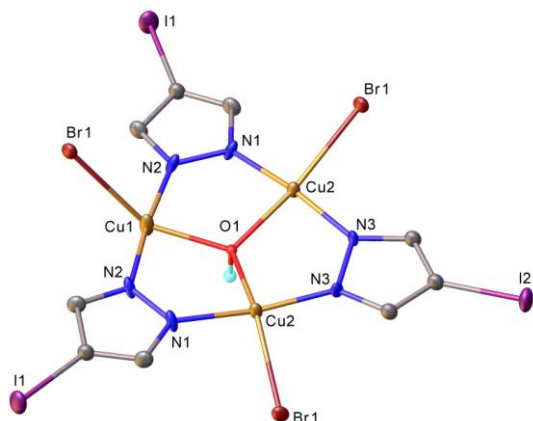


Рис. 2. Кристалографічно незалежна частина структури комплексу **2**, що демонструє координацію іонів міді (II)

Триядерні комплексні субодиниці в структурі **2** характеризуються власною симетрією  $C_2$ , причому вісь другого порядку проходить через атоми Cu1, C5 і I2. Азаметалокраунові фрагменти містять по три атома міді двох типів з координаційними числами 4 (Cu2) і 5 (Cu1). Атоми міді об'єднані в девятичленний цикл трьома депротонуваними 4-йодпіразолами, що виконують місткові функції. Відстані  $\text{Cu1} \dots \text{Cu2} = 3.402$  (4) Å,  $\text{Cu2} \dots \text{Cu2}^1 = 3.397$  (5) Å. Металоцикл додатково центрований  $\mu_3$ -містковою гідроксигрупою ( $\text{Cu1-O1} = 1.97$  (2) Å,  $\text{Cu2-O1} = 1.99$  (2) Å,  $\text{Cu2}^1\text{-O1} = 2.00$  (2) Å). Геометрія п'ятикоординованого атома міді (II) реалізується за рахунок двох атомів азоту депротонуваних

молекул 4-йодпіразолу ( $\text{Cu1-N2} = \text{Cu1-N2}^1 = 1.924$  (15) Å), двох місткових атомів бромю ( $\text{Cu1-Br1}^1 = \text{Cu1-Br1}^2 = 2.658$  Å) і атома кисню  $\mu_3$ -ОН-групи. Геометрія атома Cu2 з КЧ = 4 практично плоскочватратна з невеликим виходом атома міді з площини квадрата і реалізується за рахунок координації двох атомів азоту депротонуваних молекул 4-йодпіразолу ( $\text{Cu2-N1} = 1.956$  (16) Å,  $\text{Cu2-N3} = 1.890$  (16) Å), місткового атома бромю ( $\text{Cu2-Br1} = 2.432$  (3) Å) і атома кисню  $\mu_3$ -ОН-групи. Атом кисню  $\mu_3$ -ОН-групи розупорядкований по двох позиціях (50/50) і виходить з площини металоциклу на 0.32 (2) Å.

У кристалічній структурі комплексу триядерні субодиниці, пов'язані центром інверсії, об'єднуються між собою в полімерні ланцюги містковими атомами бромю, що доповнюють координаційне число атома міді Cu1 до 5. За рахунок зв'язування містковим бромідом двох різних іонів міді (Cu1 і Cu2), місткові зв'язки між мономерами мають різну довжину (2.658 (3) і 2.432 (3) Å).

Геометрія координаційних поліедрів п'ятикоординуваних іонів Cu1 в обох структурах є проміжною між тригонально-біпірамідальною і квадратно-пірамідальною, що підтверджується величинами геометричних індексів  $\tau_5$  (0.602 для O1A и 0.456 для O1B в комплексі **1**). У комплексі **2** обидві позиції розупорядкованого гідроксилу є симетрично пов'язаними, і тому в обох випадках координаційні поліедри ідентичні (викривлена тригональна біпіраміда,  $\tau_5 = 0.536$ ).

1. Jian-Hao Zhou , Zheng Liu , Yi-Zhi Li , You Song , Xue-Tai Chen & XiaoZeng You. Synthesis, structures and magnetic properties of two copper(II) complexes with pyrazole and pivalate ligands, *Journal of Coordination Chemistry*, (2006, 59:2, 147-156, DOI: 10.1080/00958970500266206

2. Corrado DiNicola, Yauhen Yu. Karabach, Alexander M. Kirillov, Magda Monari, Luciano Pandolfo, Claudio Pettinari, and Armando J. L. Pombeiro. Supramolecular Assemblies of Trinuclear Triangular Copper(II) Secondary Building Units through Hydrogen Bonds. Generation of Different Metal-Organic Frameworks, Valuable Catalysts for Peroxidative Oxidation of Alkanes. *Inorg. Chem.* 2007, 46, 221-230. DOI: 10.1021/ic061595n.

3. Gellert Mezei, Marlyn Rivera-Carrillo, Raphael G. Raptis. Effect of copper-substitution on the structure and nuclearity of Cu(II)-pyrazolates: from trinuclear to tetra-, hexa and polynuclear complexes. *Inorg.Chim.Acta* 357 (2004) 3721–3732. DOI: 10.1016/j.ica.2004.05.022.

## ЗВ'ЯЗКОВА СЕЛЕКТИВНІСТЬ РЕАКЦІЙ НАСИЧЕНИХ ВУГЛЕВОДНІВ В СІРЧАНОКИСЛИХ РОЗЧИНАХ ОКИСНИКІВ

Волкова Л.К.<sup>1</sup>, Онейда Й.О.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАНУ, Київ, Україна  
[volkovalk@gmail.com](mailto:volkovalk@gmail.com)

<sup>2</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ НАНУ, Львів, Україна

<sup>3</sup>Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця, Україна

Для встановлення механізмів активації зв'язків С–Н *n*-алканів (*n*-Alk), ізоалканів (*i*-Alk) і циклоалканів (*c*-Alk) особливо важливим є вивчення першої стадії їх реакцій з окисниками, кінетичні характеристики якої використовують як тести на той чи інший маршрут.

В цій роботі розглянуті дані щодо реакцій насичених вуглеводнів (RH) з 14-а окисниками в сірчанокислих розчинах: 60% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – комплекси кобальту(III) і хрому(VI); 90% – радикал HSO<sub>4</sub><sup>·</sup> активна частинка в системі Mn<sup>3+</sup>/Mn<sup>2+</sup>; 95% – паладій(II); 98% – SO<sub>3</sub>H<sup>+</sup> активна частинка самої H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 93% – решта окисників; і при температурах 25°C (Co<sup>3+</sup>, OH<sup>+</sup> активна частинка в системах (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> або H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Cr<sup>6+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>+</sup> нітроній катіон, <sup>+</sup>CH<sub>2</sub>OH протонований формальдегід); 40°C (комплекси V<sup>5+</sup>); 70°C (Ad<sup>+</sup> адамантільний катіон); 90°C (HSO<sub>4</sub><sup>·</sup>, Pd<sup>2+</sup>, (cHn)<sub>x</sub> олігомери циклогексану, (An)<sub>2</sub>H<sup>+</sup> протонований димер антрацену, SO<sub>3</sub>H<sup>+</sup>, комплекси платини(III) і ртуті(II)). Порівняння експериментальних констант швидкості (*k*) реакцій RH з системами окисників, які відрізняються за концентрацією сірчаної кислоти, (60–98)% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, температурою, (25–90)°C, та описуються різними кінетичними рівняннями, не зовсім коректно. В кожному із 14-и сірчанокислих розчинів окисників надійно виміряні величини *k* для 2-метилбутану (ізопентану, *i*-C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>), що дозволило обчислити значення відносних констант швидкості (*k*<sub>відн</sub>), так званої субстратної селективності:

$$(k_{\text{відн}}) = k_{\text{RH}} / k_{i\text{-C}_5\text{H}_{12}}, \quad (1)$$

як величини відношення константи швидкості RH (*k*<sub>RH</sub>) до константи швидкості ізопентану (*k*<sub>*i*-C<sub>5</sub>H<sub>12</sub></sub>) і зменшити вплив відмінностей між системами.

Показовими виявились зв'язкові константи швидкості, розраховані за адитивною моделлю [1] на прикладі *n*-гексану, 3-(або 2)метилпентану (*i*-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>), циклогексану, циклогексану-d<sub>12</sub>, циклопентану. Константою первинного зв'язку С–Н (1<sup>0</sup>), із-за малого її внеску в величину *k* в реакціях RH з більшістю розчинів окисників, можна знехтувати. Приймаємо, що величина константи вторинного зв'язку в *n*-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> і *i*-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> (2<sup>0</sup>) одна і та сама; в кожному з *c*-Alk константи вторинного зв'язку С–Н однакові: *c*-C<sub>6</sub>H<sub>12</sub> (2<sup>0</sup><sub>CH</sub>), *c*-C<sub>6</sub>D<sub>12</sub> (2<sup>0</sup><sub>CD</sub>), *c*-C<sub>5</sub>H<sub>10</sub> (2<sup>0</sup><sub>C5</sub>). Експериментально виміряні константи швидкості можуть бути представлені через зв'язкові:

$$k(n\text{-C}_6\text{H}_{14})=8 \cdot 2^0, k(i\text{-C}_6\text{H}_{14})=3^0+4 \cdot 2^0, k(c\text{-C}_6\text{H}_{12})=12 \cdot 2^0_{\text{CH}}, k(c\text{-C}_6\text{D}_{12})=12 \cdot 2^0_{\text{CD}}, k(c\text{-C}_5\text{H}_{10})=10 \cdot 2^0_{\text{C5}}$$

Для ефекту 5/6 (*F*<sub>5/6</sub>) і кінетичного ізотопного ефекту водню (КІЕ) можна записати:

$$F_{5/6} = (2^0_{\text{C5}} / 2^0_{\text{CH}}) = 1,2 \times (k_{c\text{-C}_5\text{H}_{10}} / k_{c\text{-C}_6\text{H}_{12}}), \quad \text{КІЕ} = 2^0_{\text{CH}} / 2^0_{\text{CD}} = k_{c\text{-C}_6\text{H}_{12}} / k_{c\text{-C}_6\text{D}_{12}} \quad (2)$$

Вони є відношенням зв'язкових констант (зв'язковими селективностями) для циклопентану і циклогексану (*F*<sub>5/6</sub>); циклогексанів легкого і важкого *c*-C<sub>6</sub>D<sub>12</sub> (КІЕ).

Зв'язкова селективність 3<sup>0</sup> : 2<sup>0</sup> найбільше змінюється в ряду реакцій *i*-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> та *n*-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> з 14-а окисниками. В табл.1 всі реакції представлені двома групами. У 1-й відношення 3<sup>0</sup> : 2<sup>0</sup> від 12 до 30 (HSO<sub>4</sub><sup>·</sup>, Co<sup>3+</sup> і OH<sup>+</sup>); ~40 (Cr<sup>6+</sup>); і біля 85 (V<sup>5+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>+</sup> і Pd<sup>2+</sup>). У другій групі 3<sup>0</sup> : 2<sup>0</sup> змінюється від 700 ((cHn)<sub>x</sub>) до 34000 (Ad<sup>+</sup>). Це дозволяє зробити висновок, що активація трет. зв'язку С–Н переважно йде або за гомолітичним (відрив атома Н, 1-а група), або за гетеролітичним (відрив як іонів Н<sup>+</sup>, так і Н<sup>·</sup>, 2-а група) маршрутами. В одній групі активація втор. зв'язку С–Н може відбуватися за іншими механізмами, ніж у трет. зв'язку С–Н.

Встановлено, що в ряду *n*-алканів C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>– C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> виконується лінійна залежність:

$$\lg(k_{\text{відн}}) = -a \times I_{n\text{-Alk}} + b, \quad (3)$$

де *k*<sub>відн</sub> = *k*<sub>*n*-Alk</sub> / *k*<sub>*i*-C<sub>5</sub>H<sub>12</sub></sub>, *I*<sub>*n*-Alk</sub> – потенціал іонізації *n*-Alk, який зменшується від C<sub>3</sub> до C<sub>8</sub> на 100 кДж/моль: 1068, 1026, 997, 981, 970, 968.

Таблиця 1. Зв'язкова селективність в реакціях RH з окисниками в сірчаноокислих розчинах

1-а група реакцій							
Окислювачі [H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ], %	Co <sup>3+</sup>	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	OH <sup>+</sup>	Cr <sup>6+</sup>	V <sup>5+</sup>	Pd <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>+</sup>
T, °C	60	90	93	60,3	93	94,9	93
3 <sup>0</sup> : 2 <sup>0</sup>	25	90	25	25	40	90	25
	15	12	29	42	>79	89	85
n-алкани							
Рівняння (3): a·10 <sup>3</sup> ; b	6; 5,9	10; 9,8	7; 6,1	10; 9,4	–	5; 3,7	13; 12,3
R <sup>2</sup>	0,996	0,866	0,600	0,978		0,993	0,978
циклоалкани C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> , C <sub>6</sub> D <sub>12</sub>							
3 <sup>0</sup> : 2 <sup>0</sup> <sub>CH</sub>	11	5	21	39	23	16	23
2 <sup>0</sup> <sub>CH</sub> : 2 <sup>0</sup>	1,3	2,5	1,4	1,1	>3,5	5,6	3,6
F <sub>5/6</sub> = 2 <sup>0</sup> <sub>C5</sub> / 2 <sup>0</sup> <sub>CH</sub>	0,83	0,80	0,73	1,69	0,21	0,44	0,39
KIE = 2 <sup>0</sup> <sub>CH</sub> / 2 <sup>0</sup> <sub>CD</sub>	4,0	1,9 <sup>1)</sup>	2,1	5,2	3,0	2,0	2,1
2-а група реакцій							
Реагенти [H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ], %	(cHn) <sub>x</sub>	(An) <sub>2</sub> H <sup>+</sup>	SO <sub>3</sub> H <sup>+</sup>	<sup>+</sup> CH <sub>2</sub> OH	Pt <sup>3+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Ad <sup>+</sup>
T, °C	93	93	97,7	93	93	93	93
3 <sup>0</sup> : 2 <sup>0</sup>	90	90	90	25	90	90	70
	716	890	964	1314	1436	1596	34000
n-алкани							
Рівняння (3): a·10 <sup>3</sup> ; b	13; 11,4	21; 18,4	4; 2,2	15; 12,9	16; 13,8	6; 4,0	12; 7,9
R <sup>2</sup>	0,870	0,934	0,917	0,988	0,932	0,986	0,950
циклоалкани C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> , C <sub>6</sub> D <sub>12</sub>							
3 <sup>0</sup> : 2 <sup>0</sup> <sub>CH</sub>	580	452	1247	930	491	1915	7686
2 <sup>0</sup> <sub>CH</sub> : 2 <sup>0</sup>	1,25	2,0	0,77	1,4	2,9	0,83	4,4
F <sub>5/6</sub> = 2 <sup>0</sup> <sub>C5</sub> / 2 <sup>0</sup> <sub>CH</sub>	0,54	0,36	0,56	0,84	0,48	0,24	0,53
KIE = 2 <sup>0</sup> <sub>CH</sub> / 2 <sup>0</sup> <sub>CD</sub>	1,9	1,9	2,0 <sup>2)</sup>	2,4	1,9	2,0 <sup>3)</sup>	1,4
<sup>1)</sup> 85 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; <sup>2)</sup> 98,7 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; <sup>3)</sup> C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> CH/C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> CD							

В табл. 1 наведено параметри рівняння (3) для 13-и систем, дані для V<sup>5+</sup> відсутні. За результатами для реакції OH<sup>+</sup> з n-C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, n-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> і n-C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> коефіцієнт кореляції найнижчий R<sup>2</sup> = 0,600. Невисока кореляція для HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>3</sub>H<sup>+</sup> і (cHn)<sub>x</sub>, для решти систем R<sup>2</sup> = 0,932–0,996. Величини нахилу (a·10<sup>3</sup>) найбільші в 2-й групі для реакцій n-Alk з карбокатионами (An)<sub>2</sub>H<sup>+</sup>, <sup>+</sup>CH<sub>2</sub>OH, (cHn)<sub>x</sub> і Ad<sup>+</sup> (21–12), а також з комплексами Pt<sup>3+</sup> (16). Виняток складають реакції з SO<sub>3</sub>H<sup>+</sup> (4) і з Hg<sup>2+</sup> (6), які ближчі до реакцій з Co<sup>3+</sup> (6) і Pd<sup>2+</sup> (5) із 1-ої групи. Цікаво, що для NO<sub>2</sub><sup>+</sup> з 1-ої групи величина нахилу (13) близька до нахилу реакцій з карбокатионами, а для HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> і Cr<sup>6+</sup> значення нахилу (10) є однаковим. Відповідно до величини (a·10<sup>3</sup>) окисники поділяються на дві групи: (А, (a·10<sup>3</sup>) від 4 до 6) Co<sup>3+</sup>, Pd<sup>2+</sup>, SO<sub>3</sub>H<sup>+</sup>, Hg<sup>2+</sup>; (Б, від 10 до 20) HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cr<sup>6+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>+</sup>, (cHn)<sub>x</sub>, (An)<sub>2</sub>H<sup>+</sup>, <sup>+</sup>CH<sub>2</sub>OH, Pt<sup>3+</sup>, Ad<sup>+</sup>. Логічно припустити, що активація втор. зв'язку С–Н в n-алканах відбувається у (2-3)-х конкуруючих стадіях (відрив Н-атома; перенос електрона; відрив гідрид-іона Н<sup>-</sup>, або протона Н<sup>+</sup>), кожна з яких в залежності від природи активної частинки окисника може стати лімітуючою. В групі А комплекси Co<sup>3+</sup> переносять водень в одну стадію як від трет., так і від втор. зв'язку С–Н у n-Alk і c-Alk, про що свідчать низькі селективності 3<sup>0</sup> : 2<sup>0</sup> і 3<sup>0</sup> : 2<sup>0</sup><sub>CH</sub> і високий КІЕ. Комплекси Pd<sup>2+</sup> дегідрують циклогексан до бензолу значно легше, ніж окислюють n-гексан, 2<sup>0</sup><sub>CH</sub> : 2<sup>0</sup> ~ 6:1. В групі Б перша стадія, що лімітує реакцію окиснення n-Alk, є перенос електрона. Конкуруючи стадії відрив протона (HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cr<sup>6+</sup>), або його заміщення (NO<sub>2</sub><sup>+</sup>, Pt<sup>3+</sup>), у випадку карбокатионів – перенос атома Н. Уявлення щодо механізмів дії інших частинок потребує подальших досліджень.

Волкова Л.К., Опейда Й.О. Селективність реакцій алканів і циклоалканів в сірчаноокислих розчинах електрофілів // Зб. Тез III Всеукраїнської наукової конференції «Актуальні задачі хімії». Житомир, 2019.

# ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПРОЦЕСИ ПЛІВКОУТВОРЕННЯ ОЛІГОПЕРОКСИДІВ НА АМОΡФНИХ СПЛАВАХ

Герцик О.М.<sup>1</sup>, Буваник С.І.<sup>1</sup>, Марків І.Р.<sup>1</sup>, Пандяк Н.Л.<sup>2</sup>, Сеньків Н.П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, [o\\_hertsyk@yahoo.com](mailto:o_hertsyk@yahoo.com)

<sup>2</sup>Національний лісотехнічний університет України

<sup>3</sup>Львівський медичний інститут

Гетерофункційні олігомерні пероксиди знаходять щораз ширше практичне застосування для модифікації поверхонь різних матеріалів. Такі речовини безпечніші у роботі та зберіганні і менш токсичні у порівнянні з низькомолекулярними пероксидами. Використання поверхнево-активних пероксидних олігомерів є перспективним для регулювання властивостей поверхні аморфних металевих сплавів на основі Fe та Co. Модифіковані магнітом'які сплави можуть надалі використовуватись для магнітотерапії та цільової доставки лікарських препаратів. Очевидно для створення ефективного олігомерного покриття необхідно підібрати оптимальні умови його формування [1, 2]. Крім природи підкладки та олігопероксиду, концентрації розчину плівкоутворювача, важливу роль відіграють також температурні умови. Підвищення температури зумовлює послаблення пероксидного зв'язку олігопероксиду, тобто, підвищення його реакційної здатності.

Методами хронопотенціометрії та циклічної вольтамперометрії оцінено вплив температури в інтервалі (298÷323) К на плівкоутворення гетерофункційного олігопероксиду (ОП) на основі вінілацетату 2-трет-бутилперокси-2-метил-5-гексен-3-іну і малеїнового ангідриду та його металокомплексів з різним вмістом міді (ОМК 0,3[Cu<sup>2+</sup>] та ОМК 0,85[Cu<sup>2+</sup>]) на поверхні аморфних сплавів Fe<sub>78.5</sub>Ni<sub>1.0</sub>Mo<sub>0.5</sub>Si<sub>6.0</sub>B<sub>14.0</sub> (АМС-1) та Fe<sub>73.1</sub>Cu<sub>1.0</sub>Nb<sub>3.0</sub>Si<sub>6.5</sub>B<sub>7.4</sub> (АМС-2).

Якщо у випадку АМС-1 - електроду у розчині ОП потенціал набуває приблизно стабільного значення за температури 303 К, то у розчині ОМК 0,3[Cu<sup>2+</sup>] - за 318 К. Стосовно чистого електроду без нанесеної плівки потенціал корозії протягом 900с змінюється в межах -(0,6÷0,8) В, тоді коли з нанесеною плівкою - -(0,15÷0,26)В. Значення потенціалу електроду з плівкою ОМК 0,85[Cu<sup>2+</sup>] змінюються від -0,2 до -0,3 В і є стабільнішими до 318 К. Щодо АМС-2 - електроду із додатком Cu та Nb встановлено стабільність плівок до 313 К, після чого тривкість плівки з ОП і ОМК 0,85[Cu<sup>2+</sup>] знижується.

Розрахунок енергії активації (E<sub>a</sub>) процесу розчинення аморфних сплавів у розчинах олігопероксидів (табл.) підтвердив, що найкращими захисними властивостями характеризуються плівки ОМК 0,85[Cu<sup>2+</sup>].

## Кінетичні параметри розчинення аморфних сплавів в розчинах олігопероксидів

Олігоперокси д	Fe <sub>78.5</sub> Ni <sub>1.0</sub> Mo <sub>0.5</sub> Si <sub>6.0</sub> B <sub>14.0</sub>			Fe <sub>73.1</sub> Cu <sub>1.0</sub> Nb <sub>3.0</sub> Si <sub>6.5</sub> B <sub>7.4</sub>		
	T, К	ΔE/Δτ, В/с×10 <sup>4</sup>	E <sub>a</sub> , кДж/моль	T, К	ΔE/Δτ, В/с×10 <sup>4</sup>	E <sub>a</sub> , кДж/моль
ОП	298-303	4,9	42,2	298-303	5,7	27,7
ОМК 0,3 % Cu <sup>2+</sup>	298-303	6,8	73,9	313-323	22,7	33,2
ОМК 0,85%Cu <sup>2+</sup>	303-323	4,2	85,3	313-323	23,4	62,4

1. Kovbuz M.O., Hertsyk O.M., Mitina N.E., Khimyak Y.Z., Bednarska L.M. Formation of protective coating on amorphous metallic surfaces by controlled adsorption of functional oligoperoxides from aqueous solutions // Polish J.Chem. – 2008. – Vol.82. – P.93–100.

2. Герцик О., Ковбуз М., Переверзева Т., Шурко С., Котур Б. Поверхнева модифікація аморфних металевих електродів // Праці НТШ. Хім. науки. – 2017. – Т. XLVIII. – С. 32-47.

## СИСТЕМА $\text{CeCu}_{1-x}\text{Ag}_x\text{In}$ ПРИ 870 К

*Домінюк Н.І., Ничипорук Г.П., Серкіз Р.Я., Заремба В.І.*  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
[nataliya.dominyuk@gmail.com](mailto:nataliya.dominyuk@gmail.com)

Трикомпонентні системи РЗМ–*d*-метал–In та сполуки, що в них утворюються вивчено досить повно [1], тоді як складні металічні системи за участю чотирьох компонентів такого типу досліджені незначно.

Методами рентгенівського фазового та локального рентгеноспектрального аналізів вивчено взаємодію компонентів у системі  $\text{CeCu}_{1-x}\text{Ag}_x\text{In}$  при 870 К.

Зразки для досліджень синтезовано методом електродугової плавки шихти із компактних металів з подальшим гомогенізаційним відпалом при 870 К впродовж місяця. Фазовий склад зразків встановлено рентгенівським методом порошку з використанням дифрактометра ДРОН–2.0М ( $\text{FeK}\alpha$ -випромінювання) та скануючої електронної мікроскопії (електронний мікроскоп РЕММА–102–02). Фазовий аналіз та структурні розрахунки виконані з використанням програм Powder Cell та FullProf.

За температури дослідження у системі  $\text{CeCu}_{1-x}\text{Ag}_x\text{In}$  встановлено існування твердого розчину заміщення на основі вихідної сполуки складу  $\text{CeCu}_{1-0,6}\text{Ag}_{0,4}\text{In}$  (СТ ZrNiAl, ПГ *P-62m*) [2] із уточненими параметрами елементарної комірки:  $a = 0,7490 - 0,7548(2)$ ,  $c = 0,4240 - 0,3819(3)$  нм,  $V = 0,2060 - 0,2103(1)$  нм<sup>3</sup>. Зміна параметрів добре корелює з розмірами атомів купруму та аргентуму.

Практично у всій області концентрації Ag, крім фази зі структурою типу ZrNiAl, у рівновазі існують фази на основі сполук  $\text{Ce}(\text{Cu},\text{In})_2$  [3] та  $\text{Ce}(\text{Ag},\text{In})_2$  [4] зі структурами типу  $\text{AlB}_2$  і  $\text{CaIn}_2$  відповідно, у яких також фіксується розчинення четвертого компонента. Наявність таких рівноважних фаз добре узгоджується з результатами досліджень взаємодії компонентів у системах  $\text{Ce-Cu-In}$  [2] і  $\text{Ce-Ag-In}$  [5].

На рис. 1 наведено дифрактограму зразка складу  $\text{CeCu}_{0,80}\text{Ag}_{0,20}\text{In}$ , а на рис. 2 зображено фотографії поверхонь мікрошліфів ряду зразків системи  $\text{CeCu}_{1-x}\text{Ag}_x\text{In}$ .

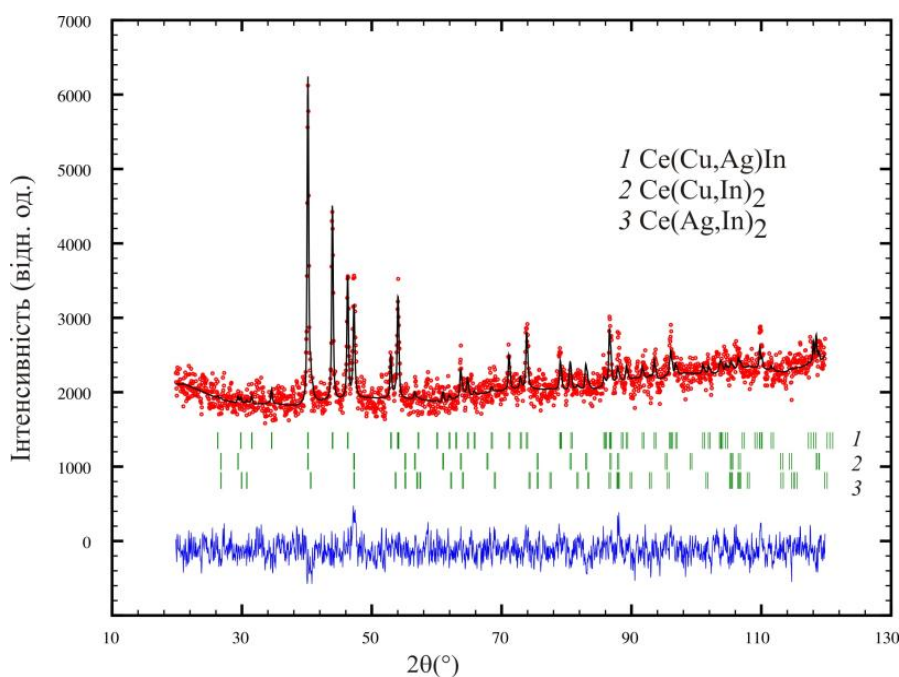


Рис. 1. Експериментальна (точки), розрахована (суцільна лінія) та різницєва (знизу) дифрактограми зразка  $\text{CeCu}_{0,80}\text{Ag}_{0,20}\text{In}$



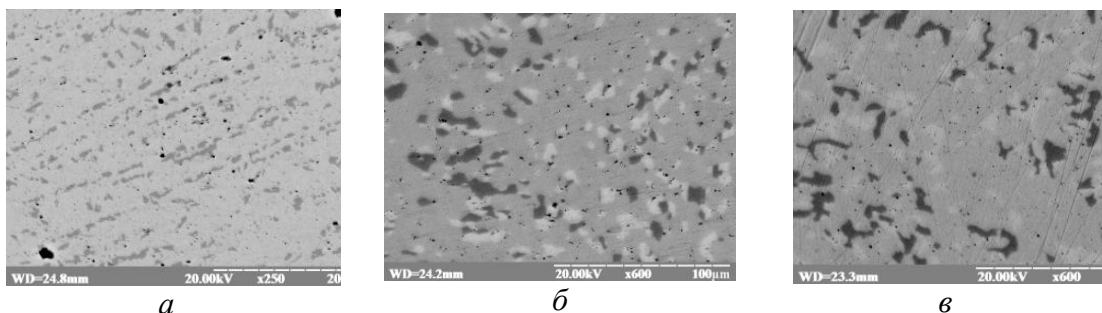


Рис. 2. Фотографії поверхонь мікрошліфів сплавів системи  $\text{CeCu}_{1-x}\text{Ag}_x\text{In}$ :  
*a* –  $\text{CeCu}_{0,95}\text{Ag}_{0,05}\text{In}$  (сіра фаза –  $\text{Ce}_{0,29}\text{Cu}_{0,32}\text{Ag}_{0,04}\text{In}_{0,33}$ ; темна фаза –  $\text{Ce}_{0,36}\text{Cu}_{0,22}\text{Ag}_{0,04}\text{In}_{0,37}$ );  
*б* –  $\text{CeCu}_{0,75}\text{Ag}_{0,25}\text{In}$  (сіра фаза –  $\text{Ce}_{0,33}\text{Cu}_{0,19}\text{Ag}_{0,11}\text{In}_{0,36}$ ; світла фаза –  $\text{Ce}_{0,30}\text{Cu}_{0,06}\text{Ag}_{0,18}\text{In}_{0,45}$ ;  
темна фаза –  $\text{Ce}_{0,27}\text{Cu}_{0,28}\text{Ag}_{0,12}\text{In}_{0,31}$ ); *в* –  $\text{CeCu}_{0,50}\text{Ag}_{0,50}\text{In}$  (сіра фаза –  $\text{Ce}_{0,32}\text{Cu}_{0,18}\text{Ag}_{0,14}\text{In}_{0,36}$ ;  
світла фаза –  $\text{Ce}_{0,30}\text{Cu}_{0,05}\text{Ag}_{0,18}\text{In}_{0,47}$ ; темна фаза –  $\text{Ce}_{0,27}\text{Cu}_{0,30}\text{Ag}_{0,11}\text{In}_{0,32}$ )

1. Kalychak Ya. M., Zaremba V. I., Pöttgen R., Lukachuk M., Hoffmann R.-D. Rare Earth-Transition Metal-Indides // In: K. A. Gschneidner, Jr., J.-C. Bünzli, V. K. Pecharsky (Eds.), Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths. Elsevier, Amsterdam. 2005. Vol. 34. P. 1–133.

2. Бараняк В.М., Каличак Я.М. Система Ce-Cu-In // Изв. АН СССР. Неорг. материалы. 1991. Т. 27, №. 6. С.1235-1238.

3. Бараняк В.М., Дмитрах О.В., Каличак Я.М., Завалий П.Ю. Тернарние интерметаллиды со структурой типа  $\text{AlB}_2$  в системах  $\text{La}(\text{Ce}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Eu})\text{-Ni}(\text{Cu})\text{-In}$  // Изв. АН СССР. Неорг. материалы. 1988. Т. 24. С. 873-874.

4. Сиса Л.В. Каличак Я.М. Кристаллическая структура соединений  $\text{R}(\text{Ag}, \text{In})_2$  // Изв. АН СССР. Металли. 1992. Т.3. С-126-127.

5. Галаджун Я.В. Фазові рівноваги, кристалічні структури та властивості сполук у  $\{\text{Ce}, \text{Gd}, \text{Y}\}\text{-}\{\text{Zr}, \text{Ag}\}\text{-In}$  та споріднених системах: автореф. дис... канд. хім. наук: 02.00.01 Львівський національний ун-т ім. Івана Франка. Л., 2001. 20 с.

## КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ КРАУН-ЕТЕР - $\text{KO}_2$ -РОЗЧИННИК

*Єфімова І.В., Смирнова О.В.*

Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, м. Київ  
[anjuta.efimova@gmail.com](mailto:anjuta.efimova@gmail.com)

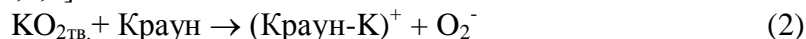
Останні три десятиріччя відзначені значним підвищенням інтересу до дослідження вільнорадикальних процесів за участю аніон-радикала кисню (АРК), який в апротонних середовищі може реагувати як основа, нуклеофіл, відновник сили, та рідше. як радикал [1,2]. Існує кілька способів одержання аніон-радикалу кисню (АРК) [3-7]. Тому механізм реакцій за його участю залишається в багатьох випадках дискусійним. Актуальним у цьому зв'язку є питання про роль протійону, з яким аніон-радикал кисню присутній у розчині. Використання реакції комплексоутворення в системі краун-етер -  $\text{KO}_2$  - розчинник, як альтернативний шлях отримання аніон-радикала кисню, стало можливим, завдяки швидкому розвитку хімії макроциклів [8-10].

Метою даної роботи було вивчення реакцій одержання аніон-радикалу кисню (АРК): одноелектронного відновлення кисню та комплексоутворення в системі краун-етер -  $\text{KO}_2$  - розчинник.

Нами було вивчено реакцію одноелектронного відновлення кисню:



яка лежить в основі одного з найбільш доступних способів одержання стійкої форми АРК в апротонних середовищах [1]. Методом кондуктометрії досліджено також комплексоутворення в системі краун-етер -  $\text{KO}_2$  - розчинник, як альтернативний шлях, що призводить до утворення АРК [1,3,4]:



Як і комплексоутворенням, так і за реакцією електрохімічного відновлення кисню отримано АРК, спектральні характеристики якого відповідають літературним [4-6]. Як видно з даних табл.1, час, необхідний для отримання розчинів АРК оптимальної робочої концентрації  $1 \cdot 10^{-3}$  -  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л – від 4 до 6 годин (розчинник - ДМСО, як електроліт – 0,1 М р-р ТЕАПХ). Продуті аргонном, такі розчини стійкі протягом доби.

Таблиця 1. Електролізу в апротонних розчинниках, 25°C; [АРК], моль/л - концентрація отриманого супероксиданіону визначена: а) - потенціметрично за реакцією з  $\text{AlkBr}$ , б) - спектрофотометрично.

Розчинник	Час реакції, год.	Електроліт, 0.1 моль/ л	[АРК]·10 <sup>3</sup> , моль/л		Час зберігання розчину, год.
			а	б	
АН	3,5	ТЕАПХ	0,6	0,6	1
			0,2	0,15	24
			0,006	0,01	48
ДМСО	10	ТЕАПХ	1,6	1,6	1
			1,4	1,5	24
			0,8	0,6	48
ДМСО	4	ТЕАПХ	1,5	1,7	
ДМСО	4	ТЕАВr	0,7	0,5	1
			0,6	0,4	24
ДМФА	4	ТЕАПХ	1,0	0,9	1
			0,7	0,8	24

При проведенні реакції (1) в АН чи ДМФА, час досягнення оптимальної робочої концентрації АРК збільшується, а стійкість тетраетиламоній супероксиду зменшується. У випадку генерування АРК за реакцією (2) також зареєстрована поява смуги з максимумом поглинання при довжині хвилі 249 нм, що відповідає вільному аніон-радикалу. Кінетика утворення АРК по реакції (2) вивчалася також за зміною оптичної густини (D) при 249 нм для системи в АН.

Проведено співставлення активності двох різних супрамолекулярних структур, що містять АРК (протийони  $(\text{Краун-К})^+$  і  $(\text{ТЕА})^+$ ), у реакції з  $\text{PrBr}$ .

Показано, що при переході від хімічного способу генерації АРК (протийон  $(\text{Краун-К})^+$ ) до електрохімічного (протийон  $(\text{ТЕА})^+$ ) активність аніон-радикалу в реакції з алкілгалогенідом незначно збільшується ( $k - 5 \cdot 10^{-2}$  л·моль<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup> і  $k - 1 \cdot 10^{-1}$  л·моль<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup> відповідно) (кінетика досліджуваної реакції підкоряється рівнянню першого порядку: типу  $y = y_0 + y_1 \exp(-k_{\text{эфф}} t)$ , де  $y = D$  чи  $\chi$  (в залежності від методу вимірювання) за умови, що  $[\text{RBr}] \gg [\text{АРК}]$ ).

Дослідження, що проводились дозволяють обрати оптимальний режим і структуру комплексу - джерела аніон-радикала кисню в залежності від завдання та цілей експерименту. Вивчення реакції комплексоутворення у системі краун-етер – супероксид калію – розчинник, поряд з електрохімічним способом отримання активного кисню, необхідно не тільки з точки зору отримання найбільш стабільною форми аніон-радикала кисню, а й створення модельних систем, що дозволяють аналізувати механізми і закономірності протікання процесів в біологічних системах. Отримані результати свідчать про перспективність застосування



досліджених супрамолекулярних комплексів, що містять аніон-радикала кисню, для створення нових антиоксидантних систем, які можуть бути використані в якості нових класів антиоксидантів для технічних цілей, медицини і фармацевтики.

1. Wang S.Y. Jiao H.J. Scavenging Capacity of Berry Crops on Superoxide Radicals, Hydrogen Peroxide, Hydroxyl Radicals, and Singlet Oxygen // *Agric. Food Chem.* - 2000. - Vol. 48. - № 11. - P. 5677-5684.

2. Antioxidant Activity of Hypericum androsaemum Infusion: Scavenging Activity against Superoxide Radical, Hydroxyl Radical and Hypochlorous Acid / P. Valentão, E. Fernandes, F. Carvalho [et al] // *Biol. Pharm. Bull.* - 2002. - Vol. 25. - №10. - P.1320-1323.

3. Peover M.E. White B.S. The Formation of the Superoxide Ion by Electrolysis of Oxygen in Aprotic Solvents // *Analyt. Sciences.* - 2004. - Vol. 20. - P.1465-1466.

4. Опейда И.А., Ефимова И.В., Качурин И.О. Кинетика хемилюминесценции в реакции алкилгалогенидов с  $O_2^-$ . // *Теор. эксперим. хим.* - 1997. - Т.33. - N 4. - С. 229-233.

5. Afanas'ev I.B., Grabovetskii V.V., Kuprianova N.S. Kinetics and mechanism of the reactions of superoxide ion in solution. Part 5. Kinetics and mechanism of the interaction of superoxide ion with vitamin E and ascorbic acid // *J. Chem. Soc. Perkin Trans II.* - 1987. - Т.33. - P.281-285.

6. Сирота Т.В. Использование нитросинего тетразолия в реакции автоокисления адреналина для определения активности супероксиддисмутазы // *Биомедицинская химия.* - 2013. - Т. 59. - №4. - С. 399-410.

7. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселев М.Р. Основы современного электрохимического анализа // М.: Мир. Бином. - 2003. - 608 с.

8. Хираока М. Краун-соединения // М.: Мир. 1986. 368 с.

9. Turgut Y., Demirel N., Ren H.H. Synthesis of novel chiral C2-symmetric diaza-18-crown-6 ether derivatives and their enantioselective recognition of amino acid derivatives // *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry.* - 2006. - Vol. 54. - P.29-33.

10. Федорова О.А. Супрамолекулярная химия // учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. - 2010. - 204 с.

## СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАТОВАНОГО ПОДВІЙНОГО ЦИКЛІЧНОГО ТРИМЕТАФОСФАТУ ЛІТІУ-КАЛІЮ

*Жиляк І.Д.<sup>1</sup>, Копілевич В.А.<sup>2</sup>, Давискиба В.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Уманський національний університет садівництва, [Zhilyak@i.ua](mailto:Zhilyak@i.ua)

<sup>2</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>3</sup> Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини

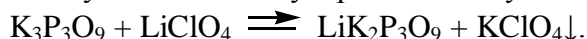
Дослідження умов синтезу та властивостей циклічних триметафосфатів лужних металів має важливе значення в техніці для одержання вогнетривів, миючих засобів, будівельних матеріалів, як зубопротезні матеріали, добрива тощо. В останній час значно зросли обсяги застосування матеріалів на основі метафосфатів у квантовій електроніці та оптиці, завдяки їх особливим нелінійно-оптичним та електрофізичним властивостям. Одним із перспективних напрямів досліджень є використання триметафосфатів лужних металів в якості вихідних реагентів прекурсорів для одержання нових перспективних матеріалів з високою іонною провідністю.

Метою даної роботи є вивчення умов одержання та дослідження хімічними і фізико-хімічними методами аналізу гідратованого подвійного циклічного метафосфату літію-калію моногідрату  $LiK_2P_3O_9 \cdot H_2O$ .

В роботі як вихідний реагент для синтезу  $LiK_2P_3O_9 \cdot H_2O$  використовувався триметафосфат калію  $K_3P_3O_9$  одержаний методом дегідратації однозаміщеного фосфату калію в оцтовокислому середовищі при нагріванні до 115 °С протягом двох годин [1].

Подвійний трициклофосфат літію-калію моногідрат  $\text{LiK}_2\text{P}_3\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$  отримували відповідно до методики [2] на основі обмінної взаємодії розчинів солей  $\text{K}_3\text{P}_3\text{O}_9$  і  $\text{LiClO}_4$  взятих відповідно до мольного співвідношення  $\text{K}_2\text{O}$  і  $\text{Li}_2\text{O}$  3:1.

Утворення продукту індивідуального складу в розчині відбувається за схемою реакції:



При цьому одержують осад  $\text{KClO}_4$ , який відділяють від фільтрату. До одержаного фільтрату додають метанол внаслідок чого утворюється полідисперсний осад, який відфільтровують і витримують на повітрі при  $15 \div 25$  °С до досягнення постійної маси.

За даними ІЧ-спектроскопії вода присутня в молекулярній формі, в спектрі подвійного метафосфату  $\text{LiK}_2\text{P}_3\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в області  $3550\text{-}3300$   $\text{cm}^{-1}$  спостерігається сильна широка смуга поглинання, яка відноситься до валентних коливань групи  $\nu(\text{-OH})$ , а в діапазоні  $1695\text{-}1550$   $\text{cm}^{-1}$  знаходяться також деформаційні коливання води.

В ІЧ-спектрах циклотрифосфатів  $\text{K}_3\text{P}_3\text{O}_9$  і  $\text{LiK}_2\text{P}_3\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в діапазоні  $1478\text{-}530$   $\text{cm}^{-1}$  набір коливальних мод, було віднесено наступним чином: смуги в області  $1478\text{-}1215$   $\text{cm}^{-1}$  до асиметричних коливань  $\nu_{\text{as}}(\text{OP})$ , дві смуги в частотному діапазоні  $1165\text{-}1105$   $\text{cm}^{-1}$  до симетричних коливань  $\nu_{\text{s}}(\text{OP})$ .

Інтенсивні смуги близько  $1000\text{-}975$   $\text{cm}^{-1}$  та слабкі смуги в інтервалі  $896\text{-}835$   $\text{cm}^{-1}$  віднесено до асиметричних коливань  $\nu_{\text{as}}(\text{POP})$  груп  $[\text{PO}_3]_n$ . Коливання при  $765\text{-}750$   $\text{cm}^{-1}$  інтерпретовано як симетричні коливання  $\text{POP}$  зв'язку  $\nu_{\text{s}}(\text{POP})$ . Коливальні моди, що знаходяться в частотній області  $675\text{-}430$   $\text{cm}^{-1}$  інтерпретовано, як деформаційні коливання  $\delta(\text{PO})$ ,  $(\text{PO}_2)$ .

Таким чином, присутність в ІЧ-спектрі смуг вище  $1300$   $\text{cm}^{-1}$  та дублетної смуги близько  $700$   $\text{cm}^{-1}$  свідчить про наявність у складі синтезованого фосфату  $\text{LiK}_2\text{P}_3\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$  аніону циклічного типу.

За даними рентгенофазового аналізу синтезований кристалічний гідратований подвійний циклічний триметафосфат літію-калію  $\text{LiK}_2\text{P}_3\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , представлений однією фазою, тобто є речовиною індивідуального складу. Методом повнопрофільного (Рітвельда) аналізу встановлено та уточнено його просторову групу як  $P2_1/c$ , він має моноклінний тип кристалічної ґратки з параметрами елементарної комірки:  $a=8,665(6)$  Å,  $b=14,486(3)$  Å,  $c=7,623(2)$  Å,  $\beta=99,89^\circ$ ,  $V=942,74$  Å<sup>3</sup> і це відповідає даним, описаним в літературі [3].

Таким чином виділено з водних розчинів кристалічний гідратований подвійний трициклофосфат літію-калію моногідрат індивідуального складу  $\text{LiK}_2\text{P}_3\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . На основі одержаних результатів підтверджено склад, властивості, наявність молекули води та аніону циклічного типу. За допомогою метода ІЧ-спектроскопії проведено порівняння спектрів одержаної речовини з відомими сполуками, встановлено її індивідуальність, яка підтверджується рентгенофазовим аналізом.

1. А.с. SU 432097. Способ получения триметафосфата калия / Н.М. Домбровский, В.А. Коваль; заявитель Черновицкий государственный университет. Заявл.21.06.71. №1670472/23-26. Опубл.15.06.74. бюл. №22.

2. Патент на корисну модель № 74231 у. Спосіб одержання кристалічного гідратованого подвійного триметафосфату літію-калію /В.Я. Коваль, В. А. Копілевич, І. Д. Жиляк, В.В. Давискиба, І.В.Затовський (Україна); заявник і патентотримач Уманський національний університет садівництва. № у 201203200 від 19.03.2012. Опубл. 25.10.2012. Бюл. № 20 с.4.

3. Eanest E.D., Ondik H.M. The Structure of Lithium Dipotassium Trimetaphosphate Monoghydrate // Acta Cryst. – 1962. – v. 15. – p. 1280-1285.

## ОДЕРЖАННЯ НИЖЧИХ ВУГЛЕВОДНІВ ГІДРОГЕНІЗАЦІЄЮ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

*Каменських Д.С., Євдокименко В.О., Ткаченко Т.В., Хімач Н.Ю.,  
Біленко М.А., Кашиковський В.І.*

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України, [kam04@ukr.net](mailto:kam04@ukr.net)

Нафта, газ, вугілля використовувалися і ще довго будуть використовуватися людиною як джерело енергії, так і сировинна база. Переробка таких корисних копалин завжди спричиняє утворення значних об'ємів CO<sub>2</sub> та його накопичення в атмосфері, що за даними Національної Океанічної та Атмосферної Адміністрації в США (National Oceanic and Atmospheric Administration in the USA) в середньому становить 408 ppm у квітні 2018 року і зросло на 20% за останні 50 років [1]. Для зменшення кількості викидів діоксиду вуглецю необхідне поєднання зусиль, починаючи від економії енергії до використання альтернативних джерел, а також внеску, так званих, технологій вловлювання та секвестрації (CCS) вуглецю з повторним його використанням у вигляді CO<sub>2</sub> (захоплення та переробка - CCR). Нині людство все більше дивиться у бік альтернативних джерел енергії. У літературних джерелах такий процес називається «дефазифікація». Альтернативою є використання сонячних, вітрових, геотермальних, гідроенергетичних джерел енергії. Питання полягає в тому, чи забезпечать вони необхідне навантаження для живлення промислових об'єктів та інших споживачів енергії (мегаполіси). Очевидно, що CO<sub>2</sub> повинно залишатися під пильною увагою людства незалежно від того чи є воно прямим дійовим фактором у зміні клімату, чи є "показником" впливу діяльності людини.

Таким чином, діоксид вуглецю сьогодні слід розглядати як сировину, яка може бути задіяна в промисловому масштабі через позитивну тенденцію реалізації напрямку під назвою "drop in", тобто такого, який може увійти до переліку важливих хімічних джерел на заміну нафти та природного газу. Саме каталітична конверсія CO<sub>2</sub> в хімічні речовини має вирішальне значення для пом'якшення кліматичних змін та зменшення залежності від невідновлюваних джерел енергії [2]. У всіх таких перетвореннях ключову роль відіграють два фактори: енергія та водень. Водень є матеріалом із достатнім запасом енергії і саме він є основним реагентом у процесах перетворення діоксиду вуглецю. Разом з тим, цінова політика на використання водню є обмежуючим фактором для перетворення великих об'ємів CO<sub>2</sub> в вуглеводневі продукти. Якщо ж водень добути із відновлюваних джерел, перетворення CO<sub>2</sub> здатне відкрити ключовий підхід у подоланні проблеми корисних копалин за рахунок накопичення і збереження енергії у вигляді хімічних продуктів та палив.

Одним із перспективних напрямків утилізації діоксиду вуглецю є застосування гідрогенізаційних процесів. Тому нами було проведено каталітичні дослідження гідрогенізації діоксиду вуглецю на композиційних мембранах з одержанням нижчих вуглеводнів. Розроблені мембранно-каталітичні композити – це поєднання активної каталітичної та протонопровідної складових, нанесених на термо-, хемостійкий гнучкий носій – тканину кевлар. Роль протонопровідної складової виконував продукт, який попередньо одержували синтезом окиснювальної дегідрополіконденсації ацетилену. Активні електроди мембранного композиту виготовляли із стандартних широкоживаних промислових каталізаторів: платинований оксид алюмінію (Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), платинований оксид алюмінію із добавкою кобальту (Pt/Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Дослідження каталітичних процесів проводили у лабораторному реакторі проточного типу. Внутрішній об'єм реактора було розділено на дві камери за допомогою композитної каталітичної мембрани. Процес гідрогенізації діоксиду вуглецю проводили у діапазоні температур 150–300 °С, тиску 1,0 МПа та мольному відношенні вихідної суміші n(CO<sub>2</sub>)/n(H<sub>2</sub>) = 1/1,18. Додатковим важелем на вплив активності каталізатора було застосовано принцип роботи "водневого насоса" [3].

Каталітичні дослідження активності мембранних каталізаторів проводили у двох порівняльних режимах: 1 – умови класичного каталізу (без накладання напруги постійного струму на електроди); 2 – із накладанням різниці потенціалів на електроди. Накладання зовнішньої різниці потенціалів давало можливість організувати крізь мембранний

каталізатор направлений потік протонів. Таким чином, накладання різниці потенціалів до металевих центрів каталізатора, які відіграють роль електродів, створювали направлений потік протонів з анодної камери у катодну крізь активні центри каталізатора. Перенос протонів у середині композитної мембрани здійснювався за допомогою гідратного оточення кислотних центрів каталізатора та вздовж системи кратних зв'язків у протонопровідному матеріалі [4].

Каталітичну активність мембранного композиту оцінювали за зміною складу газової фази із використанням газового хроматографа "Agilent". Було встановлено, що у продуктах реакції містяться тільки насичені вуглеводні метанового ряду: метан, етан, пропан, бутан і ізо-бутан.

Гідрогенізація CO<sub>2</sub> в умовах класичного каталізу показала, що платинованому оксиді алюмінію спостерігається лише процес гідрування із утворенням метану. Добавка кобальту у цей каталізатор в цих же умовах не дає різкого сплеску активності. Спостерігається лише зародження реакцій нарощування вуглецевого ланцюга, оскільки у продуктах з'являються похідні метанового ряду у слідових кількостях.

Проведення гідрогенізації діоксиду вуглецю в умовах створеного потоку протонів ("водневий насос") крізь мембрану, дозволило підвищити швидкість перетворення CO<sub>2</sub> майже у 3-4 рази. Тобто якщо в діапазоні 150-300 °C піддавалося перетворенню від 0,005 до 0,012 г CO<sub>2</sub> на 1 г каталізатора за 1 годину, то накладання напруги дозволило підняти вказані значення до 0,020 та 0,040 г відповідно, а склад продуктів реакції наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 - Розподіл продуктів реакції гідрогенізації діоксиду вуглецю у потоці протонів на платинованому γ-оксиді алюмінію.

T, °C	Вміст компоненту, %				
	Метан	Етан	Пропан	Бутан	Ізо-Бутан
150	95,0	3,0	1,5	0,1	0,4
200	90,0	5,0	3,0	0,5	1,5
250	86,0	7,0	3,5	0,8	2,7
300	86,2	4,0	2,5	2,8	4,5

Таким чином, зростання швидкості конверсії діоксиду вуглецю у присутності направленного потоку протонів порівняно з його відсутністю свідчить про підвищення активності композитних мембранних каталізаторів. Було показано, що саме направлений потік протонів зумовлює зміну складу одержуваних продуктів, що, у свою чергу, вказує на зміну механізму перебігу реакції. У даному випадку відбувається не тільки гідрування, а ще й нарощування вуглецевого ланцюга. Виходячи з цього можна припустити, що штучний потік протонів значною мірою посилює гідруючі властивості біфункціонального каталізатора і відповідно ініціює радикальний механізм перебігу процесу, що не характерно для низьких температур. Утворення радикалів при низьких температурах можна пояснити лише перебігом електродних процесів окиснення водню на аноді та відновлення протонів направленного потоку на катоді.

1. CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion. 2010 [Електронний ресурс] // , International Energy Agency. 2010. Режим доступу до ресурсу: <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>.
2. Aresta M., Karimi I., Kawi S. *An Economy Based on Carbon Dioxide and Water: Potential of Large Scale Carbon Dioxide Utilization*. Switzerland, 2019. 450 с. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15868-2>
3. Лидоренко Н.С., Мучник Г.Ф. *Электрохимические генераторы*. М., 1982. 448 с.
4. V.A. Bortyshevskyy, D.S. Kamenskyh, V.A. Yevdokymenko, R.V. Korzh, T.V. Tkachenko, S.L. Melnykova, V.G. Motorniy Synthesis of carbonic-nickel nanostructures and their application for proton pumps. *Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hydrogen System*. Part of the series NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. 2008. 137-150.

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТРАВІЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ХІМІЧНОГО ПОЛІРУВАННЯ ПОВЕРХНІ МОНОКРИСТАЛІВ $Zn_xCd_{1-x}Te$

*Климчук П.О.<sup>1</sup>, Тимов Ю.О.<sup>2</sup>, Чайка М.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Житомирський державний університет імені Івана Франка, [klim4ukpeta@gmail.com](mailto:klim4ukpeta@gmail.com)

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Напівпровідникові матеріали типу  $A^{II}B^{VI}$  володіють широким комплексом фізико-хімічних властивостей і є надзвичайно важливими елементами виробництва сучасних електронних пристроїв на їх основі. Зокрема, монокристали  $Zn_xCd_{1-x}Te$  є перспективним матеріалом для детекторів рентгенівського і  $\gamma$ -випромінювання. При створенні робочих елементів приладів сучасної електроніки особливо важливим є етап хімічної обробки монокристалів, головною метою якого є видалення порушеного шару, що утворюється в результаті попередніх механічних обробок, а також одержання полірованої, структурно досконалої та бездефектної поверхні. Для успішного вирішення цих проблем застосовуються різні методи хімічного травлення, одним із найбільш перспективних є хіміко-динамічне полірування (ХДП). На стабільність та відтворюваність процесу ХДП поверхні пластин з необхідним мікрорельєфом впливають такі технологічні чинники як: тривалість полірування, температура розчину, використовуваний пристрій для ХДП, гідродинамічні умови, відношення площі кристалу до об'єму травника, промивка, сушка та збереження. Важливою умовою отримання високоякісних, структурно досконалих поверхонь напівпровідникових підкладок є правильний вибір травильних композицій як для проміжних етапів хімічної обробки поверхні, так і для фінішного ХДП. Можна сформулювати дві головні вимоги до складу травників та техніки хімічного полірування поверхні напівпровідникових пластин [1]:

1. До складу травильного розчину обов'язково повинно входити такі компоненти кожен з яких має відповідну роль:

– окисник ( $HNO_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$ , галогени), необхідний для розриву ковалентних зв'язків напівпровідникового матеріалу;

– середовище (водні розчини кислот, лугів), що легко розчиняє продукти реакції;

– розчинник (розчини органічних кислот та модифікатори в'язкості), необхідний для утворення добре розчинних продуктів реакції.

Важливо підібрати таке співвідношення між компонентами травника, яке б забезпечувало стаціонарне розчинення у дифузійному або змішаному режимі з досягненням полірованої поверхні високого класу чистоти ( $R_z \leq 0,05$  мкм)

2. Техніка ХДП повинна забезпечувати лише пошарове та плоскопаралельне видалення поверхневих шарів, не погіршувати геометричних параметрів пластин, що можливо при використанні для ХДП методики диску, що обертається. Для розробки оптимальних гідродинамічних умов хімічного полірування напівпровідникових підкладок у розроблених розчинах найкращим є складання матриці планування експерименту з використанням методів математичного моделювання.

Для приготування травників необхідно поступово та послідовно додавати невеликими порціями компоненти з більшою густиною до розчинів з меншою густиною, швидко перемішуючи їх при цьому, та не допускати надмірного росту температури. Як правило, травильні розчини готують безпосередньо перед початком хімічного полірування і використовують після витримки протягом певного часу для дегазації розчину. Це необхідно для того, щоб уникнути утворення на полірованій поверхні різних дефектів (ямок, виступів).

Температура травника при хімічному поліруванні повинна бути постійною. Найкраще проводити травлення за кімнатної температури з точністю  $\pm 3$  К, оскільки швидкість розчинення при цьому найчастіше лімітується дифузійними стадіями. Варто зауважити, що під час полірування вона може зростати за рахунок теплоти, яка виділяється внаслідок гетерогенної хімічної взаємодії. Саме тому потрібно контролювати температуру розчину і за необхідності забезпечувати тепловідведення та підтримку ізотермічних умов.

Практично встановлено, що для уникнення впливу накопичених у розчині продуктів реакції та для підтримання ізотермічних умов і створення необхідних гідродинамічних умов для ламінарного руху потоку травника необхідно, щоб на  $1 \text{ см}^2$  поверхні припадало не менше  $10\text{-}15 \text{ см}^3$  розчину, а діаметр реакційної посудини був більший за діаметр пластини хоча б у 2-3 рази [1].

Завершальний етап хімічної обробки – відмивання підкладок у деіонізованій воді, стабілізація стану поверхні (обробка розчинами  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , лугів, органічних розчинників тощо), та висушування в потоці чистого і сухого повітря.

1. Луфт Б.Д. Физико-химические методы обработки поверхности полупроводников // Б.Д. Луфт, В.А. Перовициков, Л.Н. Возмилова, и др. – М. : Радио и связь, 1982. – 136 с.

## ФАЗОВІ РІВНОВАГИ У СИСТЕМАХ {Gd, Dy}–Cr–Ge ПРИ 1070 К

*Коник М.Б., Ромака Л.П., Яцків Ю.І., Стадник Ю.В.*

Львівський національний університет ім. Івана Франка, [mariya.konyk@lnu.edu.ua](mailto:mariya.konyk@lnu.edu.ua)

Дослідження взаємодії компонентів у потрійних системах дозволяє отримати відомості про взаємні розчинності компонентів за високих температур, склад і кристалічну структуру тернарних сполук, їхні області гомогенності та температурні межі існування. Отримані експериментальні дані є основою наукового пошуку нових матеріалів з унікальними і придатними для практичного використання фізико-хімічними властивостями.

Відомості про дослідження діаграм фазових рівноваг потрійних систем на основі рідкісноземельних металів ( $R$ ) за участю хрому і германію небагаточисельні. Результати дослідження кристалічної структури і магнітних властивостей двох серій ізоструктурних германідів:  $\text{RCr}_6\text{Ge}_6$  ( $R = \text{Y}, \text{Tb}\text{--}\text{Er}$ ) та  $\text{RCr}_x\text{Ge}_2$  ( $R = \text{Sm}, \text{Y}, \text{Gd}\text{--}\text{Er}$ ) наведено у працях [1–4]. Методами рентгенофазового, рентгеноструктурного і рентгеноспектрального аналізів досліджено взаємодію компонентів та побудовано ізотермічні перерізи діаграм стану потрійних систем  $\text{Y}\text{--}\text{Cr}\text{--}\text{Ge}$  [5] і  $\text{Er}\text{--}\text{Cr}\text{--}\text{Ge}$  [6] при 1070 К у повному концентраційному інтервалі. В обох системах утворюються по дві тернарні сполуки:  $\text{YCr}_6\text{Ge}_6$ ,  $\text{ErCr}_6\text{Ge}_6$  (структурний тип  $\text{MgFe}_6\text{Ge}_6$ ) та  $\text{YCr}_{0,23}\text{Ge}_2$ ,  $\text{ErCr}_{0,28\text{--}0,38}\text{Ge}_2$  (структурний тип  $\text{CeNiSi}_2$ ). Метою нашого дослідження є встановлення фазових рівноваг у потрійних системах {Gd, Dy}–Cr–Ge за температури 1070 К.

Синтез сплавів проводився методом електродугового сплавлення шихти вихідних компонентів (вміст основного компонента не нижчий за 99,9 мас. %) в атмосфері очищеного аргону з титановим гетером на мідному водоохолоджуваному поді. Для кращої гомогенізації зразки переплавлялись двічі. Втрати вихідної шихти після плавки не перевищували 1%. Термічна обробка сплавів полягала у гомогенізуючому відпалі при 1070 К у вакуумованих кварцових ампулах впродовж місяця. Після відпалу сплави гартували в холодній воді без розбивання ампули. Рентгенівський фазовий аналіз синтезованих зразків проводили за дифрактограмами, знятими на порошковому дифрактометрі ДРОН-4,0 (Fe  $K\alpha$ -випромінювання) методом порівняння з теоретичними дифрактограмами. Хімічний і фазовий склад виготовлених зразків контролювали методом енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії (ЕДРС) у поєднанні з растровим електронним мікроскопом-мікроаналізатором РЭММА-102-02 (використані  $K$ - і  $L$ -спектральні лінії). Розрахунок кристалографічних параметрів і теоретичних дифрактограм проводився з використанням комплексу програм WinCSD.

Фазові рівноваги у потрійних системах {Gd, Dy}–Cr–Ge при 1070 К досліджені за допомогою рентгенофазового і енергодисперсійного рентгеноспектрального аналізів. За температури дослідження в обох системах підтверджено існування сполук, які належать до структурних типів  $\text{MgFe}_6\text{Ge}_6$  і  $\text{CeNiSi}_2$ . Розраховані періоди ґратки узгоджуються з літературними даними [1, 3]. У системі з гадолінієм вперше виявлено існування тернарної

сполуки  $Gd_{117}Cr_{52}Ge_{112}$ . Кристалографічні характеристики сполук систем  $\{Gd, Dy\}-Cr-Ge$  наведено в таблиці.

Таблиця

Кристалографічні характеристики тернарних сполук систем  $\{Gd, Dy\}-Cr-Ge$

Сполука	Просторова група	Структурний тип	Періоди ґратки, нм		
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
$GdCr_6Ge_6$	<i>P6/mmm</i>	$MgFe_6Ge_6$	0,5177(7)		0,8283(2)
$GdCr_{1-x}Ge_2$	<i>Cmcm</i>	$CeNiSi_2$	0,4158(1)	1,6125(4)	0,4028(1)
$Gd_{117}Cr_{52}Ge_{112}$	<i>Fm-3m</i>	$Tb_{117}Fe_{52}Ge_{112}$	2,8971(6)		
$DyCr_6Ge_6$	<i>P6/mmm</i>	$MgFe_6Ge_6$	0,5163(1)		0,8272(3)
$DyCr_{1-x}Ge_2$	<i>Cmcm</i>	$CeNiSi_2$	0,4141(3)	1,5884(4)	0,4019(3)

Помітною розчинністю третього компонента характеризується германід  $Gd_5Ge_3$  (структурний тип  $Mn_5Si_3$ ), який розчиняє до 5 ат. % хрому ( $a = 0,8593$ ,  $c = 0,6377$  нм  $Gd_5Ge_3$ ;  $a = 0,8597(3)$ ,  $c = 0,6428(7)$  нм для зразка складу  $Gd_{62,5}Cr_5Ge_{32,5}$ ). Розчинність третього компонента в інших бінарних сполуках не перевищує 1 ат. %.

Отримані результати свідчать, що спільним для досліджених у повному концентраційному інтервалі систем  $\{Y, Gd, Dy, Er\}-Cr-Ge$  є утворення дефектних по хрому германідів  $RCr_{1-x}Ge_2$  зі структурою типу  $CeNiSi_2$  та сполук  $RCr_6Ge_6$ , які належать до структурного типу  $MgFe_6Ge_6$ . За кількістю тернарних сполук відрізняється система з гадолінієм, що вказує на вплив природи рідкісноземельного металу на взаємодію компонентів.

1. Brabers J.H.V.J., Buschow K.H.J., de Boer F.R., Magnetic properties of  $RCr_6Ge_6$  compounds // J. Alloys Compd. – 1994. – Vol. 205. – P. 77–80.

2. Schobinger-Papamantellos P., Rodriguez-Carvajal J., Buschow K.H.J., Ferrimagnetism and disorder in the  $RCr_6Ge_6$  compounds (R=Dy, Ho, Er, Y): A neutron study // J. Alloys Compd. – 1997. – Vol. 256. – P. 92–96.

3. H. Bie, A. Tkachuk, A. Mar, Structure and magnetic properties of rare-earth chromium germanides  $RECr_xGe_2$  ( $RE=Sm, Gd-Er$ ) // J. Solid State Chemistry. 2009. – Vol. 182. – P. 122–128.

4. A. Gil, D. Kaczorowski, B. Penc, A. Hoser, A. Szytula, Magnetic and transport properties of  $RCr_{0,3}Ge_2$  (R=Tb, Dy, Ho and Er) compounds // J. Solid State Chem. – 2011. – Vol. 184. – P. 227–235.

5. М. Коник, Л. Ромака, Л. Orovčik, В.В. Ромака, Ю. Стадник, Система  $Y-Cr-Ge$  при 1070 К // Вісн. Львів. унів. Сер. хім. – 2019. – Вип. 60(1). – С. 38–47.

6. М. Кону́к, Л. Ромака, Ю. Стадник, В.В. Ромака, Р. Серкіз, А. Норын,  $Er-Cr-Ge$  ternary system // Phys. Chem. Solid State. – 2019. – Vol. 20. – N 4. – P. 376–383.



## ВЗАЄМОДІЯ ОКСИДІВ ЦИРКОНІЮ, ЛАНТАНУ ТА САМАРІЮ ПРИ ТЕМПЕРАТУРІ 1500 °С

<sup>1</sup>Корнієнко О.А., <sup>1</sup>Самелюк А.В., <sup>1</sup>Биков О.І., <sup>1</sup>Стеценко В.П., <sup>2</sup>Спасьонова Л.М.

<sup>1</sup>Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України,

<sup>2</sup>Національний технічний університет ім. Ігоря Сікорського

«Київський політехнічний інститут», [Kornienkooksana@ukr.net](mailto:Kornienkooksana@ukr.net)

Створення сучасних технологій в області авіації, ракетобудування, ядерної енергетики потребує розробки ефективних методів отримання високотемпературних керамічних матеріалів. Цирконати рідкісноземельних елементів зі структурою типу пірохлору з загальною формулою  $\text{Ln}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$  (де  $\text{Ln} = \text{La}^{3+}$  та  $\text{Sm}^{3+}$ ) привертають велику увагу в якості матеріалів для термобар'єрних покриттів, за рахунок таких властивостей як висока температура плавлення, фазова стабільність в широкому інтервалі температур, низька теплопровідність (в порівнянні з цирконієм стабілізованим ітрієм), низька хімічна активність, низький тиск пару при високих температурах [1-4]. Діаграма стану системи  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Sm}_2\text{O}_3$  є фізико-хімічною основою для створення матеріалів термобар'єрних покриттів. Дані про термодинамічну стабільність твердих розчинів на основі оксидів цирконію, лантану та гадолінію у літературі відсутні, що обумовлює необхідність дослідження фазових рівноваг у потрійній системі  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Sm}_2\text{O}_3$ .

В даній роботі вперше за допомогою методу рентгенофазового аналізу досліджено фазові рівноваги та фізико-хімічні властивості фаз, утворених в потрійній системі  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Eu}_2\text{O}_3$  при температурі 1500 °С у всьому інтервалі концентрацій. В якості вихідних речовин використовували азотнокислу сіль цирконію  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  з вмістом основного компоненту 99.99 % та азотну кислоту марки «ЧДА». Зразки готували з концентраційним кроком 1-5 мол. % з розчинів азотнокислих солей з послідовним випарюванням, сушкою та прожарюванням при 1200 °С протягом 2 год. Термообробку зразків проводили у дві стадії: у печі з нагрівачами Н23У5Т (фехраль) при 1100 °С протягом 2928 год. і у печі з нагрівачами з дисиліциду молібдену ( $\text{MoSi}_2$ ) при 1500 °С протягом 55 год. на повітрі. Зразки нагрівали від кімнатної до потрібної температури із швидкістю 3 град/хв. Випал зразків був неперервним. Охолодження проводили разом з піччю.

Дослідження твердофазної взаємодії  $\text{La}_2\text{O}_3$  (гексагональна модифікація, А) та  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  (моноклінна модифікація В-оксидів рідкоземельних елементів), при 1500 °С показали, що в системі  $\text{La}_2\text{O}_3\text{—Sm}_2\text{O}_3$  утворюються два типи твердих розчинів: на основі гексагональної модифікації А— $\text{La}_2\text{O}_3$ , та моноклінної модифікації В— $\text{Sm}_2\text{O}_3$ , які розділені двофазним полем (А + В). Розчинність  $\text{La}_2\text{O}_3$  в В-модифікації  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  складає 21 мол. % при 1500 °С. Параметри елементарної комірки збільшуються від  $a = 1.4177$  нм,  $b = 0.3619$  нм,  $c = 0.8847$  нм,  $\beta = 99.96$  для чистого  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  до  $a = 1.4502$  нм,  $b = 0.3669$  нм,  $c = 0.8998$  нм,  $\beta = 91.29$  (1500 °С) для граничного складу твердого розчину, що містить 20 мол. %  $\text{La}_2\text{O}_3$  -80 мол. %  $\text{Sm}_2\text{O}_3$ .

У потрійній системі  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Sm}_2\text{O}_3$  при 1500 °С нові фази не виявлені. Характер фазових рівноваг в системі визначає будова обмежуючих подвійних систем. При 1500 °С в системі  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Sm}_2\text{O}_3$  утворюються поля твердих розчинів на основі кубічної (F) модифікацій із структурою типу флюориту  $\text{ZrO}_2$ , моноклінної (В) модифікації  $\text{Sm}_2\text{O}_3$ , гексагональної (А) модифікації  $\text{La}_2\text{O}_3$ , тетрагональної (Т) модифікації  $\text{ZrO}_2$  та упорядкованої фази типу пірохлору  $\text{Ln}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$  (Ру).

Характерною особливістю ізотермічно перерізу системи  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Sm}_2\text{O}_3$  при 1500 °С є утворення неперервного ряду твердих розчинів на основі фази типу пірохлору  $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$  ( $\text{Sm}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ ).

Твердий розчин на основі кубічної модифікації із структурою типу флюориту існує в рівновазі з усіма фазами, що спостерігаються в системі (при 1500 °С). Подібно тому, як в подвійній системі  $\text{ZrO}_2\text{-Sm}_2\text{O}_3$  спостерігали розрив розчинності фази F- $\text{ZrO}_2$  в області існування сполуки  $\text{Ln}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ , поле твердих розчинів на основі флюориту в потрійній системі, також зазнає розриву в області утворення упорядкованої фази типу пірохлору (Ру). Границі

області гомогенності F-фази проходять від відповідних координат в обмежуючій подвійній системі  $ZrO_2-Sm_2O_3$  (65-49 мол. %  $Sm_2O_3$  і 27-21 мол. %  $Sm_2O_3$ ).

В області багатій  $La_2O_3$  в дослідженій системі повинні утворюватися тверді розчини на основі  $A-La_2O_3$ , однак оксид лантану на повітрі гідратує і замість гексагональної фази  $La_2O_3$  спостерігали утворення гідроксиду лантану. Область гомогенності вище вказаних твердих розчинів увігнута в напрямку кута з великим вмістом оксиду лантану. Тверді розчини  $A-La_2O_3$  перебувають в рівновазі лише з твердими розчинами на основі  $B-Gd_2O_3$  та  $Ln_2Zr_2O_7$  (Py) та існують в двофазних (A+Py), (A+B) та трифазній (A+B+Py) областях.

Ізотермічний переріз діаграми стану системи  $ZrO_2-La_2O_3-Sm_2O_3$  при 1500 °C характеризується утворенням трьох трифазних областей (A+Py+B, B+Py+F, Py+F+T) та восьми двофазних (Py+T, T+F, F+Py, F+B, Py+B, A+B, A+Py).

1. Vorozhtcov V.A. Vaporization and thermodynamic properties of lanthanum hafnate / V. A. Vorozhtcov, V. L. Stolyarova, S. I. Lopatin, E. P. Simonenko, N. P. Simonenko, K. A. Sakharov, V. G. Sevastyanov, N. T. Kuznetsov // J. Alloys Compd. – 2018. – Vol. 735 – pp. 2348–2355

2. Kwon, Chang-Sup; Lee, Sung-Min; Oh, Yoon-Suk; Kim, Hyung-Tae; Jang, Byung-Koog; Kim, Seongwon Preparation of Suspension in  $La_2O_3-Gd_2O_3-ZrO_2$  System via Planetary Mill and Characteristics of  $(La_{1-x}Gd_x)_2Zr_2O_7$  Coatings Fabricated via Suspension Plasma Spray

3. Kwon, Chang-Sup; Lee, Sung-Min; Oh, Yoon-Suk; Kim, Hyung-Tae; Jang, Byung-Koog; Kim, Seongwon Phase Evolution and Thermal Conductivities of  $(La_{1-x}Gd_x)_2Zr_2O_7$  Oxides for Thermal Barrier Coatings // Journal of Korean Powder Metallurgy Institute – 2012-Vol. 19 - P.429-434.

4. Kwon Chang-Sup, Lee Sung-Min, Oh Yoon-Suk, Kim Hyung-Tae, Jang Byung-Koog, Kim Seongwon Structure and Thermal Conductivity of Thermal Barrier Coatings in Lanthanum/Gadolinium Zirconate System Fabricated via Suspension Plasma Spray // Journal of the Korean institute of surface engineering Vol. 47, P.316-322, 2014

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТІВ НЕМОДИФІКОВАНОГО ТА ГІДРИДСИЛІЛЬОВАНОГО ПРОГЕННОГО КРЕМНЕЗЕМУ З КАВОВОЮ КИСЛОТОЮ МЕТОДАМИ ІЧ СПЕКТРОСКОПІЇ ТА ТЕРМОГРАВІМЕТРІЇ

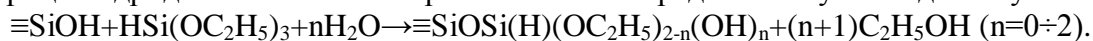
*Кузема П.О., Лагута І.В., Ставинська О.М., Борисенко М.В., Тьортих В.А.*

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, [coralchance@gmail.com](mailto:coralchance@gmail.com)

Відомо, що пірогенний кремнезем (ПК) є ефективним адсорбентом токсинів та носієм біологічно активних речовин, біодоступність яких може покращуватись у його присутності. Хімічне модифікування поверхні кремнезему розширює його функціональні можливості. Так, виявлено, що гідридсилільований кремнезем (ГПК) володіє відновними властивостями у водному середовищі, зокрема, по відношенню до катіонів благородних металів. Кавова кислота (КК), як потужний відновлювач, є привабливим модельним об'єктом для створення композитів антиоксидантної дії з кремнеземом. Метою даної роботи було синтезувати композити ПК і ГПК з кавовою кислотою (ПК-КК та ГПК-КК, відповідно) та дослідити їх методами ІЧ спектроскопії та термогравіметрії.

ГПК було одержано обробкою ПК триетоксисиланом. Наявність прищеплених кремнійгідридних груп підтверджено методом ІЧ спектроскопії, а їхня концентрація, визначена методами титриметрії та спектрофотометрії, склала приблизно 0,4 ммоль/г. Композити ПК-КК і ГПК-КК одержано осадженням КК на поверхню відповідного кремнезему з розчину етанолу. Концентрація КК у композитах була 150 мг/г. ІЧ спектри реєстрували з використанням спектрофотометра Thermo Nicolet Nexus в інтервалі хвильових чисел 4000-400  $cm^{-1}$ . Для реєстрації спектрів зразки кремнеземів та композитів змішували з  $KBr$  у співвідношенні 1:10, КК – у співвідношенні 1:30. Термогравіметричний та диференційний термогравіметричний аналіз зразків проводили з використанням дериватографа MOM Q-1500 (Paulik and Erdey, Угорщина) в інтервалі температур 20-1000°C.

Процес гідридсилілювання поверхні ПК можна представити у вигляді наступної схеми:



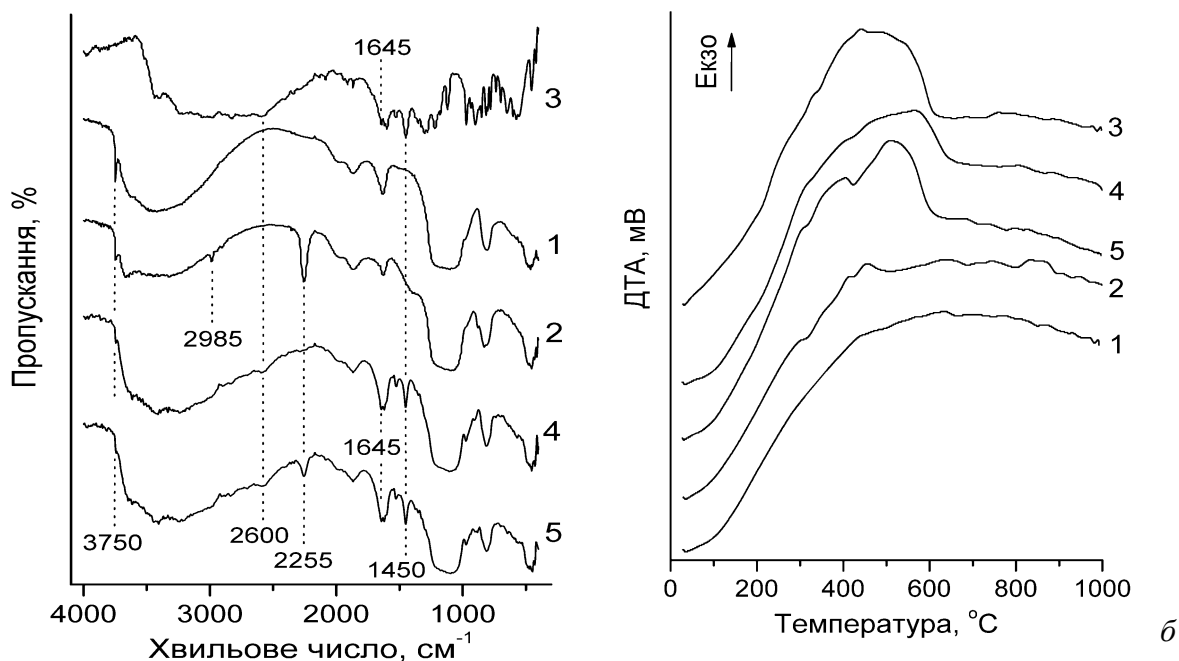
Наявність трьох етоксигруп у молекулі силілюючого агента під час його хемосорбції може приводити до утворення різноманітних поверхневих структур у результаті моно-, бі- або тридентатного закріплення на поверхні кремнезему. При контакті з водою прищеплені етоксигрупи можуть гідролізувати з утворенням силанольних груп.

На рисунку *a* представлено ІЧ спектри ПК, ГПК, КК та композитів ПК-КК або ГПК-КК. У спектрі ПК (крива 1) наявна виражена вузька смуга поглинання в області  $3750\text{ cm}^{-1}$ , характерна для валентних коливань О-Н у вільних силанольних групах. Ця смуга реєструється і у спектрі ГПК (крива 2). Зменшення її інтенсивності порівняно з ПК вказує на заміщення частини силанольних груп внаслідок гідридсилілювання. Наявність смуг поглинання в області  $2255\text{ cm}^{-1}$  (інтенсивна, валентні коливання Si-H) і  $2985\text{ cm}^{-1}$  (малоінтенсивна, валентні коливання С-Н) свідчить про наявність у поверхневому шарі ГПК прищеплених кремнійгідридних груп і залишкових етоксисилільних груп, відповідно. В ІЧ спектрі кавової кислоти (крива 3) варто відзначити смугу поглинання в області  $1645\text{ cm}^{-1}$  (валентні коливання C=O в асоціатах КК), а також смуги  $1450\text{ cm}^{-1}$  (деформаційні коливання С-Н) і  $2600\text{ cm}^{-1}$  (коливання О-Н у димерах КК). Ці смуги проявляються і у спектрах композитів ПК-КК (крива 4) і ГПК-КК (крива 5), що є свідченням перебування КК на поверхні кремнезему переважно у вигляді димерів та асоціатів. Зменшення інтенсивності смуги поглинання в області  $3750\text{ cm}^{-1}$  у спектрах композитів можна пояснити участю силанольних груп у побудові поверхневих комплексів з молекулами КК. Слід також відмітити зменшення інтенсивності смуги поглинання кремнійгідридних груп ( $2255\text{ cm}^{-1}$ ) після нанесення КК на поверхню ГПК (крива 5), що є ознакою часткового їх гідролізу в результаті контакту із залишками води в розчиннику.

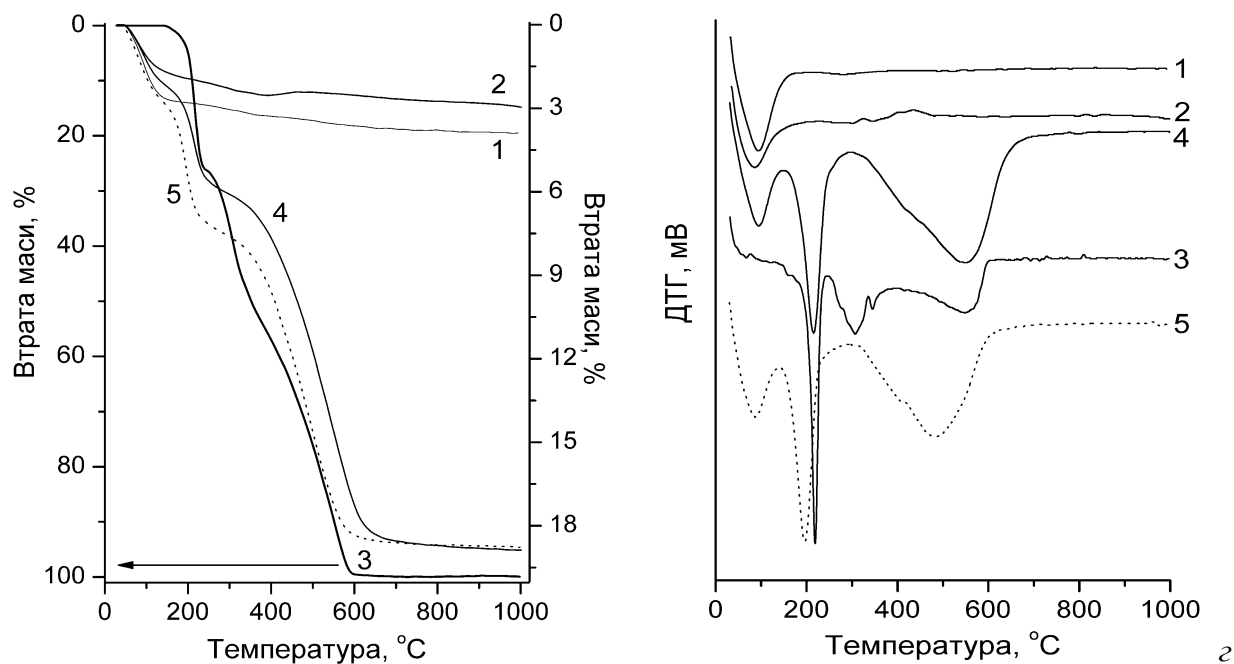
Термогравіметричний аналіз (ТГА) немодифікованого ПК (рис. *b-2*, криві 1) демонструє один виражений пік втрати маси ( $25\text{-}150^\circ\text{C}$ ) з максимумом в області  $100^\circ\text{C}$ , який супроводжується слабким ендо-ефектом і пов'язаний з видаленням фізично сорбованої води.

В подальшому, незначна втрата маси може бути спричинена видаленням міцно зв'язаної води та води, утвореної в результаті конденсації поверхневих силанольних груп. Загальна втрата маси склала  $3,9\%$ , з них близько двох третин ( $2,7\%$ ) припадає на температуру до  $150^\circ\text{C}$ . У цьому інтервалі температур у випадку гідридкремнезему спостерігається аналогічна поведінка кривих ТГА (рис. *b-2*, криві 2), проте втрата маси є вдвічі меншою ( $1,7\%$ ), що може бути пов'язано з гідрофобністю прищеплених кремнійгідридних груп та залишкових етоксигруп, які виступають більш слабкими центрами адсорбції для молекул води при контакті зразка з вологим повітрям. Ще одна відмінність – зростання маси зразка в інтервалі температур  $400\text{-}465^\circ\text{C}$  (крива ТГ 2). Цей процес супроводжується екзо-ефектом (крива ДТА 2) і пов'язаний з окисненням кремнійгідридних груп:  $\equiv\text{SiH} + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \equiv\text{SiOH}$ , що додатково підтверджує їх перебування в хемосорбованому стані на поверхні кремнезему. Загальна втрата маси –  $3,2\%$ , з них близько половини ( $1,7\%$ ) припадає на температуру до  $150^\circ\text{C}$  і складає основну різницю між загальною втратою маси обох кремнеземів (близько  $1\%$ ).

ТГА кавової кислоти у конденсованому стані (рис. *b-2*, криві 3) демонструє декілька виражених температурних зон. Перша з них (втрата маси  $26,3\%$ ,  $150\text{-}250^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{max(ДТГ)}} = 219^\circ\text{C}$ ) характеризується втратою зразком маси за рахунок видалення  $\text{CO}_2$  ( $24,5\%$  теор.), а також незначної кількості  $\text{H}_2\text{O}_2$  та, імовірно,  $\text{H}_2\text{O}$  в результаті процесів декарбоксілювання [1, 2], (ауто)окиснення [2] та конденсації за участю фенольних груп, відповідно. У цьому температурному інтервалі відбуваються також процеси олігомеризації та циклізації декарбоксілюваних сполук, що не супроводжуються втратою маси та вираженими тепловими ефектами.



a



б

**Рисунок.** ІЧ спектри (а), ДТА (б), ТГ (в) і ДТГ (з) криві: 1 – ПК; 2 – ГПК; 3 – КК; 4 – ПК-КК; 5 - ГПК-КК

На другій стадії (втрата маси 30,7%, 250-400°C,  $T_{\max(\text{ДТГ})} = 307^\circ\text{C}$ ), імовірно, переважають процеси видалення пірокатехіну (30,5% теор.) та/або *o*-бензохінону (30% теор.) в результаті їх відщеплення від ланцюгів олігомеризованих структур. Відсутність виражених екзо-ефектів у цій температурній області (рис. б, крива 3, [3]) свідчить про відсутність інтенсивних процесів термоокиснення на цій стадії термолізу. Ці процеси інтенсифікуються на третій стадії термічного розкладу КК (втрата маси 43%, 400-600°C,  $T_{\max(\text{ДТГ})} = 548^\circ\text{C}$ ), супроводжуються вираженим екзо-ефектом (ДТА крива 3, [3]) і, на нашу думку, пов'язані з видаленням  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  та інших легких продуктів термічного окиснення нелетких вуглецевмісних сполук аж до повної втрати маси зразка.

Характер термолізу композитів вихідного і модифікованого кремнезему з нанесеною КК (рис. б-з, криві 4, 5, відповідно) відрізняється від такого для чистої КК. На першій стадії (150-300°C) виражений пік на кривих ДТГ 4 і 5 (215 і 195°C, відповідно) характеризує декарбоксілювання КК. На цій стадії також, імовірно, відбувається перехід молекул КК з асоційованого та адсорбованого у хемосорбований стан на поверхні кремнезему за рахунок конденсації гідроксилів фенольних та карбоксильних груп з силанольними групами поверхні [1]. Це перешкоджає перебігу процесу олігомеризації декарбоксильованої КК на поверхні кремнезему з підвищенням температури, і, відповідно, пік, характерний для вільної КК ( $T_{\max(\text{ДТГ})} = 307^\circ\text{C}$ ) і віднесений нами до видалення пірокатехіну та/або *o*-бензохінону в результаті їх відщеплення від олігомерних ланцюгів декарбоксильованої КК, відсутній на ДТГ кривих 4 та 5 (рис. з). Втрати маси в інтервалі температур 330-700°C ( $T_{\max(\text{ДТГ})} = 480^\circ\text{C}$  і  $550^\circ\text{C}$  відповідно для ГПК-КК і ПК-КК) може характеризувати термічний розклад хемосорбованих молекул КК з відщепленням як окремих фрагментів цих молекул, так і легких продуктів їх термоокиснення. Загальна втрата маси для композитів становить близько 19%, що приблизно складає суму втрати маси за рахунок видалення легких продуктів повної термічної деградації КК (вміст КК 15%) та втрати маси кремнеземом (видалення води та залишків сорбованого розчинника, близько 4%).

Таким чином, методом ІЧ спектроскопії підтверджено наявність кремнійгідридних груп на поверхні гідридсилільованого кремнезему та у композиті на його основі з кавовою кислотою. При цьому виявлено, що у композитах кавова кислота при концентрації 150 мг/г перебуває на поверхні вихідного та модифікованого кремнеземів переважно у формі димерів та, можливо, асоціатів, а її молекули беруть участь у формуванні водневих зв'язків з силанольними групами. Методом ТГА показано, що поверхня кремнезему впливає на механізм термоокиснювальної деструкції кавової кислоти, при цьому гідридсилілювання поверхні впливає і на кінетику цього процесу, підвищуючи швидкість процесів декарбоксілювання та термоокиснення кавової кислоти.

1. Kulik T.V. et al. Thermal transformation of bioactive caffeic acid on fumed silica seen by UV-Vis spectroscopy, thermogravimetric analysis, temperature programmed desorption mass spectrometry and quantum chemical methods // *J. Colloid Interface Sci.* – 2016. – 470. – P. 132–141.

2. Stadler R.H., Welti D.H., Stämpfli A.A., Fay L.B. Thermal decomposition of caffeic acid in model systems: identification of novel tetraoxygenated phenylindan isomers and their stability in aqueous solution // *J. Agric. Food Chem.* – 1996. – 44, N 3. – P. 898–905.

3. Santos N.A. et al. Commercial antioxidants and thermal stability evaluations // *Fuel.* – 2012. – 97. – P.638–643.

## ОДЕРЖАННЯ ТА СТРУКТУРА ІЄРАРХІЧНИХ ЦЕОЛІТІВ – КАТАЛІЗАТОРІВ РІЗНОМАНІТНИХ КИСЛОТНО-ОСНОВНИХ ОРГАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*Курмач М.М., Третяк М.Р., Лозовицька О.І., Конишева К.М., Яремов П.С., Швець О.В.*  
Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України: [mazinator3710@ukr.net](mailto:mazinator3710@ukr.net)

Одним з перспективних напрямків сучасного матеріалознавства є створення матеріалів з розвиненою зовнішньою поверхнею для перетворення об'ємних молекул. Ієрархічні цеоліти поєднують характерну для цеолітів мікропористість з внутрішньо- або міжкристалітною мезопористістю. Такі матеріали характеризуються вищими значеннями питомої зовнішньої поверхні та об'єму мезопор в порівнянні з традиційними аналогами, за рахунок чого проявляють високу активність в ряду кислотно-основних та окисно-відновних процесів за участю об'ємних молекул. В даній роботі представлені результати дослідження каталітичних властивостей ієрархічних цеолітів в різних процесах тонкого органічного синтезу.

Для одержання ієрархічних цеолітів обрано метод гідротермального синтезу з використанням полічетвертинних амонійних солей (Gemini-ПАР) як структуро-спрямовуючих агентів (ССА). Вказані молекули виконують одночасно роль структуро-спрямовуючих агентів, сприяючи утворенню певної цеолітної структури; та роль обмежувача росту кристалу в одному чи декількох напрямках, що забезпечується за рахунок наявності в матеріалах гідрофобних алкільних хвостів C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub>. При варіюванні структури темплату та складу реакційних середовищ одержано ряд ієрархічних цеолітів з різною топологією та морфологією зокрема шаруваті нанокристали цеолітів BEA, MTW та MOR, голчасті нанокристали цеолітів MTW та MOR, а також наногубки цеолітів BEA та MTW. Значне зменшення розмірів частинок ієрархічних цеолітів дозволяє суттєво збільшити значення питомої зовнішньої поверхні та об'єму мезопор в порівнянні з «традиційними» аналогами та досягають значень 700 м<sup>2</sup>·г<sup>-1</sup> та 1,4 см<sup>3</sup>·г<sup>-1</sup>, відповідно. Матеріали характеризуються високою доступністю активних центрів для об'ємних молекул, що досягає 85%.

Тип та концентрація ізоморфно введених елементів в цеолітній решітці цеоліту визначає співвідношення концентрацій кислотних центрів Льюїса та Бренстеда та каталітичні властивості одержаних матеріалів. Зокрема, Ga- та В-вмісні ієрархічні цеоліти характеризуються високою селективністю в процесах дегідратації 2-бромінденолу (вихід більше 96%), в той час як Al-вмісні є більш селективними в процесах за участю похідних 2-бромінденолу. В свою чергу, за рахунок наявності сильних кислотних центрів Al-вмісні ієрархічні цеоліти характеризуються високою активністю в процесах одержання диетоксиетану та інших ацеталей, синтезу кумаринів за реакцією Пехмана. Доповані нікелем ієрархічні Al-MFI та Al-MOR виявляють високу селективність за 2,2- та 2,3-диметилбутаном в процесі гідроізомеризації n-гексану.

Ti-, Sn- та Zr-вмісні цеоліти є ефективними каталізаторами ряду процесів, що проходять на кислотних центрах Льюїса. Зокрема, ієрархічні цеоліти AlSn- та AlZr-BEA проявляють високу активність в процесі перетворення 4-метоксибензальдегіду в 1-(2-бутилметил)-4-метоксибензол, що проходить у 2 стадії: на першій стадії відбувається відновлення альдегіду до спирту за реакцією Меєрвейна-Пондорфа-Верлея, а на другій стадії відбувається утворення етеру за рахунок взаємодії утвореного спирту з надлишком 2-бутанолу. Виявлено високу активність допованих оксидами міді ієрархічних цирконійсилікатних цеолітів (Cu/Zr-MTW) в процесі перетворення етанолу в 1,3-бутадієн за процесом Лебедева. Селективність за 1,3-бутадієном для найкращих зразків досягає 81% при конверсії етанолу 61%. Cs, Mg, Zn, Ti-вмісні ієрархічні цеоліти є ефективними каталізаторами одержання 2-аміногіофенів в реакції Гевальда.

# ДОПОВАНІ ОСНОВНИМИ ОКСИДАМИ (Cs, Mg, Zn) ІЄРАРХІЧНІ ЦЕОЛІТИ ВЕА ЯК ЕФЕКТИВНІ КАТАЛІЗАТОРИ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ 2-АМІНОТІОФЕНІВ ЗА РЕАКЦІЄЮ ГЕВАЛЬДА

Курмач М.М., Третьяк М.Р., Швець О.В.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України: [mazinator3710@ukr.net](mailto:mazinator3710@ukr.net)

Реакція Гевальда – одержання 2-амінотіофенів з циклічних кетонів, сірки та малонодінітрилу перебігає у 2 стадії: на першій стадії відбувається утворення різних за структурою аддуктів – продуктів реакції Кневенагеля між кетоном та малонодінітрилом, який взаємодіючи з сіркою призводить до утворення кінцевого продукту. Перша стадія процесу проходить як на кислотних, так і основних центрах, в той час як друга стадія – виключно на основних центрах. Перспективними каталізаторами даного процесу є ієрархічні цеоліти, доповані основними оксидами. За рахунок розвинутої зовнішньої поверхні цеолітних матриць можна очікувати високу дисперсність частинок оксидів основних металів в цеолітах та їх доступність молекул для об'ємних 2-амінотіофенів.

Синтез вихідних матриць – ієрархічних цеолітів проводили методом гідротермального синтезу з використанням полічетвертинних амонійних солей (Gemini-ПАР) як структуро-спрямовуючих агентів (ССА). Вказані сполуки виконують одночасно роль структуро-спрямовуючих агентів, спряючи утворенню певної цеолітної структури; та роль обмежувача росту кристалу в одному чи декількох напрямках, що забезпечується за рахунок наявності в матеріалах гідрофобних алкільних хвостів C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub>. Значне зменшення розмірів частинок ієрархічних цеолітів дозволяє суттєво збільшити значення питомої зовнішньої поверхні та об'єму мезопор в порівнянні з «традиційними» аналогами та досягають значень 700 м<sup>2</sup>·г<sup>-1</sup> and 1,4 см<sup>3</sup>·г<sup>-1</sup>, відповідно. В роботі досліджені цезієві форми ієрархічних цеолітів, синтезовані шляхом іонного обміну натрієвих форм ієрархічних цеолітів; та доповані оксидами магнію, цинку, що одержували просоченням цеолітних матриць відповідними солями. Каталітичні властивості синтезованих матеріалів досліджено в процесі перетворення циклогексанону (1) в 2-аміно-4,5,6,7-тетрагідробензо[*b*]тіофен-3-карбонітрил (3), схема процесу представлена на рисунку 1. Високий вихід цільового продукту досягається для Cs- та Mg-вмісних ієрархічних цеолітів структурного типу ВЕА, причому у випадку іонообмінних форм Cs-ВЕА (наногубки) досягається кількісне перетворення кетону у цільовий продукт.

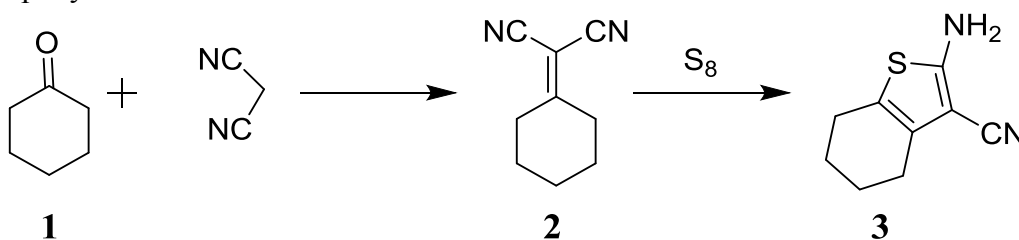


Рисунок 1. Перетворення циклогексанону в 2-аміно-4,5,6,7-тетрагідробензо[*b*]тіофен-3-карбонітрил (3)

Таблиця 1 – Каталітичні властивості Cs-, Mg- та Zn-вмісних цеолітів ВЕА в процесі перетворення циклогексанону (1) в 2-аміно-4,5,6,7-тетрагідробензо[*b*]тіофен-3-карбонітрил (3)

Зразок	Конверсія 1, %	Селективність за продуктами, %			Вихід 3, %
		3	2	Інші	
CsAl-ВЕА_нш	96,48	99,11	0,69	0,20	95,61
CsAl-ВЕА_нгуб	100,00	100,00	0,00	0,00	100
ZnO/Al-ВЕА_нш	93,35	42,93	55,11	1,97	40,07
MgO/Al-ВЕА_нш	95,59	97,91	2,02	0,07	93,58



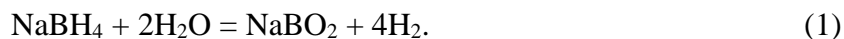
## ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ ШЛЯХОМ ГІДРОЛІЗУ БОРГІДРИДУ НАТРІЮ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

*Кущий А.В., Манілевич Ф.Д., Пірський Ю.К., Панчишин Т.М.*

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,  
[kutsyi@ionc.kiev.ua](mailto:kutsyi@ionc.kiev.ua)

Водень є ефективним енергоносієм, а також сировиною та реактивом, що має цінні, перш за все, енергетичні та відновлювальні властивості і широко використовується в різних галузях промисловості. Протягом останніх десятиліть активно розвивається воднева енергетика, яка базується на використанні водню в якості енергоємного і екологічно чистого енергоносія і пального. Розширення областей і збільшення об'ємів використання водню потребує вдосконалення технологій його одержання, накопичення і зберігання. У зв'язку з активним використанням водню в паливних комірках, які живлять електричним струмом автономні і мобільні електричні та електронні апарати, особливу увагу привертає спосіб одержання водню з використанням енергоакумулюючих речовин (ЕАР), тобто речовин, які можуть бути багаторазово відновлені з природних та штучних сполук і здатні за певних умов віддавати акумульовану в них енергію [1]. Такими умовами можуть бути хімічна взаємодія ЕАР з водою (реакція гідролізу) або суто фізична дія на них. Одержання водню шляхом гідролізу ЕАР здійснюють в генераторах водню гідролізного типу. Такі генератори, як правило, є автономними, портативними і зручними для генерації водню безпосередньо у місці його використання. При їх застосуванні усуваються значні проблеми, пов'язані з накопиченням, зберіганням і транспортуванням водню.

Для одержання водню шляхом гідролізу в якості ЕАР можуть використовуватись бінарні та комплексні гідриди металів ( $MgH_2$ ,  $NaBH_4$ ,  $LiBH_4$  та ін.) і метали, здатні вступати в реакцію з водою, (Al, Mg та ін.) та їх сплави [2]. Однією з найбільш продуктивних гідролітичних реакцій одержання водню є взаємодія з водою боргідриду натрію згідно з наступним рівнянням:



Швидкість цієї реакції залежить від багатьох параметрів: температури, рН середовища, кількості і дисперсності каталізатора, початкової концентрації  $NaBH_4$  та ін. Гідроліз боргідриду натрію каталізують солі перехідних металів, а особливо високу каталітичну активність проявляють трихлориди рутенію та родію. Однак, перспективними є високоактивні гетерогенні каталізатори з розвиненою поверхнею та малими розмірами частинок, які легко відділяються від в'язкого лужного розчину [3].

В даній роботі розроблені нанодисперсні платинові каталізатори для пришвидшення реакції гідролізу боргідриду натрію. Такі каталізатори готували на сажі ХС-72 з використанням гексахлороплатинової кислоти та боргідриду натрію в якості відновника. Синтез здійснювали в лужному розчині етиленгліколю при постійному перемішуванні до припинення виділення водню. Для регулювання розміру частинок платини використовували полівінілпіролідон. Розмір частинок платини становив 2 - 3 нм при концентрації полівінілпіролідону 0.2 %, а при його концентрації 0.6 - 1.2 % розмір частинок зменшувався до 1.5 - 2 нм.

Для якісної оцінки швидкості гідролізу боргідриду натрію із застосуванням розроблених каталізаторів була створена установка, яка включала пластиковий реактор для гідролізу  $NaBH_4$ , накопичувач водню, воднево-повітряну паливну комірку та електродвигун з пропелером (див. рис. 1). Було встановлено, що при наявності таких каталізаторів взаємодія боргідриду натрію з водою відбувається з досить високою швидкістю без додаткового нагрівання, а кількість водню, що виділяється, достатня для живлення паливної комірки.

Дослідження закономірностей виділення водню з лужного розчину боргідриду натрію проводили шляхом вимірювань об'єму водню, що утворювався, через певні проміжки часу.

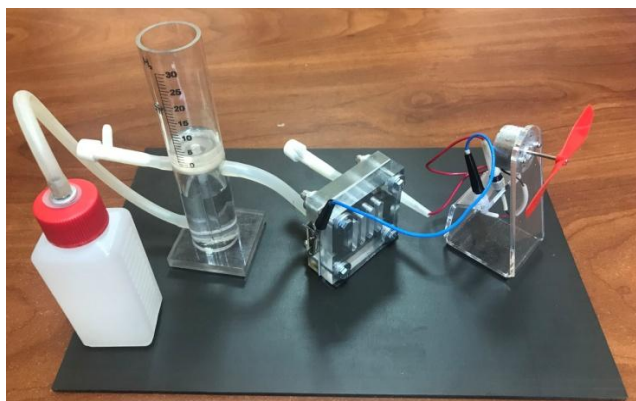


Рис. 1. Установа для якісної оцінки швидкості гідролізу боргідриду натрію та придатності водню, що утворюється, для живлення паливної комірки.

Була змонтована установка для волюмометричних вимірювань, схема якої приведена на рис. 2. У термостатовану склянку заливали 10 мл лужного розчину боргідриду натрію, в який, при потребі, опускали стержень магнітної мішалки. Проводили попереднє насичення розчину і заповнення об'єму над ним воднем, після чого за допомогою притертої скляної пробки з лопаткою у воду опускали каталізатор. Шліфові з'єднання склянки були змазані вакуумною змазкою. Таким чином, перед початком реакції склянка була повністю герметизована. Водень, що виділявся при гідролізі боргідриду натрію, поступав в евдіометр, де його об'єм фіксували через певні проміжки часу. Температуру води в склянці підтримували за допомогою термостата U-4.

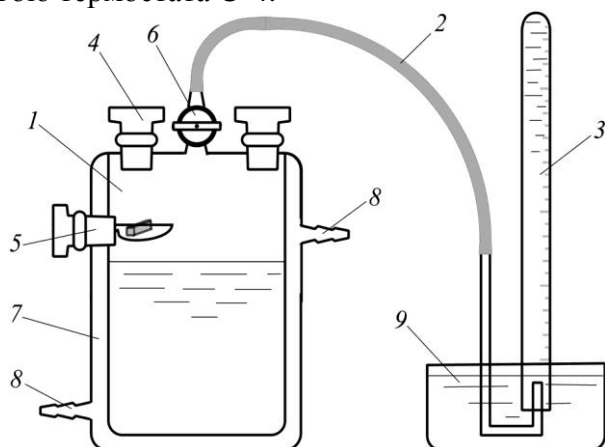


Рис. 2. Схема установки для волюмометричних вимірювань:

1 – термостатована склянка, 2 – з'єднувальна трубка, 3 – евдіометр, 4 – отвір для заливки води, 5 – притерта скляна пробка з лопаткою, 6 – кран, 7 – термостатуючий кожух, 8 – штуцери для підключення термостата, 9 – кристалізатор.

Виміряні значення об'єму водню, що виділився через певні проміжки часу, привели до нормальних умов (температура 273.15 K та тиск 760 мм рт. ст.) за формулою:

$$V_0 = \frac{273.15 \cdot V_\tau \cdot (P - p - \frac{h_{\text{H}_2\text{O}}}{13.6})}{760 \cdot (273.15 + t)}, \quad (2)$$

де  $V_\tau$  – об'єм водню, виміряний при кімнатній температурі  $t$  (°C) та барометричному тиску  $P$  (мм рт. ст.),  $p$  – тиск водяної пари (мм рт. ст.) при тій же температурі,  $h_{\text{H}_2\text{O}}$  – висота водяного стовпа в евдіометрі (мм), 13.6 – густина ртуті (г/см<sup>3</sup>). Отримані значення  $V_0$  використали для побудови залежностей  $V_0$  від тривалості гідролізу ( $\tau$ ).

На основі залежностей  $V_0$  від  $\tau$  розраховували значення середньої швидкості виділення водню при різних значеннях тривалості гідролізу за формулою:

$$v = \frac{V_0}{\tau} \quad (3)$$

Отримані кінетичні криві виділення водню при гідролізі боргідриду натрію в 10 % лужному розчині в присутності нанодисперсного платинового катализатора при температурі 25 °С представлені на рис. 3. Вставка на рис. 3б детально відображає залежність  $v$  від  $\tau$  протягом перших 6 хвилин гідролізу.

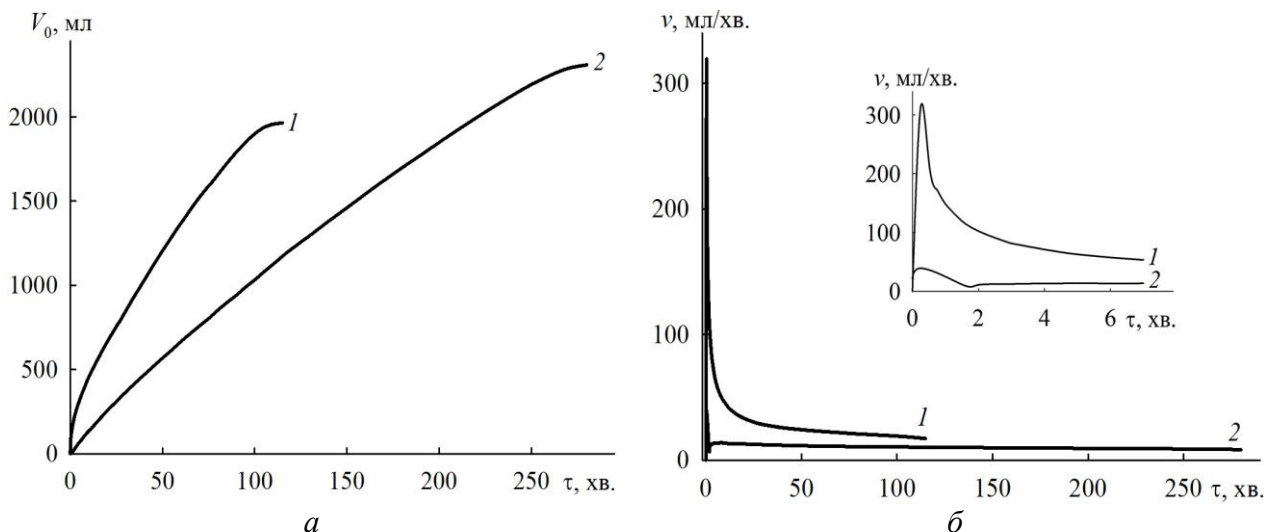


Рис. 3. Залежності об'єму виділеного водню (а) та середньої швидкості його виділення (б) від тривалості гідролізу боргідриду натрію в 10 мл 10 % розчину, що містив 5 % NaOH та 50 мг катализатора Pt (40%) / ХС-72 при температурі 25 °С:

1 – без застосування мішалки; 2 – із застосуванням мішалки.

З рис. 3 слідує, що швидкість виділення водню при гідролізі боргідриду натрію спочатку різко зростала а потім залишалась практично постійною аж до завершення процесу. Застосування магнітної мішалки привело до певного сповільнення гідролізу, яке було обумовлене дрібнодисперсністю і гідрофобністю платинового катализатора на сажі ХС-72. При гідролізі  $\text{NaBH}_4$  без застосування мішалки катализатор опускався в об'єм розчину, тому вся його поверхня приймала участь в процесі. При застосуванні мішалки значна частина катализатора залишалась на поверхні розчину і тільки частково контактувала з розчином. Самонагрівання реакційної суміші було незначним. Після завершення гідролізу катализатор був відфільтрований і відмитий від лужного розчину борату натрію. Зважування висушеного катализатора показало, що його втрати були незначними.

Таким чином, гідроліз боргідриду натрію із застосуванням нанодисперсного платинового катализатора, іммобілізованого на сажі ХС-72, є перспективним шляхом одержання водню для живлення ним паливних комірок та їх батарей з водневим анодом.

1. Варшавский И.Л. Энергоаккумулирующие вещества и их использование. – К.: Наукова думка, 1980. – 240 с.

2. Козин Л.Ф., Волков С.В. Современная энергетика и экология: проблемы и перспективы. – К.: Наукова думка, 2006. – 775 с.

3. Назаров Р.С., Куш С.Д., Кравченко О.В. та ін. Водород-генерирующие материалы для источников водорода гидролизного типа // Альтернативная энергетика и экология – 2010. – № 6(86). – С. 26-32.

## СТАН ІОНІВ ВАНАДІЮ (V) У ВОДНО-ДМФА РОЗЧИНІ

*Линник Т.В.<sup>1</sup>, Дуванова Е.С.<sup>1</sup>, Попова А.В.<sup>1</sup>, Розанцев Г.М.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Донецький національний університет імені Василя Стуса, [lynnyk.t@donnu.edu.ua](mailto:lynnyk.t@donnu.edu.ua)

Для проведення синтезів ізополіванадатів різних катіонів, які знайшли застосування як катализатори в промисловості, люмінофори в радіоелектроніці, компоненти в медичних препаратах, необхідно знати їх поведінку в розчині в різному середовищі. Встановлено, що у водних розчинах мають місце складні рівноваги між ізополіванадат-аніонами (IPVA), які сильно залежать від кислотності  $Z = \text{Cn}^+/\text{CVO}_4^{3-}$  середовища. Саме кислотність і лімітує утворення різних за складом аніонів, а значить і солей, які з ними можна добути. Одним з негативних факторів під час синтезу таких солей є гідроліз, вплив якого можна суттєво знизити у водно-органічному середовищі.

У водно-диметилформамідному середовищі методом потенціометричного титрування із подальшим моделюванням рівноваг (програма CLINP 2.1) вивчено комплексоутворення в системі  $\text{VO}_4^{3-} - \text{H}^+ - (0,95 \text{ H}_2\text{O} + 0,05 \text{ DMFA})$  з робочою концентрацією  $\text{CVO}_4^{3-} = 8 \cdot 10^{-3}$  моль/л в інтервалі йонних сил  $0,1 \div 0,5$  моль/л ( $\text{NaNO}_3$ ) і величин  $Z = 0,0 \div 3,0$ . Встановлено, що в  $\text{H}_2\text{O} - \text{DMFA}$  розчині відбувається йонний перехід, аналогічний такому в  $\text{H}_2\text{O}$  розчині: орто – лінійні полі – мета – декаванадати. Показано, що утворення поліформ відбувається через аніон  $(\text{VO}_4\text{HVO}_4)^{5-}$ , в якому є трьохцентровий зв'язок через атом Н. Розраховано концентраційні та термодинамічні (метод Пітцера) константи утворення ізополіванадат-аніонів. Побудовано діаграми розподілу, виявлено оптимальні для синтезу зони домінування IPVA, запропоновано варіант стану іонів у  $\text{H}_2\text{O} - \text{DMFA}$  розчинах. На відміну від  $\text{H}_2\text{O}$  розчинів не виявлено існування аніонів  $\text{V}_4\text{O}_{12}^{4-}$  та  $\text{H}_3\text{V}_{10}\text{O}_{28}^{(6-a)-}$ .

## СИНТЕЗ, ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЧНИЙ, ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА МІКРОМОРФОЛОГІЯ ПОВЕРХНІ НАТРІЮ ГЕТЕРОПОЛІДЕКАВОЛЬФРАМОДИСПРОЗІАТУ (III)

*Марійчак О.Ю., Поповська О.Ю., Румянцева Ж.О., Розанцев Г.М., Радіо С.В.*

Факультет хімії, біології і біотехнологій Донецького національного університету імені Василя Стуса, Вінниця, Україна

[radio@donnu.edu.ua](mailto:radio@donnu.edu.ua)

Розроблено умови синтезу натрію гетерополідекавольфрамодиспрозіату(III),  $\text{Na}_9[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 30\text{H}_2\text{O}$ , з підкисленого до  $Z = \nu(\text{H}^+)/\nu(\text{WO}_4^{2-}) = 0,80$  водного розчину натрію вольфрамату зі співвідношенням  $\nu(\text{Dy}):\nu(\text{W})=1:10$  та додаванням ацетону. Методом ІЧ-спектроскопії показано належність аніону в складі синтезованої солі до структури Пікока-Уіклі (рис. 1).

Методом ДТА вивчено процес термічного розкладу солі, а методом РФА встановлено, що продуктами термолізу  $\text{Na}_9[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 30\text{H}_2\text{O}$  є натрію дивольфрамат  $\text{Na}_2\text{W}_2\text{O}_7$  та подвійний натрію-диспрозію ортовольфрамат  $\text{Na}_{0,5}\text{Dy}_{0,5}\text{WO}_4$ . Методом ІЧ-спектроскопії встановлено, що структура гетерополіаніону  $[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2]^{9-}$  зберігається стійкою до температури  $220^\circ\text{C}$  (рис. 2).

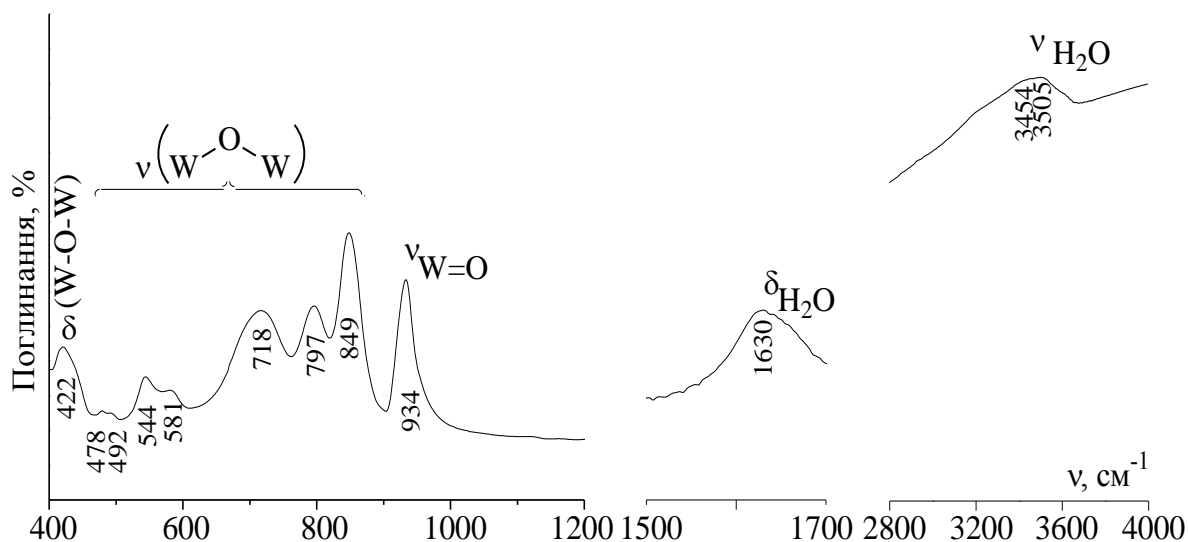


Рис. 1 — ІЧ-спектр  $\text{Na}_9[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 30\text{H}_2\text{O}$ .

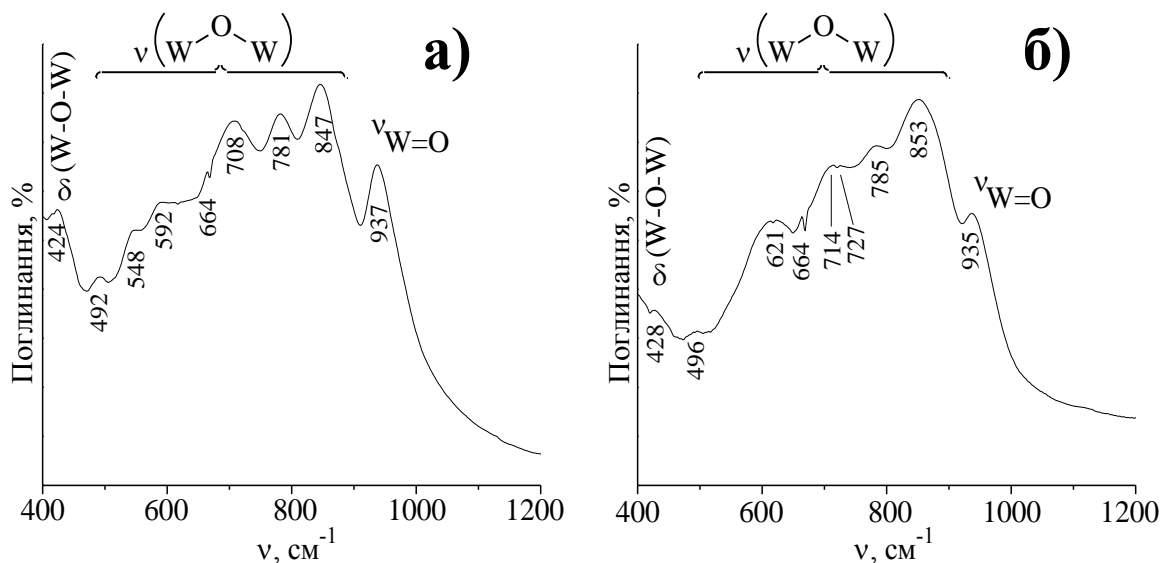
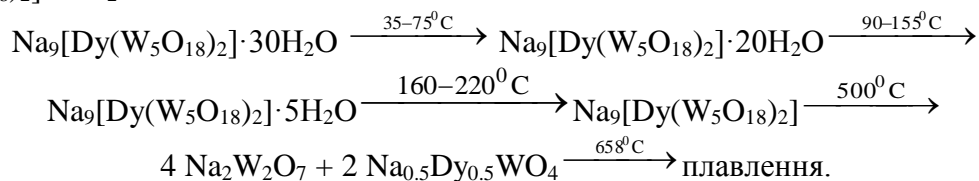


Рис. 2 — ІЧ-спектри  $\text{Na}_9[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 30\text{H}_2\text{O}$  після прожарювання за різних  $T$ : а)  $T = 220^\circ\text{C}$ ; б)  $T = 250^\circ\text{C}$ .

Комбінуючи результати ДТА, РФА та ІЧ-спектроскопії запропоновано схему термолізу  $\text{Na}_9[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 30\text{H}_2\text{O}$ :



Методом скануючої електронної мікроскопії досліджено морфологію поверхні одержаної солі та встановлено, що розмір зерен знаходиться в межах 130-180нм (рис. 3). Однофазність синтезованої солі підтверджено рівномірним контрастом поверхні в режимі зворотно розсіяних електронів (рис. 4).

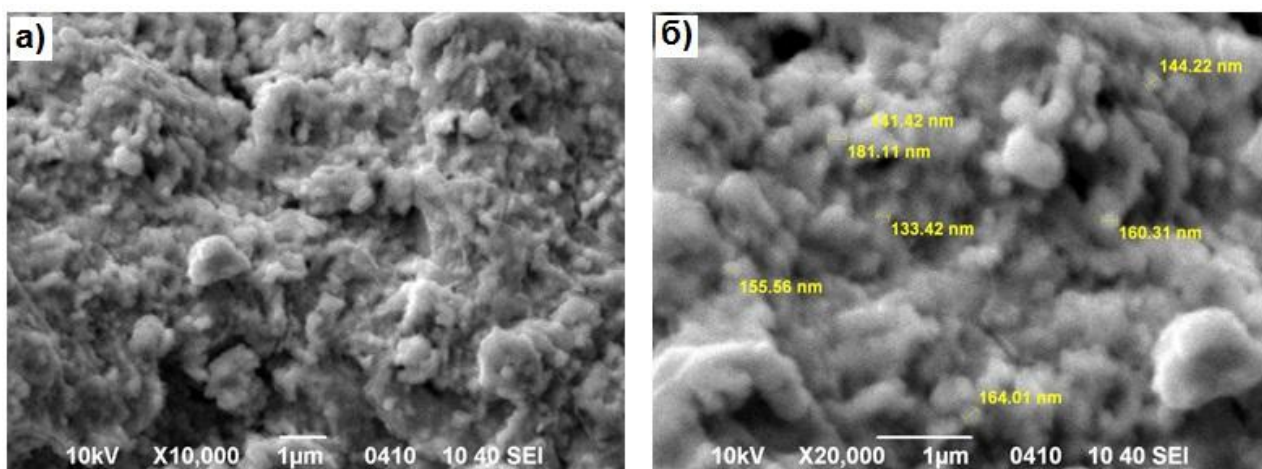


Рис. 3 — SEM-зображення поверхні порошку  $\text{Na}_9[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 30\text{H}_2\text{O}$ : а) збільшення в 10000 разів; б) збільшення в 20000 разів.

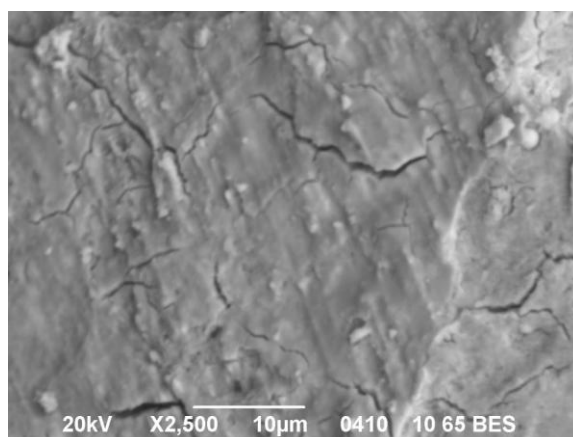


Рис. 4 — Зображення поверхні порошку  $\text{Na}_9[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 30\text{H}_2\text{O}$  у режимі зворотно розсіяних електронів.

Проведено рентгеноструктурний аналіз й одержано модель кристалічної структури  $\text{Na}_9[\text{Dy}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2] \cdot 30\text{H}_2\text{O}$  ( $a = 12.966(3) \text{ \AA}$ ,  $b = 12.977(3) \text{ \AA}$ ,  $c = 40.772(3) \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 82.78(3)^\circ$ ,  $\beta = 83.08(3)^\circ$ ,  $\gamma = 77.22(3)^\circ$ ,  $V = 6606.9(4) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 4$ , триклінна сингонія, пр.гр. P1).

На мікрофотографіях порошку солі в характеристичному рентгенівському випромінюванні відсутні зони з різною морфологією поверхні, та спостерігається рівномірний розподіл Dy, Na, W, O без сегрегацій і ліквацій, що підтверджує однофазність продукту синтезу.

Роботу виконано за підтримки Міністерства освіти і науки України (проект № 0119U100025).



## ВОЛОКНИСТИЙ СОРБЕНТ ФІБАН А-6 ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ КАРБОНАТНИХ МОДЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ УРАНУ (VI)

*Перлова О.В.<sup>1</sup>, Текменжи К.І.<sup>1</sup>, Перлова Н. О.<sup>1</sup>, Полікарпов О.П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, [olga\\_perlova@onu.edu.ua](mailto:olga_perlova@onu.edu.ua)

<sup>2</sup>ДНУ «Інститут фізико-органічної хімії НАН Білорусі»

Для практичного застосування волокнистих іонітів ФІБАН актуальною задачею є вивчення можливості концентрування модельних розчинів та вилучення з них сполук урану у динамічних умовах з можливістю регенерації та повторного використання сорбенту. Висока ефективність очистки карбонатних модельних розчинів від сполук урану в статичних умовах показана у роботі [1].

Модельні розчини містили 1 – 5 мг/дм<sup>3</sup> (0,004 – 0,02 ммоль/дм<sup>3</sup>) урану та надлишок фонових електролітів (мг-екв/дм<sup>3</sup>): Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> - 3,9; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - 3,0; Cl<sup>-</sup> - 0,76. Значення рН розчинів дорівнювало 7,5. Подібний вміст іонів фонових електролітів у воді характерний для джерел централізованого водопостачання. В модельних розчинах зазначеного складу уран був присутній переважно у вигляді гідрокарбонатних аніонних комплексів [2].

Як сорбент використовували багатофункціональний волокнистий аніоніт ФІБАН А-6 з сильно- та слабо основними аміногрупами, повна статична обмінна ємність за якими складала, відповідно, 2,0 та 1,0 мг-екв/г [3]. Визначений мікроскопічно діаметр волокон варіювався в межах 20 – 30 мкм. Цей сорбент був розроблений ДНУ «Інститут фізико-органічної хімії НАН Білорусі» і виробляється у промислових масштабах.

Сорбцію урану вивчали в динамічних умовах при швидкості пропускання розчину через колонку, яка містила 10 см<sup>3</sup> (1 г) повітряно-сухого сорбенту, 2,5 колонкових об'ємів (к.о.) за хвилину, що відповідало лінійній швидкості 5 м/год. Для побудови вихідних кривих сорбції відбирали проби розчину, що пройшов через колонку, об'ємом 10 см<sup>3</sup>, та визначали в кожній з них вміст урану спектрофотометричним методом у вигляді комплексу з арсеназо III. Для концентрування урановмісних розчинів та регенерації сорбенту крізь насичений ураном іоніт пропускали 0,5 М розчин HNO<sub>3</sub> при аналогічних умовах.

Проведені дослідження показали, що волокнистий аніоніт ФІБАН А-6 за даних умов дослідів здатний очистити 160 к.о. модельного розчину від урану (VI) при його початковій концентрації 5 мг/дм<sup>3</sup>. Уран утримувався у фазі сорбенту протягом 68 хв. При пропусканні 10 - 40 см<sup>3</sup> (1 - 4 к.о.) елюенту через уранову форму сорбенту спостерігалось концентрування урановмісних розчинів у 300 - 315 разів порівняно зі вмістом урану у вихідному модельному розчині. Пропускання 19 - 20 к.о. елюенту було достатньо для десорбції урану з фази сорбенту на 99 - 100% і повного відновлення початкової форми сорбенту.

Вивчення можливості повторного використання регенованого волокнистого іоніту ФІБАН А-6 показало, що регенована форма дещо втрачає свою сорбційну здатність відносно сполук урану, присутніх у карбонатних модельних розчинах. Так, повна динамічна обмінна ємність іоніту зменшилась приблизно у 2 рази порівняно з початковою формою іоніту, а максимальна сорбція – у 3 рази. В той же час швидкість сорбції була майже однаковою (зменшилась у 1,3 рази). Отже, подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію умов повторного використання регенованого сорбенту.

1. Sazonova V. F., Perlova O. V., Perlova N. A., Polikarpov A. P. Sorption of Uranium(VI) Compounds on Fibrous Anion Exchanger Surface from Aqueous Solutions // Colloid J. – 2017. – 79, № 2. – P. 270–277.

2. Gapel G. Speciation of actinides // Handbook of elemental speciation II. Species in the environment, food, medicine and occupational health. – Chichester, UK : Wiley, 2005. – P. 509-563.

3. Polikarpov A.P., Shunkevich A.A., Grachek V.I., Medyak G.V. FIBAN fibrous ion exchangers: Synthesis, modification, application // Russ. J. Gen. Chem. – 2017. – V. 87, N 6. – P. 1418–1427.



# КОНДУКТОМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ЗМІШАНИХ МІЦЕЛ ЦЕТИЛТРИМЕТИЛАМОНІЙ БРОМІДУ ТА АЗОБАРВНИКІВ

*Роїк Н.В.*

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України,  
[roik\\_nadya@ukr.net](mailto:roik_nadya@ukr.net)

Текстильна промисловість належить до найбільших споживачів прісної води та спричиняє значне забруднення навколишнього середовища. Основними речовинами, що потрапляють до стічних вод текстильних підприємств, є барвники, переважна більшість яких токсичні для людини та інших живих організмів. Тому важливими є заходи, спрямовані на раціональне використання водних ресурсів, які полягають не лише в ефективній очистці від синтетичних барвників та продуктів їх перетворень, але й у концентруванні та повторному використанні технологічних розчинів.

Зазвичай, при фарбуванні волокон та тканин важкорозчинними барвниками використовують поверхнево-активні речовини, що здатні до асоціації та утворення міцел у водних розчинах при концентраціях вищих критичної концентрації міцелоутворення (ККМ). Підвищення розчинності синтетичного барвника відбувається в результаті вбудовування у структуру міцели та формування змішаної нанорозмірної супрамолекулярної структури [1, 2]. Вилучення поверхнево-активних речовин та залишків барвників з технологічних вод після завершення процесу фарбування потребує значних ресурсів та зусиль, тому економічно доцільним, на нашу думку, є концентрування та повторне використання розчинів, зокрема, як середовища для синтезу мезопористих кремнеземів з упорядкованою структурою.

Значний попит на синтез кремнеземів з упорядкованою мезопористою структурою зумовлений широким спектром їх застосувань (сорбенти, носії біологічно активних молекул, каталізатори, сенсори, мембрани, тощо). Зазвичай, такі матеріали одержують у результаті золь-гель синтезу в водних розчинах поверхнево-активних речовин, що виконують роль структуруючих агентів [3]. Розробка екологічно чистих шляхів синтезу впорядкованих мезопористих кремнеземів приваблює значну увагу науковців протягом останніх десятиліть. Тому значний потенціал має повторне використання технологічних вод легкої промисловості, збагачених поверхнево-активними речовинами та барвниками.

У даній роботі здійснено кондуктометричне дослідження міцелярної системи довголанцюгової четвертинної амонієвої солі, цетилтриметиламоній броміду (ЦТАБ), і змішаних систем, до складу яких входять ЦТАБ та азобарвники – метиловий червоний (МЧ) чи алізариновий жовтий (АЖ), у водних амоніачних розчинах з рН ~ 10. Раніше було встановлено, що розчинення азобарвників у рідкокристалічній фазі довголанцюгової алкілтриметиламонієвої солі сприяє формуванню більш впорядкованої мезопористої структури кремнезему типу МСМ-41 [4]. Метою даного дослідження було вивчення впливу азобарвників на ККМ поверхнево-активної речовини та визначення рушійних сил утворення змішаних міцел.

Кондуктометричні вимірювання здійснювали на кондуктометрі НІ 9932, використовуючи скляну комірку з подвійними стінками та контрольованою температурою ( $\pm 0.2$  К). Величини ККМ індивідуальної поверхнево-активної речовини та її суміші з МЧ або АЖ оцінювали з залежності провідності аналізованих розчинів від зростаючої концентрації поверхнево-активної речовини методом Вільямса [5].

Як видно з рисунка 1, провідність розчинів стрімко зростає зі збільшенням концентрації ЦТАБ у передміцелярній області. Після досягнення ККМ швидкість росту провідності зменшується. Очевидно, такі зміни зумовлені формуванням менш рухливих асоціатів при концентраціях ЦТАБ, що перевищують ККМ: міцел з компактным шаром протийонів (шар Штерна), оточених залишковими протийонами, що необхідні для нейтралізації позитивно заряджених міцел поверхнево-активної речовини (подвійний електричний шар Гуї-Чепмена). Величина ККМ міцелярної системи ЦТАБ, визначена методом Вільямса [6], складає 0.88 ммоль/л (Рис. 1, Табл. 1).

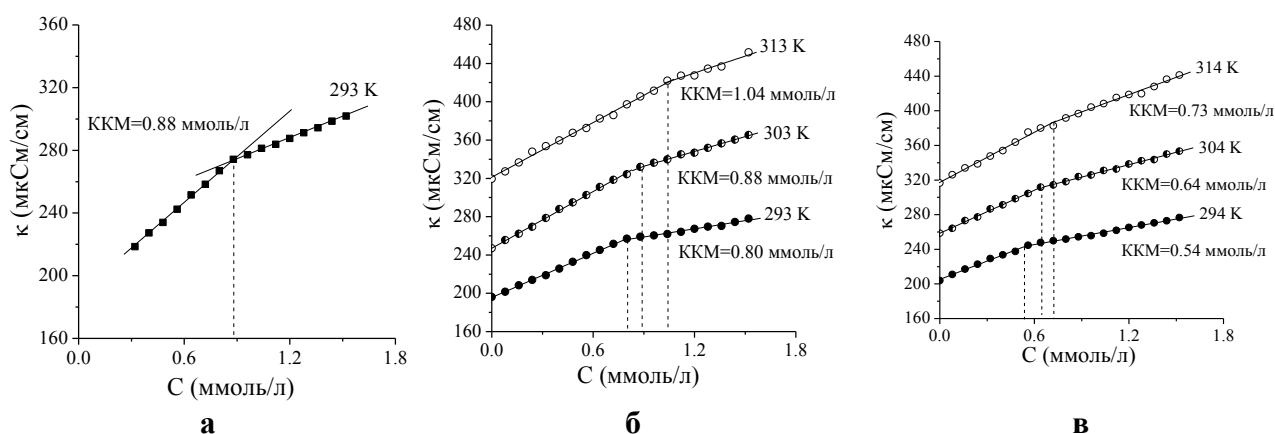


Рисунок 1. Залежність провідності від концентрації ЦТАБ у міцелярних системах ЦТАБ (а), МЧ-ЦТАБ (б) та АЖ-ЦТАБ (в) при різних температурах.

Згідно результатів кондуктометричних досліджень, додавання азо барвників сприяє формуванню міцел ЦТАБ при менших концентраціях (Рис. 1). Зменшенням ККМ у змішаних системах, порівняно з індивідуальним ЦТАБ, доводить вбудовування азобарвників у міцели поверхнево-активної сполуки. Цей процес супроводжується зменшенням електростатичного відштовхування позитивно заряджених груп ЦТАБ та приводить до швидшої міцелізації. Встановлено, що утворення міцел зі зростанням температури ускладнюється через послаблення взаємодії всередині міцел у зв'язку зі збільшенням кінетичної енергії компонентів. Результати кондуктометричних досліджень було використано для розрахунку термодинамічних параметрів утворення змішаних міцел (Табл. 1). Негативні значення  $\Delta G^\circ$  доводять, що процес міцелоутворення відбувається самодовільно в усьому вивченому діапазоні температур, а позитивні величини  $\Delta S^\circ$  свідчать про збільшення ступенів свободи внаслідок розчинення азобарвників у міцелах ЦТАБ.

Таблиця 1. Величини критичної концентрації та стандартних термодинамічних параметрів міцелоутворення ЦТАБ у присутності азобарвників.

Система	Т, К	ККМ, ммоль/л	$\Delta G^\circ$ , кДж/моль	$\Delta H^\circ$ , кДж/моль	$\Delta S^\circ$ , Дж/К·моль
МЧ-ЦТАБ	293	0.80	-44.3	-15.3	99.2
	303	0.88	-41.1	-14.8	87.0
	313	1.04	-39.1	-14.7	77.9
АЖ-ЦТАБ	294	0.54	-43.3	-16.6	90.9
	304	0.64	-40.9	-16.5	80.6
	314	0.73	-38.4	-16.2	70.9

1. McBain J.W., Merrill R.C., Vinograd J.R. The solubilization of water-insoluble dye in dilute solutions of aqueous detergents // J. Am. Chem. Soc. – 1941. – 63. – P. 670–676.

2. Tehrani-Bagha A.R., Holmberg K. Solubilization of hydrophobic dyes in surfactant solutions // *Materials (Basel)* – 2013. – 6. – P. 580–608.

3. Beck J.S., Vartuli J.C., Roth W.J., Leonowicz M.E., Kresge C.T., Schmitt K.D., Chu C.T.W., Olson D.H., Sheppard E.W., McCullen S.B., Higgins J.B., Schlenker J.L. A new family of mesoporous molecular-sieves prepared with liquid-crystal templates // J. Am. Chem. Soc. – 1992. – 114. – P. 10834–10843.

4. Roik N.V., Belyakova L.A., Dziuzko M.O., Oranska O.I. Influence of azo dye additives on structural ordering of mesoporous silicas // *Appl. Nanosci.* – 2019. <https://doi.org/10.1007/s13204-019-01013-5>

5. Williams R., Phillips J.N., Mysels K.J. The critical micelle concentration of sodium laurylsulphate at 25 °C // *Trans. Faraday. Soc.* – 1995. – 51. – P. 728–737.

## ВЗАЄМОДІЯ КОМПОНЕНТІВ У СИСТЕМІ Ho-Fe-Sn ПРИ 670 К

*Ромака Л.П., Стадник Ю.В., Романів І.М.*

Львівський національний університет ім. І.Франка, вул. Кирила і Мефодія, 6,

Львів, 79005, Україна, [lyubov.romaka@gmail.com](mailto:lyubov.romaka@gmail.com)

Взаємодія компонентів у потрійній системі Ho-Fe-Sn досліджена при 670 К методами рентгенівської дифракції, металографічного і рентгеноспектрального аналізів.

Зразки масою 1 г синтезували методом електродугового плавлення шихти вихідних компонентів (гольмій, чистота 99.9 мас.%; ферум, чистота 99.99 мас.%; станум, чистота 99.999 мас.%) в атмосфері очищеного аргону (Ті в якості гетера) на мідному водоохолоджуваному поді. Після сплавлення загальна втрата маси сплавів не перевищувала 1 мас. %. Частинок синтезованих сплавів піддавались гомогенізуючому відпалюванню у вакуумованих кварцевих ампулах за температури 670 К впродовж місяця. Температура відпалювання вибрана з огляду на низьку температуру плавлення Sn (232<sup>0</sup>C) і бінарних сполук системи Ho-Sn з високим вмістом Sn [1]. Після відпалювання ампули зі зразками гартували в холодній воді.

Рентгенівський фазовий аналіз синтезованих і відпалених при 670 К сплавів проводили за дифрактограмами, отриманими на порошковому дифрактометрі ДРОН-4.0 (Fe K $\alpha$  випромінювання). Експериментальні дифракційні відбиття порівнювали з теоретичними дифрактограмами чистих елементів, бінарних і відомих тернарних сполук. Елементний і фазовий склади виготовлених зразків контролювали з використанням скануючої електронної мікроскопії (SEM) на скануючому електронному мікроскопі РЕММА-102-02. Кількісний мікрозондовий аналіз сплавів здійснювався енергодисперсійним рентгенівським аналізатором (ЕДРС) з чистими елементами в якості стандартів (прискорююча напруга 20 кВ; використані K- і L-смуги). Масив дифракційних даних для структурних розрахунків отриманий за кімнатної температури на автоматичному дифрактометрі STOE STADI P (графітовий монохроматор, Cu K $\alpha_1$  випромінювання). Розрахунок кристалографічних параметрів проводився з використанням пакетів програм WinCSD і FullProof suite.

Для встановлення фазових рівноваг у потрійній системі Ho-Fe-Sn проведено рентгенофазовий і рентгеноспектральний аналізи виготовлених подвійних і потрійних сплавів. За результатами проведеного аналізу побудований ізотермічний переріз діаграми стану системи Ho-Fe-Sn при 670 К в повному концентраційному інтервалі (Рис.). Згідно результатів рентгенофазового і рентгеноспектрального аналізів система Ho-Fe-Sn при 670 К характеризується утворенням однієї тернарної сполуки HoFe<sub>6</sub>Sn<sub>6</sub>. Розрахунок кристалічної структури сполуки HoFe<sub>6</sub>Sn<sub>6</sub> засвідчив, що за використаних у нашій праці умов реалізується структурний тип YCo<sub>6</sub>Ge<sub>6</sub> (просторова група *P6/mmm*,  $a = 0.53797(2)$ ,  $c = 0.44446(2)$  нм). Згідно виконаних розрахунків спостерігається неповне заповнення позицій  $1a$  для атомів Ho та  $2e$  для атомів Sn<sub>2</sub>, що узгоджується з даними праці [2].

Розчинність Sn в бінарній сполуці HoFe<sub>2</sub> (структурний тип MgCu<sub>2</sub>) сягає до 5 ат. % ( $a = 0.7290(2)$  нм для HoFe<sub>2</sub> і  $a = 0.73168(5)$  нм для зразка Ho<sub>33</sub>Fe<sub>62</sub>Sn<sub>5</sub>). Розчинність Sn в інших сполуках системи Ho-Fe, а також третього компонента в бінарних сполуках систем Fe-Sn і Ho-Sn (за винятком HoSn<sub>2</sub>) не перевищує 1-2 ат. %.

Під час дослідження встановлено, що інтеркаляція атомів феруму в тетрагонально-антипризматичні порожнини структури бінарної сполуки HoSn<sub>2</sub> (структурний тип ZrSi<sub>2</sub>, просторова група *Cmcm*) приводить до утворення твердого розчину включення HoFe<sub>x</sub>Sn<sub>2</sub> (до 8 ат. % Fe), що узгоджується з працями [3, 4]. Граничний склад даного твердого розчину встановлений за систематичним аналізом зміни періодів ґратки зразків ( $a = 0.4403(3)$ ,  $b = 1.6223(5)$ ,  $c = 0.4337(4)$  нм для зразка Ho<sub>31</sub>Fe<sub>8</sub>Sn<sub>61</sub>) і за результатами рентгеноспектрального аналізу (Ho<sub>30.29</sub>Fe<sub>7.63</sub>Sn<sub>62.08</sub>). Збільшення об'єму елементарної комірки зі збільшенням вмісту Fe ( $V=0.3041$  нм<sup>3</sup> для HoSn<sub>2</sub>,  $V=0.3098$  нм<sup>3</sup> для зразка Ho<sub>31</sub>Fe<sub>8</sub>Sn<sub>61</sub>) підтверджує утворення твердого розчину включення.

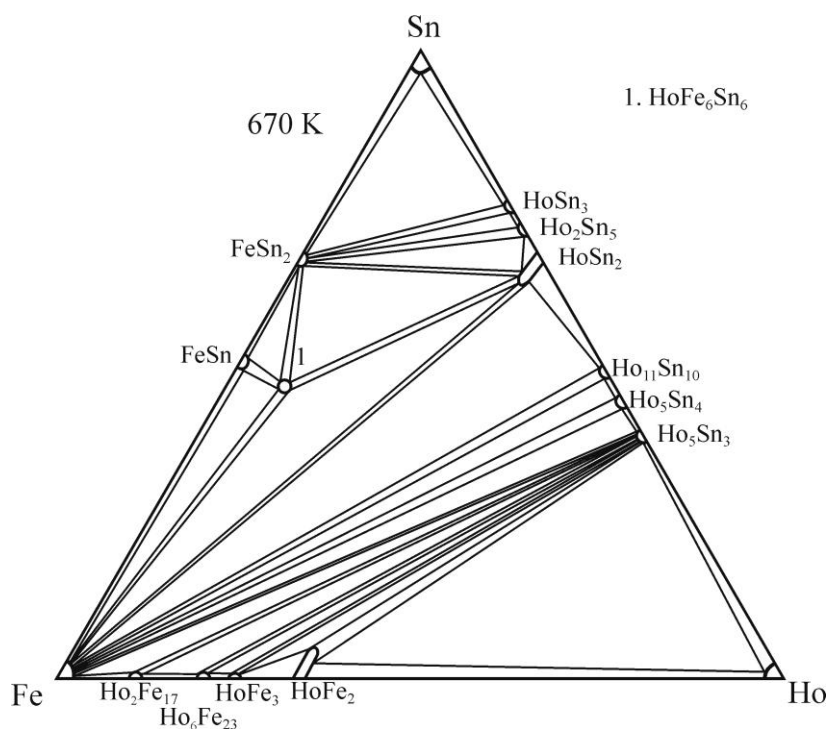


Рис. Изотермичний переріз діаграми стану системи Ho-Fe-Sn при 670 К

Аналіз виконаного дослідження показав, що взаємодія гольмію з ферумом і станумом при 670 К характеризується утворенням однієї тернарної сполуки  $\text{HoFe}_6\text{Sn}_6$ , яка належить до структурного типу  $\text{YCo}_6\text{Ge}_6$ . Варто зазначити, що утворення тільки однієї сполуки в системі Ho-Fe-Sn аналогічне як і для раніше вивчених споріднених систем {Y, Gd, Dy}-Fe-Sn та Er-Fe-Sn при 770 К. Для систем R-Fe-Sn з рідкісноземельними металами ітрієвої підгрупи характерним є утворення сполук  $\text{RFe}_6\text{Sn}_6$ , які, в залежності від температури відпалювання, кристалізуються в гексагональному структурному типі  $\text{YCo}_6\text{Ge}_6$  (просторова група  $P6/mmm$ ), або в орторомбічних надструктурах до типу  $\text{YCo}_6\text{Ge}_6$ . Особливістю систем R-Fe-Sn (R-рідкісноземельний елемент підгрупи ітрію) є утворення твердих розчинів включення  $\text{RFe}_x\text{Sn}_2$  на основі відповідних бінарних сполук  $\text{RSn}_2$  зі структурою типу  $\text{ZrSi}_2$ .

1. Palenzona A., Manfrinetti P. The tin-rich side of the rare earth-tin systems (R=Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu and Y) // *J. Alloys Compd.* – 1993. – 201. – P. 43–47.

2. Koretskaya O.E., Skolozdra R.V. New triple stannides with structure of the  $\text{YCo}_6\text{Ge}_6$  type // *Inorg. Mater.* – 1986. – 22. – P. 690–691.

3. Venturini G., Francois M., Malaman B., Roques B. Nouveaux isotopes de  $\text{CeNiSi}_2$  dans les systems R-M-X (R=La-Lu, M=metaux des groupes 7 a 11 et X=Ge, Sn). II. Essai d'interpretations de leur non-stoichiometrie // *J. Less-Common Met.* – 1990. – 160. – P. 215–228.

4. Francois M., Venturini G., Malaman B., Roques B. Nouveaux isotopes de  $\text{CeNiSi}_2$  dans les systems R-M-X (R=La-Lu, M= metaux des groupes 7 a 11 et X=Ge, Sn) // *J. less-Common Met.* – 1990. – 160. P. 197 – 203.

## СИНТЕЗ БАРВНИКІВ ЗДАТНИХ ДО КООРДИНАЦІЇ З ІОНАМИ МЕТАЛІВ

*Селін Р.О.<sup>1</sup>, Криворотенко Д.В.<sup>2</sup>, Третьякова І.М.<sup>1</sup>, Федосова Н.М.<sup>1</sup>, Черній В.Я.<sup>1</sup>, Пехньо В.І.<sup>1</sup>,  
Старухін А.С.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України  
[selin.roman.oleksandrovich@gmail.com](mailto:selin.roman.oleksandrovich@gmail.com)

<sup>2</sup> Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

<sup>3</sup> Інститут фізики ім. Б.І. Степанова НАН Білорусі

Органічні барвники широко використовуються у лазерній техніці, для створення фотовольтаїчних пристроїв та сенсорів, аналітичній хімії тощо. Комплекси металів з барвниками, як лігандами, значно розширюють можливість їх застосування завдяки підвищенню їх хімічної стійкості, фотостабільності, зміні спектральних властивостей. Такі сполуки одночасно мусять містити у своєму складі як хромофор, так і групи, здатні до координації з іонами металів. Хромофорна частина молекули може містити ціанінові, стирильні та інші супряжені фрагменти, а здатність до координації може бути забезпечена карбоксильними,  $\beta$ -дикарбонільними, пірокатехінатними, та іншими хелатуючими фрагментами. Нами отримано серію речовин які відповідають даним вимогам.

За реакцією Кневенагеля було отримано конденсовані з ароматичними альдегідами похідні дегідрацетової кислоти (рис. 1).

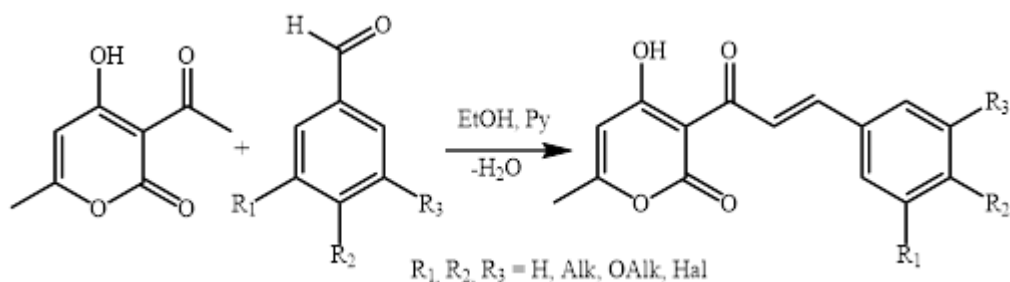


Рис. 1. Схема синтезу конденсованих похідних дегідрацетової кислоти.

Ці сполуки, як і вихідна дегідрацетова кислота, є хелатуючими бідентатними лігандами, що досить легко утворюють комплекси не тільки з перехідними металами, а і координаційно ненасиченими фталоціанінами [1,2]. В електронних спектрах поглинання таких комплексів були зафіксовані характерні для фталоціанінових металокомплексів смуги поглинання в області 350 і 690 нм [3], а також додаткова смуга поглинання в області 415 нм, яка відноситься до поглинання координованих конденсованих похідних дегідрацетової кислоти [2].

Конденсовані похідні дегідрацетової кислоти досить легко взаємодіють з аліфатичними амінами. При цьому відбувається розмикання піранового циклу і утворюються алкіламіно- $\beta$ -кетоеноли (рис. 2).

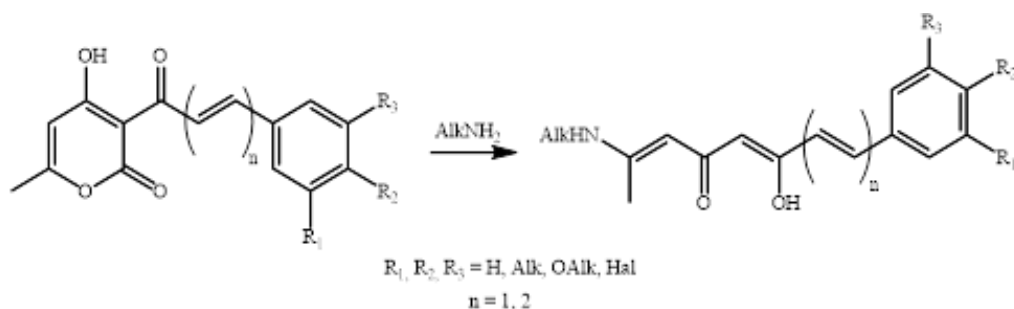


Рис. 2. Реакція розмикання піранового циклу конденсованих похідних дегідрацетової кислоти при взаємодії з алкіламінами.

Це також забарвлені речовини у яких зберігається хелатуючий фрагмент, з максимумами поглинання світла у області 400-450 нм. Дані сполуки дають флуоресцентний відгук при взаємодії з агрегованими білками [4,5], вони можуть використовуватись як зонди для детекції амілоїдних фібрил.

Два інших шляхи створення барвників здатних до координації з іонами металів полягають у введенні пірокатехінатного (рис. 3, А), або карбоксильного (рис. 3, Б) замісників до молекули барвника.

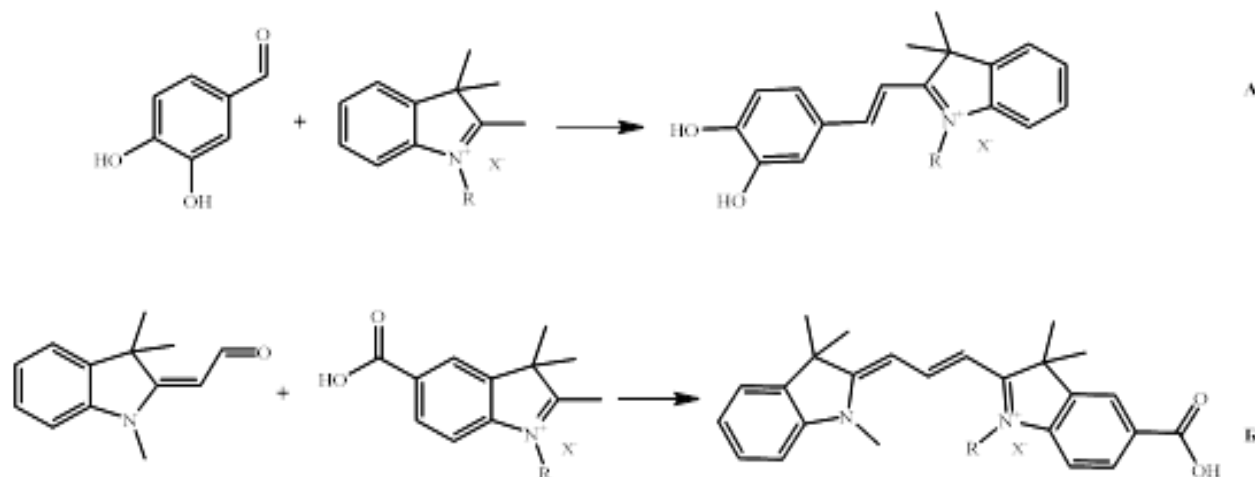


Рис. 3. Схема синтезу барвників з пірокатехінатною (А) та карбоксильною (Б) групами.

Таким чином, було отримано серію різноманітних барвників здатних до координації з іонами металів.

1. Черний В.Я., Довбий Я.М., Третьякова И.Н., Волков С. В. Синтез и свойства фталоцианиновых комплексов циркония и гафния с дегидрацетовой кислотой // Укр. хим. журн. — 2015. — Т. 81, № 1. — С. 3-7.

2. Dovbii Ya.M., Chernii V.Ya., Tretyakova I.M., Gorski A.V., Starukhin A.S., Volkov S.V. Synthesis of dehydroacetic acid derivatives with chromophoric chains and their complexes with zirconium phthalocyanine // Укр. хим. журн. — 2015. — Т. 81, № 12. — С. 79-82.

3. Tomachynski L.A., Tretyakova I.N., Chernii V.Ya., Volkov S.V., Kowalska M., Legendziewicz J., Gerasymchuk Y.S., Radzki St. Synthesis and spectral properties of Zr(IV) and Hf(IV) phthalocyanines with  $\beta$ -diketonates as axial ligands / Inorg. Chim. Acta. – 2008. – V. 361. – P. 2569–2581.

4. Kovalska V., Chernii S., Losytskyy M., Dovbii Y., Tretyakova I., Czerwieniec R., Chernii V., Yarmoluk S., Volkov S.  $\beta$ -ketoenole dyes: Synthesis and study as fluorescent sensors for protein amyloid aggregates // Dyes and Pigments. – 2016. – P. 274–281.

5. Kovalska, V., Chernii, S., Losytskyy, M., Tretyakova, I., Dovbii, Y., Gorski, A., Chernii, V., Czerwieniec, R., Yarmoluk, S. Design of functionalized  $\beta$ -ketoenole derivatives as efficient fluorescent dyes for detection of amyloid fibrils // New J. Chem. – 2018. – V. 42, №16. - P. 13308-13318.

Робота виконана при підтримці спільного конкурсу наукових проєктів НАН України та НАН Білорусі 2020 року, договір 07-03-20.



## ВИВЧЕННЯ КІНЕТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ СИНТЕТИЧНИХ НЕЕЛАСТИЧНИХ ГЕЛІВ НА ПРИКЛАДІ ГЕЛЮ СИЛІКАТНОЇ КИСЛОТИ

*Терещук Є.І.<sup>1</sup>, Панасюк Д.Ю.<sup>2</sup>, Камінський О.М.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Житомирський державний університет імені Івана Франка, [alekxamin@ukr.net](mailto:alekxamin@ukr.net)

<sup>2</sup> Житомирський науково – дослідний експертно – криміналістичний центр, [dima.panasuk261195@gmail.com](mailto:dima.panasuk261195@gmail.com)

Студнями, або гелями, називають такі дисперсні системи, в яких часточки дисперсної фази не рухаються вільно, як у розчині, а зв'язані між собою, а дисперсійне середовище заповнює проміжки між зв'язаними міцелами. За своєю природою гелі – це золі, які повністю або частково втратили свою агрегативну стійкість, проте зберегли кінетичну стійкість.

Гелі широко використовуються в харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості. Гелями також є деякі побутові (рідке мило, миючий засіб, гелеві кульки для прання, гель – лаки, що наносять на нігті тощо) та харчові (холодець, фруктове желе, цукерки «Шалена бджілка» тощо) речовини, які людина використовує повсякчас. Тому синтез гелів, вивчення їх властивостей та особливостей поведінки в різних середовищах залишається актуальним завданням.

Процес желатинування (гелеутворення) речовин та розчинів також відіграє велику роль у технології виробництва штучного волокна, деяких вибухових речовин, кондитерській справі тощо. [1 – 3]

**Метою нашої роботи є:** синтез гідрогелів та алкогелів силікатної кислоти за відомими методиками шляхом желатинування розчинів та вивчення їх кінетичної стійкості на повітрі в часі.

Існує низка класифікацій гелів. Залежно від будови міцел, їх характеру і міцності зв'язків розрізняють нееластичні та еластичні гелі. *Нееластичні гелі* всмоктують будь-яку рідину, що їх змочує, і при цьому їх об'єм майже не змінюється. Такі гелі, втративши певну кількість води, різко змінюють свої фізичні властивості і стають крихкими. Як правило, крихкі гелі мають сильнопористу структуру з безліччю вузьких жорстких капілярів діаметром біля 20-40 Å. [1 – 3]

*Еластичні гелі* поглинають не всі рідини, які їх змочують, а тільки деякі. Найчастіше цими рідинами є ті, в яких речовина гелю може існувати також у вигляді рідкого розчину та рідини, схожі з ними за своїм хімічним складом. Еластичні гелі здатні відновлювати свою форму після вимушеної деформації. [1 – 3]

Хімічні реакції в гелях не відрізняються від реакцій у розчинах. Проте внаслідок відсутності конвекційних потоків реакції в гелях протікають без перемішування. [1 – 3]

В даній роботі для досліджень за відомими методиками були синтезовані нееластичні гелі силікатної кислоти, що мають різне дисперсне середовище.

**Гідрогель** (середовище вода) *силікатної кислоти одержували так:* в хімічний стакан до 10 мл силікатного клею, розведеного дистиллятом (1:2), додавали по крапельно 10 мл 10 % розчину HCl.

**Алкогель** (середовище етанол) *силікатної кислоти було синтезовано таким способом:* в стакан наливали 10 мл силікатного клею, розведеного дистиллятом (1:2). Сюди ж, при перемішуванні додавали по крапельно 10 мл 96 % етанолу.

Механізм гелеутворення силікатної кислоти шляхом желатинування розчинів силікатного клею молекулами води або етанолу полягає в тому, що між молекулами натрій силікату утворюється сітка, в порожнинах якої залишається вода чи спирт.

Наявність іонів Na<sup>+</sup> в синтезованих гелях не заважала подальшому дослідженню кінетичних характеристик (кінетичної стійкості) гелів силікатної кислоти.

В обох випадках об'ємне співвідношення вихідного розчину до гелеутворювача становило (1:1). Встановлено, що при додаванні до вихідного розчину розчину гелеутворювача в співвідношенні (2:1) гель утворюється більш прозорим та більш текучим, а при співвідношенні (1:2) – гель утворюється занадто крихким.



Встановлено, що нагрівання гідрогелю силікатної кислоти, і алкогелю на водяній бані до температури 100 °С протягом 5 хвилин призводить до необоротного синерезису гелю.

У випадку утворення гідрогелю отримано прозорий гель силікатної кислоти, який при стоянні на повітрі через 2 год став білим та крихким; у випадку синтезу алкогелю отримано білий гель, який затвердів і став крихким вже протягом першої години, що можливо пов'язано із більшою леткістю етанолу в порівнянні з водою. Алкогель силікатної кислоти через наявність в розгалужених сітках етанолу здатний горіти.

Встановлено, що в залежності від ступеня розведення силікатного клею водою, швидкість утворення гелю зменшується. При співвідношенні силікатного клею і води (1:15), навіть при стоянні розчинів протягом 1 години, гель силікатної кислоти не утворюється зовсім.

1. Каданер Л. І. Фізична і колоїдна хімія: Підруч. для природ. фак. пед. ін-тів.– К.: Вища шк., 1971. – 284 с.

2. Колоїдна хімія з основами фізичної хімії високомолекулярних сполук: Підручник / І. О. Усков, Б. В. Єременко, С. С. Пельшенко, В. В. Нижчик. – К.: Вища шк., 1995. – 142 с.

3. Гелі, їх виникнення, будова і властивості. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/6272689/page:11/>

## **СИНТЕЗ ДИГІДРОКСОФТАЛОЦІАНІНАТІВ ЦИРКОНІЮ ТА ГАФНІЮ**

*Федосова Н.М., Селін Р.О., Третьякова І.М., Черній В.Я.*

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

[selin.roman.oleksandrovich@gmail.com](mailto:selin.roman.oleksandrovich@gmail.com)

Фталоціаніни та їх металокомплекси в останні роки привертають дедалі більшу увагу багатьох дослідників завдяки яскраво вираженим електрохромним і напівпровідниковим властивостям, а також унікальним спектральним характеристикам, що відкриває нові сфери їх застосування.

Дихлоридофталоціанінати цирконію та гафнію є перспективними об'єктами для дослідження, оскільки вони досить легко реагують з  $\beta$ -дикетонами,  $\beta$ -кетоефірами, карбоновими кислотами тощо [1-4] з утворенням відповідних заміщених позаплощинно координованих фталоціанінових комплексів. Але, у результаті даної реакції виділяється хлороводень, який може негативно впливати на її перебіг та утворення цільових продуктів. Наприклад, хлороводень може ініціювати гідроліз вихідних сполук, чутливих до кислотного середовища, зокрема,  $\beta$ -кетоефірів, що, в свою чергу призведе до утворення побічних продуктів і, відповідно, до зниження чистоти та виходу цільових комплексів. В той же час, в аналогічних реакціях, в яких вихідними фталоціаніновими сполуками є дигідроксофталоціанінати цирконію та гафнію, в результаті взаємодії з дикарбонільними сполуками або карбоновими кислотами утворюється вода, яка не здійснює негативного впливу ні на вихідні речовини, ні на перебіг реакції в цілому. Таким чином, дигідроксофталоціанінати цирконію та гафнію позбавлені даного недоліку, пороте їх методи одержання описані недостатньо.

Метою даної роботи є оптимізація способів одержання дигідроксофталоціанінатів цирконію та гафнію виходячи як з алкоксидів металів (рис., схема А), так і шляхом гідролізу відповідних дихлоридофталоціанінатів (рис., схема В).

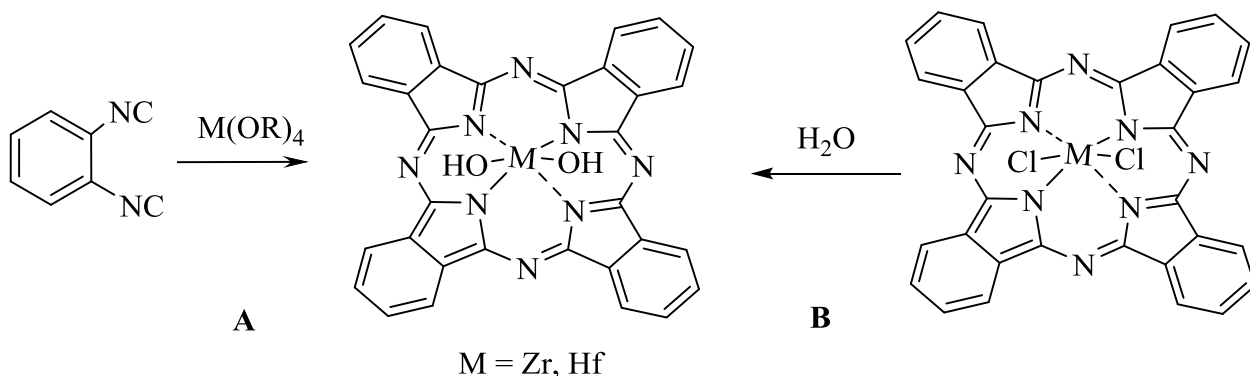


Рис. Схема одержання дигідроксофталоціанінатів цирконію та гафнію з алкоксидів металів (А) та шляхом гідролізу дихлоридних комплексів (В).

Як зазначалось вище, одним з методів синтезу дигідроксоформ фталоціанінових комплексів цирконію та гафнію є використання висококиплячих спиртів, як розчинників, та відповідних тетрахлоридів металів (рис., схема А) [5]. В результаті реакції спочатку утворюється алкоксид металу і тільки після повного виділення хлороводню він реагує з фталодинітрилом.

Оскільки реакції проводились в середовищі відповідного киплячого спирту було встановлено роль температурного фактору на перебіг даної реакції. Згідно з отриманими даними (таблиця), підвищення температури реакційної суміші не призводить до збільшення виходів кінцевих продуктів. Синтез дигідроксофталоціанінів цирконію та гафнію за таким методом протікає з досить низькими виходами, за даними ІЧ-спектроскопії та елементного аналізу на метал, їх чистота не висока.

Іншим методом одержання дигідроксо фталоціанінатів цирконію та гафнію є гідроліз відповідних дихлоридних комплексів (рис., схема В). Як зазначають автори [6], дихлоридні фталоціанінові комплекси цирконію та гафнію нестабільні і в процесі очистки гідролізуються до продуктів загальної формули  $PcM(OH)_2$ , де  $M = Zr, Hf$ . Проте нами встановлено, що дихлоридні фталоціанінові комплекси цирконію та гафнію більш гідролітично стабільні. Так при їх кип'ятінні протягом 8 год в бутанолі насиченому водою гідроліз не відбувається взагалі, а при взаємодії з 10% водним розчином аміаку протягом 72 годин при кімнатній температурі спостерігався лише частковий гідроліз дихлоридних комплексів. Також неповний гідроліз спостерігається при використанні систем вода-піридин чи триетиламін.

Таблиця.

Умови проведення синтезу дигідроксофталоціанінів цирконію та гафнію з алкоксидів металів та шляхом гідролізу відповідних дихлоридних комплексів.

Метал	Синтез з алкоксидів металів				Гідроліз дихлоридних комплексів			
	Спирт	Т, °С	Час, год.	Вихід, %	Реагент	Т, °С	Час, год.	Вихід, %
Zr	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	140	10	38	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	120	8	0
	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> OH	180	8	40	NH <sub>4</sub> OH	20	72	*
	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> OH	220	8	40	NH <sub>4</sub> OH	95	12	88
Hf	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	140	10	25	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	120	8	0
	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> OH	180	8	27	NH <sub>4</sub> OH	20	72	*
	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> OH	220	8	28	NH <sub>4</sub> OH	95	12	76

\* - Лише частковий гідроліз.

Шляхом реакції дихлоридних фталоціанінових комплексів цирконію та гафнію з 25% водним розчином аміаку при кип'ятінні протягом 12 год (таблиця) було одержано відповідні дигідроксофталоціанінові комплекси та досліджено їх реакційну здатність.

Таким чином, було встановлено, що метод синтезу дигідрокси фталоціаніну цирконію та гафнію виходячи з відповідних алкоксидів не приводить до задовільних результатів, а гідроліз дихлоридних комплексів слід проводити в більш жорстких умовах, ніж це було описано раніше.

1. Tomachynski L.A., Tretyakova I.N., Chernii V. Ya., Volkov S.V., Kowalska M., Legendziewicz J., Gerasymchuk Y.S., Synthesis and spectral properties of Zr (IV) and Hf (IV) phthalocyanines with  $\beta$ -diketonates as axial ligands // *Inorg. Chim. Acta.* – 2008. – 361, № 9-10. – P. 2569-2581.

2. Tretyakova I.N., Chernii V. Ya., Tomachynski L.A., Volkov S.V. Synthesis and luminescent properties of new zirconium (IV) and hafnium (IV) phthalocyanines with various carbonic acids as out-planed ligands // *Dyes Pigments.* – 2007. - 75, № 1. – P. 67-72.

3. Chernii V.Ya., Bon V.V., Tretyakova I.N., Severinovskaya O.V., Volkov S.V. Novel zirconium (IV) and hafnium (IV) phthalocyanines with dibenzoylmethane as out-of-plane ligand: Synthesis, X-ray structure and fluorescent properties // *Dyes Pigments.* – 2012. – 94, №2. – P. 187-194.

4. Tomachynski L.A., Chernii V.Ya., Kolotilova Yu.Yu., Chernega A.N., Howard J.A.K., Volkov S.V. Synthesis, structure, spectroscopic properties, and electrochemical behavior of mixed ligand bis ( $\beta$ -ketoesterato) zirconium (IV) and-hafnium (IV) phthalocyaninates // *Inorg. Chim. Acta.* – 2007. – 360, №5. – P. 1493-1501.

5. Yao J., Yonehara H., Pac Ch. A convenient synthetic method for pure oxo(phthalocyaninato)titanium (IV) and application to other metal phthalocyanines. // *Bull. Chem. Soc. Jpn.* – 1995. – 68, №3. – P.1001-1005.

6. Goedken.V.L., Dessy G., Ercolani C. et al. Synthesis, reactivity, and X-ray crystal structure of dichloro(phthalocyaninato)titanium (IV) // *Inorg. Chem.* – 1985. – 24. – P.991–995.

Робота виконана при підтримці проекту CRDF № FSA3-19-65501-0.

## КОМПЕНСАЦІЙНИЙ ЕФЕКТ У КІНЕТИЦІ ХІМІЧНОГО РОЗЧИНЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ $Zn_xCd_{1-x}Te$ В БРОМВИДЛЯЮЧИХ ТРАВНИКАХ $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – РОЗЧИННИК

*Чайка М.В.<sup>1</sup>, Томашик З.Ф.<sup>2</sup>, Денисюк Р.О.<sup>1</sup>, Томашик В.М.<sup>2</sup>, Панасюк Д.Ю.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Житомирський державний університет імені Івана Франка, [laridae92@gmail.com](mailto:laridae92@gmail.com)

<sup>2</sup> Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України

<sup>3</sup> Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

Хімічна обробка поверхні монокристалів  $Zn_xCd_{1-x}Te$ , а також її вплив на властивості та якість матеріалу є надзвичайно важливою, оскільки саме стан полірованої поверхні є одним з критичних параметрів при виробництві робочих елементів електронних приладів на їх основі. Для розробки травильних композицій необхідно в першу чергу встановлювати основні фізико-хімічні закономірності, що визначають кінетику процесу розчинення напівпровідників, роль та вплив основних компонентів у складі травника, особливості їх взаємодії.

Одним із факторів, який впливає на швидкість хімічної реакції, є температура, за якої відбувається взаємодія речовин. Збільшення швидкості реакції при підвищенні температури пов'язано зі зростанням константи швидкості реакції, адже концентрації реагуючих речовин при цьому майже не змінюються. Така залежність дає можливість встановити константу швидкості реакцій та уявну енергію активації за допомогою *рівняння Арреніуса*:

$$k = C_E e^{-E/RT} \quad (1)$$

де  $k$  – константа швидкості реакції,  $C_E$  – передекспоненційний множник,  $E_a$  – уявна енергія активації процесу,  $R$  – універсальна газова стала ( $R = 8,314$  Дж/моль·К).

З рівняння видно, що швидкість реакції повинні зменшуватись при збільшенні уявної енергії активації. Але на практиці збільшення енергії активації не завжди призводить до зменшення швидкості хімічної реакції, оскільки взаємодія між речовинами визначається не лише ентальпійним, але й ентропійним фактором ( $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ). При цьому за ентальпійний фактор відповідає саме  $E_a$ , тоді як ентропійний фактор характеризує вплив форм і розмірів частинок та їх орієнтації під час зіткнення на швидкість хімічної взаємодії. Саме зміна ентропії  $\Delta S$  пов'язана з передекспоненційним множником:

$$C_E = e^{\Delta S/R} \quad (2)$$

Звідси слідує, що зростання  $\Delta S$  може частково або повністю компенсувати збільшення уявної енергії активації, оскільки величина передекспоненційного множника  $C_E$  збільшується.

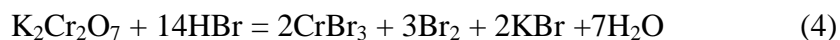
Для активаційних процесів існує взаємозв'язок між уявною енергією активації та передекспоненційним множником. Це відмічають дослідники таких активаційних процесів як: каталітичне розщеплення вторинних спиртів, десорбція газів з поверхні твердих тіл, гетерогенний катализ [1]. Хімічне травлення також є активаційним процесом [2], тому повинна спостерігатись лінійна залежність між  $\ln C_E$  та  $E$ , яка описується рівнянням:

$$\ln C_E = aE + b, \text{ де } a \text{ і } b - \text{ постійні} \quad (3)$$

Така залежність відома як компенсаційна, адже збільшення ентропійного фактору  $C_E$  в рівнянні Арреніуса повністю або частково компенсує зменшення множника ( $-E/RT$ ).

Метою нашого дослідження є вивчення компенсаційної залежності в кінетиці хімічного розчинення поверхні монокристалів  $Zn_xCd_{1-x}Te$  у водних розчинах  $K_2Cr_2O_7 - HBr$  – розчинник, встановлення впливу на неї природи напівпровідників та складу травильних композицій.

Закономірності розчинення монокристалів  $Zn_xCd_{1-x}Te$  в травильних композиціях  $K_2Cr_2O_7 - HBr$  – розчинник досліджували у відтворюваних гідродинамічних умовах при  $T = 285-301$  К та швидкості обертання диску  $\gamma = 82$  хв<sup>-1</sup> згідно методики хіміко-динамічного полірування (ХДП), наведеної в [3]. Для експериментальних досліджень використовували нелеговані монокристали: вирощені методом Бріджмена  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ , а також  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ , отриманий з газової фази. Травильні розчини готували з використанням 10,9 % водного розчину  $K_2Cr_2O_7$  (х.ч.), 40 %  $HBr$  (ос.ч), 9 % оксалатної, 27% тартратної, 100% ацетатної, 80% лактатної кислот та етиленгліколю (х.ч). Перед травленням всі розчини витримували протягом двох годин для встановлення рівноваги хімічної реакції:



Для перевірки існування компенсаційної залежності в кінетиці хімічного розчинення поверхні монокристалів  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  та  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  досліджено температурні залежності швидкостей їх розчинення в бромвідляючих травниках систем  $K_2Cr_2O_7 - HBr$  – розчинник (етиленгліколь, лактатна, тартратна, оксалатна та ацетатна кислоти). З графічних залежностей  $\ln v = f(1/T)$  розраховано значення уявної енергії активації ( $E_a$ ) і передекспоненційного множника ( $C_E$ ) та встановлено, що  $E_a$  змінюється в інтервалі від 8,6 до 25,4 кДж/моль, а  $\ln C_E$  – від 5,4 до 11,8. Отримані значення вказують на лімітування процесу розчинення дифузійними стадіями, оскільки розрахована  $E_a$  не перевищує 30 кДж/моль.

З побудованої графічної залежності  $\ln C_e = f(E_a)$  видно, що отримані значення знаходяться на прямій лінії (рис. 1). Отже, спостерігається лінійна залежність між логарифмом передекспоненційного множника та уявною енергією активації.

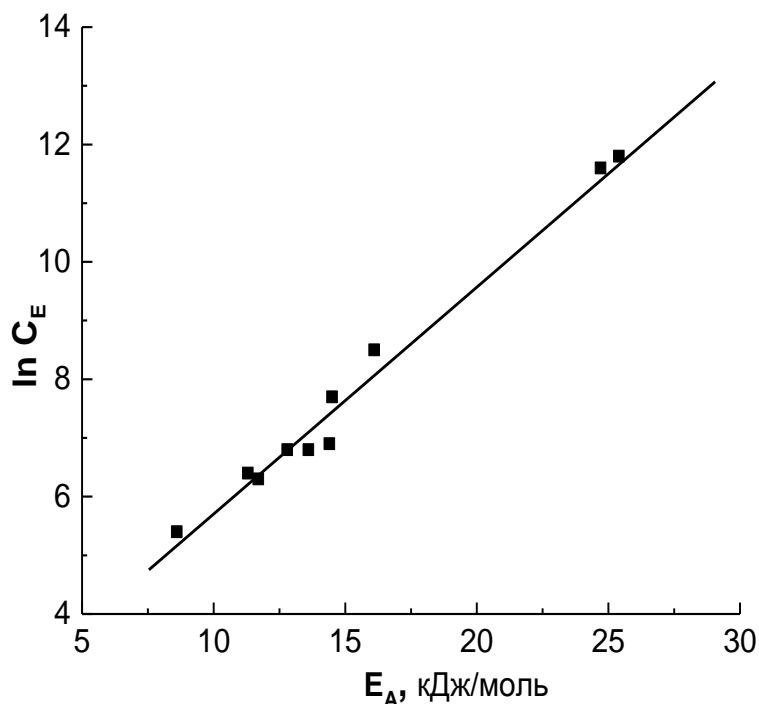


Рис. 1. Залежність передекспоненційного множника ( $\ln C_E$ ) від уявної енергії активації ( $E_a$ ) процесу розчинення  $Zn_xCd_{1-x}Te$  утравниках  $K_2Cr_2O_7 - HBr$  – розчинник.

Це свідчить про наявність компенсаційного ефекту в кінетиці хімічного розчинення поверхні напівпровідникових монокристалів  $Zn_xCd_{1-x}Te$  у досліджуваних травильних композиціях. Внаслідок лінійної апроксимації залежності логарифму передекспоненційного множника від уявної енергії активації встановлено, що вона описується таким рівнянням:

$$\ln C_E = (1,77 \pm 0,29) + (0,28 \pm 0,01) E_a \quad (5)$$

За результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що при хімічному розчиненні монокристалів  $Zn_xCd_{1-x}Te$  в бромвиділяючих розчинах  $K_2Cr_2O_7 - HBr$  – розчинник спостерігається компенсаційна залежність, на яку не впливає природа напівпровідникового матеріалу, проте важливу роль відіграє характер травильних композицій, які використовуються для розчинення поверхні досліджуваних матеріалів.

1. Ema T. Compensation effect between differential activation enthalpy and entropy in subtilisin-catalyzed kinetic resolutions of econdarya lcohol / T. Ema, K. Yamaguchi, Y. Wakasa, et al. // Chem. Lett. – 2000. – Vol. 29, No. 7. – P. 782-783.

2. Гуменюк О.Р. Компенсационный эффект в кинетике химического взаимодействия CdTe с рас творами системы  $H_2O_2 - HI$  – молочная кислота / О.Р. Гуменюк, З.Ф. Томашик, В.Н. Томашик, П.И. Фейчук // Конденс. среды и межфаз. границы. – 2002. – Т. 4, № 3. – С. 242-246.

3. Чайка М.В. Особливості хімічного розчинення монокристалів CdTe,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  та  $CdxHg_{1-x}Te$  у водних розчинах  $K_2Cr_2O_7 - HBr - C_4H_6O_6$  / М.В. Чайка, З.Ф. Томашик, В.М. Томашик, Г.П. Маланич, А.А. Корчовий // Вопр. химии и хим. технол. – 2018. – № 6. – С. 99-106.

## ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В ПОДВІЙНІЙ СИСТЕМІ $\text{La}_2\text{O}_3\text{--Lu}_2\text{O}_3$ ПРИ 1600 °С

*Чудінович О. В.<sup>1</sup>, Жданюк Н. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України

<sup>2</sup>Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

[chudinovych\\_olia@ukr.net](mailto:chudinovych_olia@ukr.net)

Діаграми стану на основі рідкісноземельних оксидів представляють як науковий, так і практичний інтерес для отримання перспективних керамічних матеріалів функціонального призначення. Легування оксиду лантану різними оксидами рідкісноземельних елементів (РЗЕ) дозволяє отримати матеріали з особливими оптичними, люмінесцентними, діелектричними властивостями, що робить його привабливим в якості матеріалу для фотоперетворювачів. Отримання прозорої анізотропної кераміки можливе на основі складних оксидних фаз  $\text{LnLn}'\text{O}_3$  ( $\text{Ln}, \text{Ln}' = \text{РЗЕ}$ ) із структурою типу перовскиту, легованого люмінесцентними добавками ( $\text{Lu}^{3+}, \text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$ ).

Для вивчення взаємодії фаз у досліджуваній системі як вихідні речовини використовували  $\text{La}_2\text{O}_3$  марки ЛаО-1,  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  з вмістом основного компоненту 99,99 % та азотну кислоту марки "ЧДА". Зразки готували з концентраційним кроком 1–5 мол. % із розчинів нітратів з наступним випарюванням та розкладом нітратів на оксиди шляхом прожарювання при 800 °С протягом 2 годин. Порошки пресували в таблетки діаметром 5 і висотою 4 мм під тиском 10–30 МПа. Термообробку зразків проводили у дві стадії: у печі з нагрівачами Н23U5Т (фехраль) при 1100 °С і у печі з нагрівачами з дисиліциду молібдену ( $\text{MoSi}_2$ ) при 1600 °С на повітрі. Зразки нагрівали від кімнатної до потрібної температури із швидкістю 3 град/хв. Випал був неперервним. Фазовий склад зразків досліджували методом рентгенофазового аналізу (РФА).

Рентгенофазовий аналіз зразків виконано за методом порошку на установці ДРОН-3М при кімнатній температурі ( $\text{CuK}\alpha$  – випромінювання). Крок сканування складав 0,05–0,1 град у діапазоні кутів  $2\theta$  від 15 до 90°. Періоди кристалічних ґраток розраховано за методом найменших квадратів, використовуючи програму LATTEC з похибкою не нижче 0.0001 нм для кубічної фази. Для визначення фазового складу використовували базу даних Міжнародного комітету порошкових стандартів (JSPDS Міжнародний центр дифракційних даних, 1999).

Дослідження твердофазної взаємодії оксидів лантану та лютецію при температурі 1500 °С показало, що в системі  $\text{La}_2\text{O}_3\text{--Lu}_2\text{O}_3$  утворюються три типа твердих розчинів: на основі кубічної модифікації С- $\text{Lu}_2\text{O}_3$ , гексагональної модифікації А- $\text{La}_2\text{O}_3$ , а також упорядкованої фази  $\text{LaLuO}_3$  (R), що кристалізується в структурі типу перовскиту з ромбічними викривленнями, які розділені двофазними полями (A + R) та (C + R). Визначено, що розчинність  $\text{La}_2\text{O}_3$  в С- $\text{Lu}_2\text{O}_3$  складає ~ 7 мол. %. Параметр елементарної комірки збільшується від  $a = 1,039$  нм для чистого  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  до  $a = 1,040$  нм для граничного складу твердого розчину. Розчинність  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  в А- $\text{La}_2\text{O}_3$  дорівнює ~ 9 мол. %. Параметри елементарної комірки збільшується від  $a = 0,6523$ ,  $c = 0,3855$  нм для чистого  $\text{La}(\text{OH})_3$  до  $a = 0,6499$ ,  $c = 0,3830$  нм для зразка складу 90 мол. %  $\text{La}_2\text{O}_3\text{--}10$  мол. %  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  (A + R). Встановлено, що R-фаза існує в інтервалі концентрацій 48-55 мол. %  $\text{Lu}_2\text{O}_3$ .

**ХІМІЧНІ ПРЕПАРАТИ**  
**В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ**



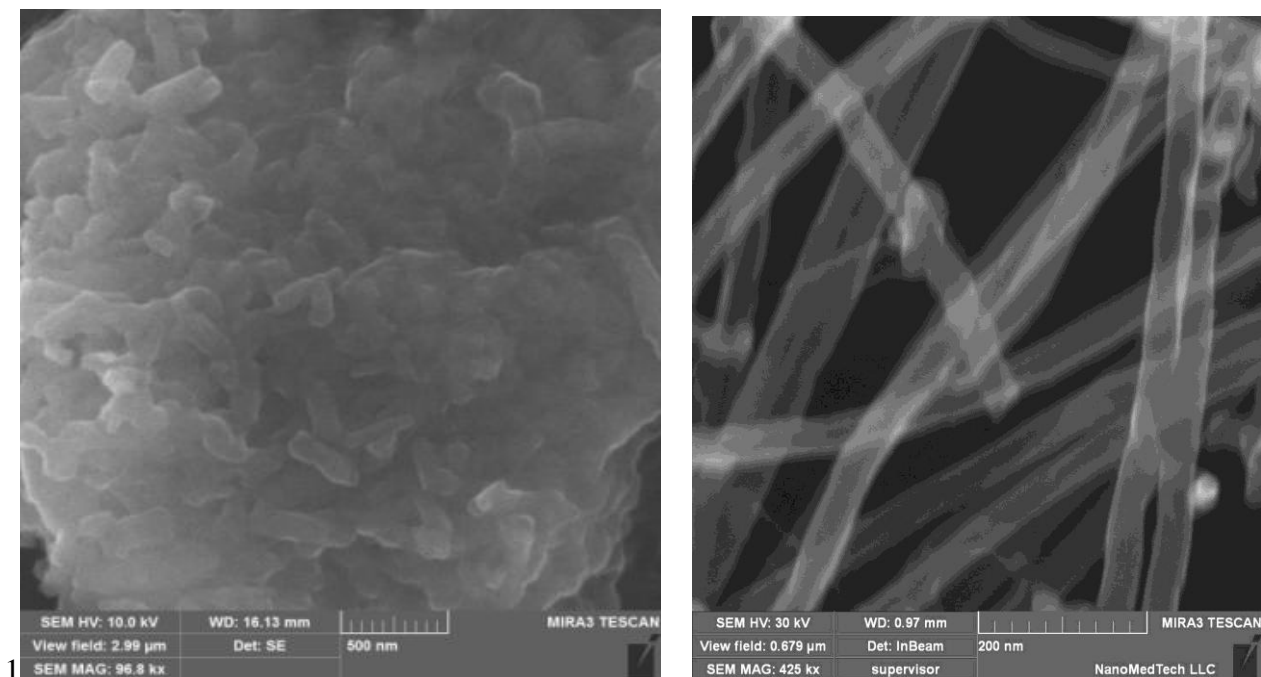
## СИЛКАТНІ НАНОТРУБКИ ЯК НОВІТНІЙ НОСІЙ ГЕНТАМІЦИНУ

Андріюк Н.<sup>1</sup>, Бричка С.Я.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну, [nandriyk@gmail.com](mailto:nandriyk@gmail.com)

<sup>2</sup> Інститут газу НАН України

Галоїзитні нанотрубки (ГНТ) є природними матеріалами з еко-, біосумісними властивостями [1, 2]. Оскільки, зовнішня поверхня ГНТ сформована силоксановими структурними одиницями з низькою реакційною здатністю, нанесені молекули активних фізіологічних інгредієнтів переважно утримуються на носію за рахунок слабких водневих хімічних зв'язків, сил Ван-дер-Ваальса та дисперсійних. Проблему міцного зв'язування молекул вирішують за рахунок модифікування нанотрубок, наприклад, органосиланами, які мають активні реакційні центри. Одержаний гібридний носій препарату з прищепленим 3-амінопропілтриетоксисиланом на поверхні нанотрубок виявився ефективним носієм лікарського засобу гентаміцину.



SEM зображення галоїзитних та карбонових нанотрубок

Експериментальна частина. Силан 50 мл 5% розчину в етанолі перемішували протягом 1 год при 20 °С, згодом 2 г нанотрубок додавали до розчину при перемішуванні, далі фільтрували, промивали етиловим спиртом і сушили протягом 24 годин. На модифіковані нанотрубки наносили гентаміцин сульфат в дистильованій воді при 50 °С протягом 24 годин при перемішування і потім сушили при 60 °С.

Термічні дослідження показали, що гентаміцин менш схильний до термічного розкладання вище 250-300 °С у гібридних матеріалах. Гібридні матеріали ГНТ проявили високу антибактеріальну властивість, особливо проти штаму *S.Epidermidis*.

Таким чином, синтезовано препарат із збереженням антибактеріальних властивостей подібних до чистого гентаміцину

1. Бричка С.Я. Химия галлоизитных и имоголитных нанотрубок. – Київ, Україна: Видавничий дім «Кий», 2016, 258 с.

2. Suprun N.P., Brichka A.V., Brichka S.Ya. Synthesis and investigation of agar-agar gels filled by halloysite nanotubes for medical use. // *Fibres and textiles*. - 2017. - Vol. 24, № 4. - P. 47-50.

## СИНТЕЗ, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НОВИХ 5-ГЕТЕРИЛ-4-R-1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ТІОЛІВ

Бігдан О. А., Парченко В. В.

Запорізький державний медичний університет

[abigdana@gmail.com](mailto:abigdana@gmail.com)

Щорічні публікації науковців в галузі органічної хімії доводять перспективу пошуку біологічно активних сполук серед похідних 1,2,4-триазолу [1]. Ця гетероциклічна система та її похідні протягом багатьох років залишаються об'єктом уваги з метою створення нових оригінальних молекул, перспективних для впровадження у різні сфери життєдіяльності людини. Потреба у нових ефективних та, безумовно, практично нетоксичних ліках постійно зростає у всьому світі. Тому синтез нових оригінальних молекул, їх подальші біологічні, хіміко-технологічні дослідження та практичне впровадження у практику є актуальною задачею сучасної фармацевтичної та медичної галузей. Аналіз певних літературних джерел, які стосуються наукових досліджень похідних 1,2,4-триазолу доводить перспективу роботи у цьому напрямку [2, 3].

Сучасним науковим трендом залишається можливість комбінації ядра 1,2,4-триазолу та фармакофорних фрагментів різної природи, які розташовані за різними положеннями 1,2,4-триазолового циклу [4]. Учені аргументовано та впевнено доводять таку доцільність [4]. Тому метою роботи є дослідження фізико-хімічних та біологічних властивостей нових похідних 5-гетерил-4-R-1,2,4-триазол-3-тіолів, які можуть буди перспективними об'єктами для створення нових біологічно активних молекул, активних фармацевтичних інгредієнтів потенційних ліків. З метою розширення арсеналу нових перспективних молекул нами синтезовано ряд похідних 1,2,4-триазолу: 5-гетерил-4-((арил-, гетерил)іліден)аміно-1,2,4-триазол-3-тіоли, 4-(R<sub>2</sub>-аміно)-5-гетерил-1,2,4-триазол-3-тіоли, 1,4-біс((5-(гетерил)-4-метил-1,2,4-триазол-3-іл)тіо)пропани, 1,4-біс((5-(гетерил)-4-метил-1,2,4-триазол-3-іл)тіо)бутани, 3-алкілтіо-5-(гетерил)-4-метил-1,2,4-триазоли та 3-(гетерил)-6-(арил-, гетерил)-[1,2,4]триазол[3,4-b][1,3,4]тіадіазоли. Фізико-хімічні властивості синтезованих сполук досліджено за допомогою комплексних сучасних методів аналізу, їх індивідуальність – хроматографічно.

Дослідження гострої токсичності, протимікробної активності та деяких показників діуретичної дії дало змогу встановити певні закономірності між будовою синтезованих сполук та їх біологічною активністю та токсичністю.

1. Bratenko M. K. 4-Functionally Substituted 3-Hetarylpyrazoles: XX. Synthesis of Derivatives of 5-(Pyrasol-4-yl)-1,2,4-triazole and 3-(Pyrasol-4-yl)-1,2,4-triazolo[3,4-c][1,4]oxazine / M. K. Bratenko, N. V. Panasenko, M. V. Vovk // *Rus. J. of Organic Chem.* – 2013. – Vol. 49, N 2. – P. 294-297.

2. Bansode S. Synthesis of novel 2-(3'-aryl-sydnon-4'-ylidene)-5'-substituted-[1,3,4]-thiadiazolylamines and [1,3,4]-thiadiazol-2'-yl-3-oxo-[1,2,4]-triazoles as antimicrobial agents / S. Bansode, R. Kamble // *Med. Chem. Res.* – 2012. – Vol. 21, issue 6. – P. 867-873.

3. Скринінгове дослідження тіазолотіопіранів як потенційних антигіпоксантів з термопротекторними властивостями / Лук'янчук В. Д., Резняк С. Я., Атаманюк Д. В., Лесик Р. Б. // *Ліки.* – 2007. – № 3-4. – С. 56-61.

4. Синтез и противоопухолевая активность 2-N-, 3-S-замещенных 5-[2-(4-бензилоксифенил)-1,2,4-триазолов и ацилгидразидов / Григорян Л. А., Калдрикан М. А., Мелик-Оганджян Р. Г., Арсенян Ф. Г. // *Хим.-фармац. журн.* – 2012. – Т. 46, № 9. – С. 11-15.

# СИНТЕЗ АУРОНІВ 3 $\alpha$ ТА $\beta$ -НАФТОЛІВ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИХ ІНГІБІТОРІВ ПРОТЕЇНКІНАЗИ СК2

*Вдовін В.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Інститут молекулярної біології та генетики НАН України, [vdovin098599@gmail.com](mailto:vdovin098599@gmail.com)

Аурони - природні та синтетичні сполуки, які мають біологічну активність, що робить їх перспективними об'єктами для медичних досліджень [1]. Такий аурон, як сульфуретин, пригнічує запалення та окиснювальний стрес і має протиракові властивості, а ауреусидин виявив антиоксидантну активність [2].

В наших попередніх роботах було синтезовано низку ауронів та виявлено їхню здатність інгібувати протеїнкіназу СК2 – ензим, задіяний у передачі сигналу в клітинах людського організму шляхом фосфорилування численних субстратів [3]. В продовження досліджень в цьому напрямку нами було синтезовано низку ауронів виходячи з  $\alpha$ - та  $\beta$ -нафтолів (Схема 1).

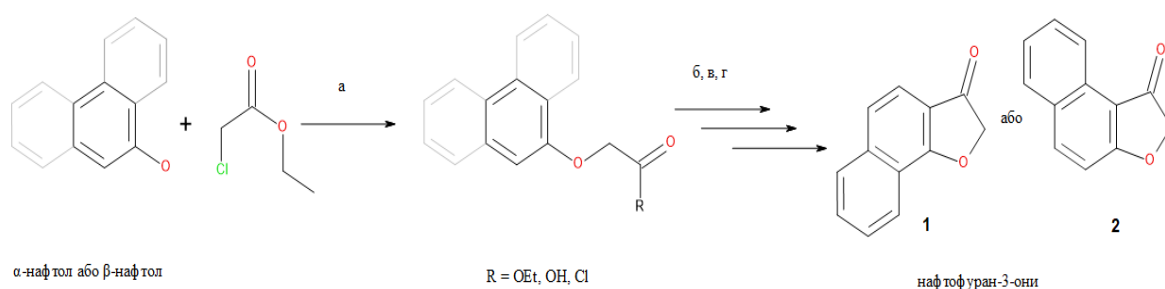


Схема 1. Синтез нафтофуран-3-онів, які є вихідними речовинами для синтезу ауронів.

а:  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , ацетон, 24 години; б: 1)  $\text{KOH}$ , 2)  $\text{HCl}$ ; в:  $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $80^\circ\text{C}$ , 3 години.; г: –  $\text{AlCl}_3$ ,  $80-90^\circ\text{C}$ , 1,5 години.

$\alpha$ - чи  $\beta$ -нафтол алкілуванням етил-2 хлорацетатом і подальшим лужним гідролізом отриманих естерів було перетворено на  $\alpha$ - чи  $\beta$ -нафтоксиоцтові кислоти. Далі нафтоксиоцтові кислоти дією хлористого тїонїла перетворили на відповідні хлорангідриди, які циклізували в присутності хлористого алюмінію в нафтофуран-3-они **1** і **2**. Після хроматографічної очистки **1** і **2** вводили в конденсацію з низкою альдегідів, що мали в 3-му чи 4-му положеннях фенольну чи карбоксильну групу (Схема 2).

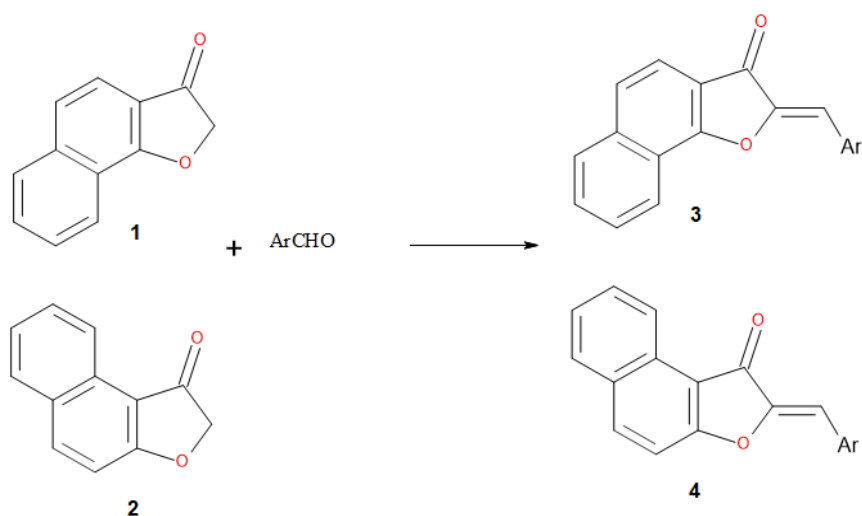


Схема 2. Синтез ауронів з нафтофуран-3-онів.

Для пришвидшення реакцій і повноти проходження конденсації до реакційної суміші додавали каталітичну кількість HCl. Більшість реакцій в ізопропанолі при 80°C завершувались вже за 1 годину. Осади, що утворювалися під час нагрівання було відфільтровано та промито ізопропанолом. Одержані речовини не потребували додаткового очищення. В такий спосіб було синтезовано загалом 35 ауронів **3-4a-s** (Таблиця 1).

Таблиця 1

R	3MeO-4OH-Ph	3OH-Ph	4OH-Ph	3Cl-4OH-Ph	3Cl-4OH-5MeO-Ph
Шифр	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>
R	3,5dCl-4OH-Ph	3,5dBr-4OH-Ph	3OH-4MeO-Ph	4COOH-Ph	3,4dOH-Ph
Шифр	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>j</b>
R	3Br-4OH-Ph	3NO <sub>2</sub> -4OH-Ph	3COOH-4OH-Ph	3MeO-4OH-5Br-Ph	3MeO-4OH-5NO <sub>2</sub> -Ph
Шифр	<b>k</b>	<b>l</b>	<b>m</b>	<b>n</b>	<b>o</b>
R	3,4dOH-5NO <sub>2</sub> -Ph	3OH-4-NO <sub>2</sub> -Ph	3CH <sub>3</sub> -4OH-Ph	3F-4OH-Ph	
Шифр	<b>p</b>	<b>q</b>	<b>r</b>	<b>s</b>	

Інгібувальну активність отриманих речовин щодо протеїнкінази CK2 планується перевірити в системі *in vitro* в подальших дослідженнях.

1. Nicole Morales-Camilo, Cristian O. Salas, Claudia Sanhueza<sup>2</sup>, Christian Espinosa-Bustos, Silvia Sepulveda-Boza, Miguel Reyes-Parada, Fernando Gonzalez-Nilo, Marcos Caroli-Rezende<sup>5</sup> and Angelica Fierro. Synthesis, Biological Evaluation, and Molecular Simulation of Chalcones and Aurones as Selective MAO-B Inhibitors // Chem Biol Drug Des 2015; 85: 685–695.
2. Kumar K.S., Kumaresan R. (2011) A quantum chemical study on the antioxidant properties of aureusidin and bracteatin. Int J Quantum Chem;111:4483–4496.
3. Vdovin, V.S.; Lukashov, S.S.; Borysenko, I.P.; Fesun, I.M.; Yarmoluk, S.M. The Synthesis Of Combinatorial Row Of Aurone Derivatives As Potential Inhibitors Of Protein Kinase CK2. *Ukrainica Bioorganica Acta* **2015**, 1, 25-31.

## КАЛІКС[4]АРЕН С-956 ВПЛИВАЄ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕМБРАНИ

*Веклич Т.О., Шкрабак О.А., Гольден О.В., Кардаш О.О.*

Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України

[veklich@biochem.kiev.ua](mailto:veklich@biochem.kiev.ua)

Регуляція внутрішньоклітинної концентрації іонів кальцію [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub> відіграє ключову роль в механізмах скорочення-розслаблення м'язових клітин, в тому числі гладеньком'язових клітин (ГМК) міометрія [1]. Оскільки основним джерелом іонів кальцію для скорочення міометрія є позаклітинне середовище, саме Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>-АТРаза плазматичної мембрани (ПМ) є провідним «гравцем» у вилученні іонів кальцію з ГМК матки після скорочення [2]. Крім того, даний ензим здійснює точний контроль рівня [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub> в клітинах міометрія у стані спокою за рахунок компенсації пасивного входу іонів Ca через канали ПМ [3]. Регуляторна роль даного транспортного ензиму в ГМК матки є очевидною, модуляція його активності може стати одним з підходів до нормалізації скоротливої функції міометрія за таких патологій, як атонія, гіпо-, гіпертонус матки, слабкість пологової діяльності [4].

Відомі на сьогодні штучні інгібітори ензиму (еозин Y, ортованадат, антагоністи кальмодуліну) хоча і є низькомолекулярними сполуками, мають обмежене використання

через низьку селективність дії [3]. З цієї точки зору цікавими є каліксарени – низькомолекулярні малотоксичні супрамолекулярні сполуки, які здатні утворювати комплекси «господар-гість» із іонами металів і органічними речовинами, та є циклоолігомерами пара-заміщених фенолів та формальдегіду [2]. Численні літературні дані вказують на перспективність застосування цих макроциклічних сполук як ефекторів ензимів, імітаторів рецепторів, ензимів, стабілізаторів органічних полімерів, як платформи ДНК-чипів тощо [5].

У попередніх досліджах, ми показали, що калікс[4]арен С-956 ефективно пригнічує  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ -АТРазну активність ( $I_{0,5} = 15 \text{ мкМ}$ ) і практично не впливає на ензиматичні активності  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТРази і “базальної”  $\text{Mg}^{2+}$ -АТРази ПМ міоцитів матки. Проте механізм його дії є нез’ясованим. Оскільки  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ -АТРаза є інтегральним білком ПМ, не виключено, що вказаний калікс[4]арен здатний впливати на  $\text{Ca}^{2+}$ -помпу опосередковано через ліпідне оточення.

**Метою** цієї роботи було дослідити мембранотропний вплив калікс[4]арену С-956.

Калікс[4]арен С-956 (5,11,17,23-тетра(трифтор)метил-(феніл-сульфоніліміно)метиламіно-25,27-діоктилокси-26,28-дипропоксикалікс[4]арен) (рис. 1) був синтезований та охарактеризований із використанням методів ЯМР та інфрачервоної спектроскопії у відділі хімії фосфоранів Інституту органічної хімії НАН України (зав. відділом – академік НАН України В.І. Кальченко).

0

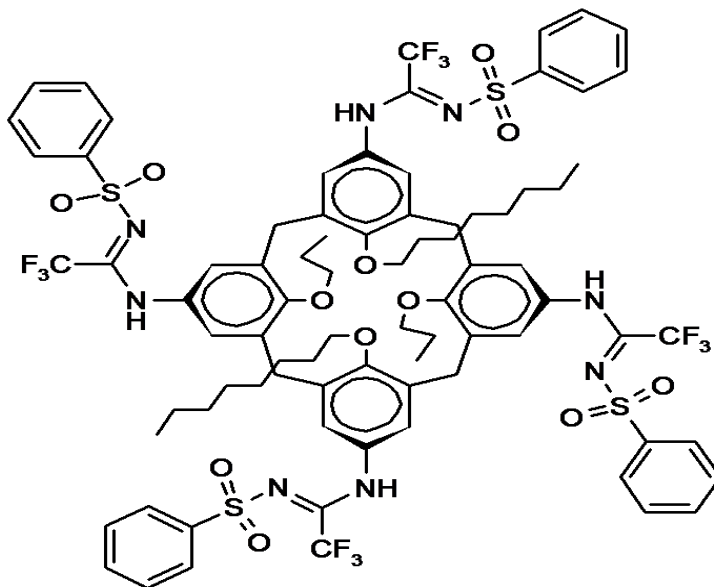


Рис. 1. Структурна формула калікс[4]арену С-956.

Біохімічні дослідження були проведені у відділі біохімії м’язів Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України (зав. відділом – академік НАН України С.О. Костерін).

Експерименти були виконані на фракції ПМ, обробленій 0,1 % розчином дигітоніну. Фракцію плазматичних мембран ГМК виділяли з міометрія свині, як було описано раніше [6]. Вміст білка в мембранній фракції визначали методом М. Bredford [7].

Інтенсивність флуоресценції зонду АНС визначали на спектрофлуориметрі Quanta Master 40 РТІ (Канада) при 37 °С у середовищі (об’єм – 2 мл), яке містило (мМ): 1 АТР, 3  $\text{MgCl}_2$ , 25  $\text{NaCl}$ , 125  $\text{KCl}$ , 1 ЕГТА, 20 Нерес-трис-буфер (рН 7,4), 1  $\text{NaN}_3$ . Кількість білку мембранної фракції в пробі – 75-150 мкг.

Спочатку були визначені довжини хвиль максимумів на спектрах збудження та флуоресценції АНС. Максимум флуоресценції АНС у водному середовищі становить 520 нм, а максимум збудження 380 нм (дані не наведено). Внесення у середовище мембранної фракції суттєво збільшувало квантовий вихід флуоресценції зонду та відбувався зсув

максимумів флуоресценції та збудження до 485 нм та 394 нм відповідно. Оскільки нас цікавить флуоресцентна відповідь зонду зв'язаного з мембраною, ми використовували для подальшого аналізу значення інтенсивності флуоресценції саме за цих довжин хвиль.

Статистичний аналіз одержаних даних проводили із залученням загальновідомих стандартних методів. Кінетичні та статистичні розрахунки здійснювали в режимі програмного забезпечення MS Excel.

Для дослідження мембранотропного впливу калікс[4]арену C-956 ми використали флуоресцентний зонд 1,8-АНС. Його флуоресценція суттєво збільшується при взаємодії з мембранами та залежить від полярності мембранного мікрооточення та поверхневого заряду мембран.

Для того, щоб охарактеризувати взаємодію АНС з мембранами та вплив каліксарену на дану взаємодію ми визначали спектри флуоресценції за різних концентрацій АНС та розраховували характеристичні параметри, а саме уявну константу дисоціації  $K_d$ , що демонструє спорідненість зонду до мембран, та максимальну флуоресценцію  $F_{max}$ , що вказує на максимальну кількість сайтів зв'язування АНС на поверхні мембрани.

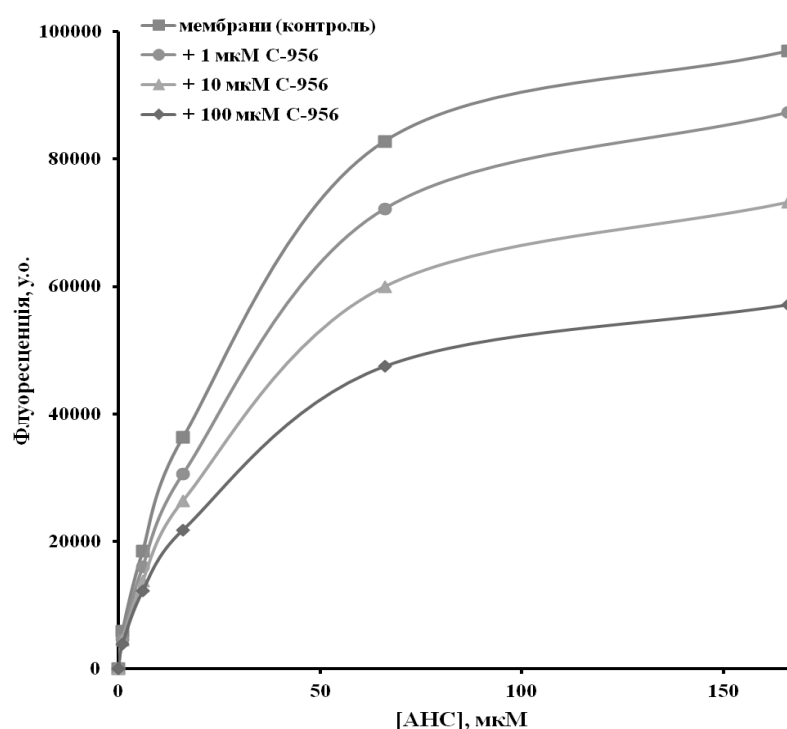


Рис. 2. Вплив калікс[4]арену C-956 на залежність флуоресценції зонду АНС від його концентрації (типовий експеримент).

Як видно з рисунку 2, за присутності калікс[4]арену C-956 відбувається гасіння флуоресценції зонду АНС за різних його концентрацій. Розраховані значення уявної константи дисоціації  $K_d$  ( $34 \pm 3,6$  мкМ,  $36 \pm 3,2$  мкМ,  $33 \pm 4,4$  мкМ,  $28 \pm 6,0$  мкМ відповідно для контролю і у присутності 1 мкМ, 10 мкМ та 100 мкМ калікс[4]арену C-956 в середовищі інкубації) вказують на несуттєві зміни спорідненості мембран до АНС. Натомість максимальний рівень флуоресценції зонду знижується за присутності 100 мкМ калікс[4]арену C-956 у 1,5 рази. Зазначені зміни вказують на зменшення кількості центрів взаємодії з зондом на поверхні мембрани, що може бути зумовлено перебудовою мембранної структури таким чином, що відбувається закривання певної кількості сайтів взаємодії з АНС, без зміни спорідненості решти сайтів до зонду. Можна припустити зміни полярності та/або поверхневого заряду під дією калікс[4]арену C-956.

Отримані результати вказують на можливі зміни як рідинно-кристалічного стану мембран, так і їх поверхневого заряду під впливом високих концентрацій калікс[4]арену C-

956, що в свою чергу може опосередковано впливати на  $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ -АТРаза. Проте, наведені дані також вказують на зв'язування з мембранами калікс[4]сарену, адже вказані зміни можуть відбуватися лише внаслідок змін складу мембран, так як решта параметрів здатних викликати подібні ефекти (рН, температура тощо) є сталими для всіх дослідів. Тобто, калікс[4]арен С-956 вбудовується в мембрани і таким чином викликає описані зміни. Можливо, що саме така зв'язана з мембраною форма калікс[4]арену інгібує вказаний ензим. Саме таким чином, калікс[4]арен С-956 може взаємодіяти не лише з позамембранними доменами інтегральних білків, а й з їх трансмембранними ділянками. Оскільки  $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ -АТРаза є інтегральним білком, у випадку її інгібування калікс[4]ареном С-956, вказаний механізм їх взаємодії може також реалізовуватись та бути основою інгібіторного ефекту досліджуваного калікс[4]арену.

Таким чином, результати цієї роботи можуть бути корисними для розробки, на основі каліксарену С-956, ефективного інгібітора  $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ -АТРази ПМ. Вказаний інгібітор матиме важливе значення для з'ясування мембранних механізмів катіонного обміну у гладеньких м'язах, зокрема, під час вивчення ролі ПМ в забезпеченні електромеханічного спряження в них, а також в регуляції іонного гомеостазу в гладеньком'язових клітинах. Крім того цей калікс[4]арен є перспективними для створення фармакологічних препаратів на його основі, здатних модулювати активність зазначеного ензиму та відповідних фізіологічних функцій за патологічних станів.

*Автори вдячні академіку НАНУ проф. С.О. Костеріну за обговорення результатів дослідів та творчі дискусії.*

1. Костерін С.О., Бабіч Л.Г., Шликов С.Г., Данилович Ю.В., Векліч Т.О., Мазур Ю.Ю. Біохімічні властивості та регуляція  $\text{Ca}^{2+}$ -транспортувальних систем мембранних структур гладеньком'язових клітин // Монографія. – Київ: – Наукова Думка, 2016. – 210 с.

2. Костерін С.О., Кальченко В.І., Векліч Т.О., Бабіч Л.Г., Шликов С.Г. Калікс[4]арени як модулятори АТР-гідролазних систем гладеньком'язових клітин // Монографія. – Київ: – Наукова Думка, 2019. – 266 с.

3. Векліч Т.О., Мазур Ю.Ю., Костерін С.О.  $\text{Mg}^{2+}$ , АТР-залежна кальцієва помпа плазматичної мембрани гладеньком'язових клітин. II. Регуляція активності // Укр. біохім. журн. – 2015. – 87, № 2. – С. 5-25.

4. Hertelendy F. Zakar T. Regulation of myometrial smooth muscle functions // Curr. Pharm. Des. – 2004. – 10, N 20. – P. 2499-2517.

5. Rodik R.V., Boyko V.I., Kalchenko V.I. Calixarenes in Biotechnology and Bio-Medical Researches // Front. Med. Chem. – 2016. – 8. – P. 206-301.

6. Кондратюк Т.П., Быченко С.Ф., Прищепя Л.А., Бабич Л.Г., Курский М.Д., Осипенко А.А. Выделение и характеристика фракции плазматических мембран миомерия свинки // Укр. биохим. журн. – 1986. – 58, № 4. – С. 50-56.

7. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. – 1976. – 72, N 1. – P. 248-282.



## ХЛОРОФИЛЛ

*Гапуров Ж.Ж.*

Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби

[superjgapurov@gmail.com](mailto:superjgapurov@gmail.com)

Наиболее известным представителем класса порфиринов является хлорофилл, присутствующий в больших количествах в зеленых растениях. Хлорофилл, вводимый в организм человека, насыщает кровь кислородом и улучшает азотистый обмен, способствуя детоксикации, а также стимулирует производство эритроцитов. Хлорофилл обладает антиоксидантными свойствами, позволяющими применять его как средство против роста раковых клеток.

Хлорофилл и его производные оказывают антимуtagenное и антиканцерогенное действие. Эти эффекты направлены против многих мутагенов и канцерогенов, таких как полициклические ароматические углеводороды, гетероциклические амины и афлатоксин В1. К тому же, производное хлорофилла – хлорофиллин обладает значительным антимуtagenным действием в отношении противоопухолевых препаратов, которые могут оказывать вредное воздействие на здоровые клетки. Магний в хлорофилле снижает артериальное давление. Его регулярное потребление снижает риск остановки сердца и других сердечно-сосудистых проблем. [1]

Несмотря на это, применение чистого хлорофилла в медицинской практике ограничено, поскольку натуральный хлорофилл из продуктов питания лучше усваивается организмом. Из-за наличия зеленого цвета и широкого распространения во многих растениях хлорофилл может считаться естественным красителем для пищевых продуктов. Тем не менее, во многих случаях он для этой цели не подходит из-за его нестабильной природы в условиях переработки. Для создания стабильных зеленых красящих агентов, производятся металл-замещенные хлорофиллы путем их химической модификации. Самым популярным и промышленно используемым металл-замещенным хлорофиллом является водорастворимый хлорофиллин меди. [2]

На сегодняшний день определенной и стандартизированной информации о содержании хлорофилла в растениях в литературе не существует. Это связано с изменением содержания этого вещества в зависимости от сорта, времени сбора, выбранной части растения и его состояния. Условия хранения и проводимые над сырьем механические процессы также могут сыграть решающую роль. К тому же, результаты различных методов количественного определения и экстракции могут оказаться несовместимы друг с другом.

В хлоропластах хлорофилл содержится вместе с такими биологически активными соединениями, как каротиноиды, липиды и липопротеины. Они часто связаны с хлорофиллом через нековалентные связи. По этой причине он легко извлекается из зеленых растений органическими растворителями, в особенности полярными растворителями, такими как ацетон, метанол и этиловый спирт. [3]

1. Ferruzzi M.G., Blakeslee J. Digestion, absorption, and cancer preventative activity of dietary chlorophyll derivatives // Nutrition Research – 2007. – 27. – С. 1–12.

2. Lanfer Marquez U.M., Sinnecker P. Chlorophylls: properties, biosynthesis, degradation and functions // Food Colorants: Chemical and Functional Properties – 2008. – С. 25-49.

3. Daood H.G. Chlorophylls // Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition – 2003. – №2. – С. 1196-1205.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ТУИ ЗАПАДНОЙ

Гануров Ж.Ж.

Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби,

[superjgapurov@gmail.com](mailto:superjgapurov@gmail.com)

Туя Западная (*Thuja occidentalis*) – одноцветное хвойное дерево, достигающее высоты 15-38 м, склонное к отставанию или падению в росте в суровых, холодных условиях. Это растение широко применяется в традиционной медицине против множества болезней, поскольку оно обладает иммуностимулирующей и противовирусной активностью. Кроме того, Туя обладает вяжущей, глистогонной, противовоспалительной, антиоксидантной и гепатопротекторной активностью. Также было обнаружено, что этанольные экстракты этого растения обладают противоязвенной и противораковой активностью. Тем не менее, важным фактором для использования Туи в качестве лекарственного растения является содержание в ней туйона, который является токсичным агентом многих свежих растений в рационе человека. [1]

Хотя в литературе много доклинических исследований, на данный момент нет данных о клинических испытаниях с использованием Туи в качестве единственного растительного сырья. Были проведены клинические исследования с лекарственным средством, содержащим водно-этанольный экстракт из смеси *Thuja occidentalis*, *Echinacea purpurea*, *Echinacea pallida* и *Baptisia tinctoria*. В большинстве этих исследований была доказана терапевтическая эффективность Туи при лечении простуды и острых инфекций дыхательных путей. [2]

Свежие листья растения содержат эфирные масла, содержащие 65% туйона, 8% изотуйона, 8% фенхона, 5% сабина и 2%  $\alpha$ -пинена в качестве основных монотерпенов. Наибольшее содержание эфирных масел было обнаружено в экстрактах, полученных дистилляцией, в то время как перколяция дистиллированной водой снижала содержание туйона в экстракте до наиболее низкого уровня. При использовании дистиллированной воды в качестве экстрагента, из 1 г. сырья экстрагировалось в среднем 0.6 мг туйона. В тоже время, в 30% (v/v) этаноле экстрагировалось 2.8 мг. туйона при том же количестве сырья. В больших концентрациях этанола (90% v/v) экстрагировалось в 2.5 раза больше туйона (7.9 мг.) [3]

Был проведен качественный и количественный анализ надземной части Туи Западной на содержание различных биологически активных веществ. По результатам было выявлено содержание следующих классов соединений:

Алкалоиды	6.49%
Флавоноиды	2.273%
Дубильные вещества	1.9%
Кумарины	3.55%

Также в рамках работы было определено количественное содержание хлорофилла, которое составило 2,1 мг/мл.

1. Bhan M., Lal R., Dhiman A., Nanda A. Physico-chemical and preliminary phytochemical investigation of *Thuja occidentalis* linn. (cupressaceae) dried leaves // International Research Journal of Pharmacy – 2011. – 2. – С. 213-217.

2. Belal N., Bodinet C., Tegtmeier M., Ulrike L. *Thuja occidentalis* (Arbor vitae): A Review of its Pharmaceutical, Pharmacological and Clinical Properties // Oxford Journals – 2005. – 2, №1. – С. 69–78.

3. Kumar B., Rani R., Das S., Das S. Phytoconstituents and Therapeutic potential of *Thuja occidentalis* // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences – 2012. – 3. – С. 354-360.

## АНТИБАКТЕРІАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ОСНОВ ШИФФА НА БАЗІ N-ПОХІДНИХ АКРИДИН-9(10H)-ОНУ

*Карпенко Ю.В., Панасенко О.І.*

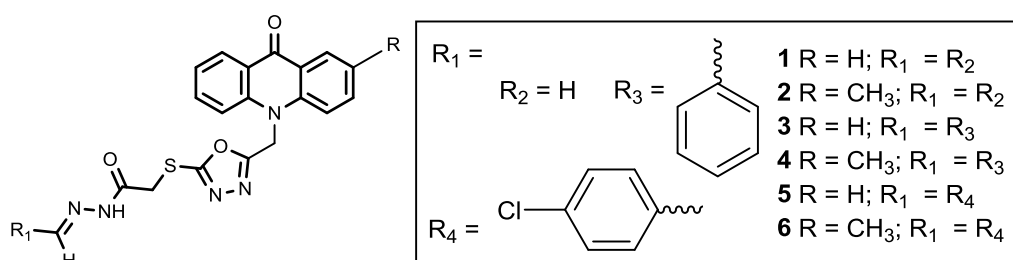
Запорізький державний медичний університет, [karpenko.y.v@gmail.com](mailto:karpenko.y.v@gmail.com)

Резистентність мікроорганізмів до багатьох хіміотерапевтичних засобів та високе поширення захворювань, викликаних патогенними бактеріями, потребують постійного цілеспрямованого пошуку та створення нових малотоксичних сполук з протимікробною активністю. Похідні 1,3,4-оксадіазолу широко відомі як антибактеріальні та фунгіцидні препарати, тому цікаво проаналізувати сполуки, які, ймовірно, наділені високою антибактеріальною активністю. Підсиленням прояву бактеріостатичної дії сполук є також, безперечно, наявність акридонового ядра, яке впливає на структуру та функцію нуклеїнових кислот. Механізм їх протимікробної дії пояснюється утворенням комплексних сполук з ДНК або РНК, що, крім того, знижує резистентність мікроорганізмів до антибіотиків і сульфаніламідних препаратів. Похідні акридин-9(10H)-ону вбудовуються в молекули нуклеїнових кислот між сусідніми парами основ (інтеркаляція) та змінюють їх структуру. Інший механізм дії пов'язаний з інгібуванням ДНК-полімерази бактерій шляхом зв'язування з матричною ДНК.

Також відомо, що деякі похідні акридину, наприклад риванол (етакридину лактат), викликають коагуляцію білків та інгібують ферменти мікроорганізмів.

Будова синтезованих сполук представлено на рис. 1. Значною антибактеріальною активністю відрізняються сполука (3), яка блокує ріст *Bacillus subtilis* за 15,6 мкг/мл і *Staphylococcus aureus* за >31,2 мкг/мл, та сполука (5) – за 15,6 мкг/мл відповідно.

Варто відзначити особливості при дослідженні антибактеріальної активності, а саме виключну дію похідних тільки на штами грампозитивних бактерій (*B. subtilis*, *S. aureus*). Синтезовані сполуки значно перевищують референт-препарат «Етакридину лактат» по антибактеріальній дії.



№ сполуки	Мінімальна пригнічувальна концентрація, мкг/мл			
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>
1	≈ 250	> 15,6	> 62,5	> 250
2	> 250	> 15,6	> 62,5	≈ 250
3	> 250	> 15,6	> 31,2	> 250
4	> 250	≈ 250	> 62,5	> 250
5	> 250	> 15,6	> 15,6	> 250
6	≈ 250	≈ 250	> 62,5	> 250
Етакридину лактат	31,2	> 250	31,2	250

Рисунок 1 – Значення мінімальної пригнічуваної концентрації синтезованих сполук

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІО-ІНОЗИТОЛУ В МЕДИЦИНІ

<sup>1</sup>Скорейко Р.С., <sup>2</sup>Горевич С.С., <sup>3</sup>Скорейко Н.Т.

<sup>1</sup>КЗВО «Рівненська медична академія» [omast@i.ua](mailto:omast@i.ua)

<sup>2</sup>Буковинський державний медичний університет [skoreikoss@ukr.net](mailto:skoreikoss@ukr.net),

<sup>3</sup>КП Рівненська обласна клінічна лікарня, [n.skoreiko62@ukr.net](mailto:n.skoreiko62@ukr.net)

Міо-інозитол – один з ендогенних субстратів людини, що робить істотний вплив на функціонування клітин і тканин усього тіла. Основна функція міо-інозитолу та його похідних – участь у внутрішньоклітинній передачі сигналу і забезпечення функціонування важливих рецепторів, а саме: інсуліну, катехоламінів, факторів росту та ін.

Більшість інозитол - залежних білків відіграють важливу роль у життєдіяльності серцево-судинної, центральної нервової та ендокринної систем. Зважаючи на взаємодію похідних інозитолу зі специфічними білками, які беруть участь у функціонуванні репродуктивної системи і розвитку ембріона, можна стверджувати про можливість застосування даних препаратів в акушерсько-гінекологічній практиці [1–3].

Інозитол (вітамін В<sub>8</sub>) – це циклічний шестиатомний спирт циклогексану (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), (рис 1) який має 9 стереоізомерів, з яких в живій клітині присутня тільки одна форма – міо-інозитол. Міо-інозитол і його похідні містяться в фруктах (дині, апельсини), а також в бобових, зернах, горіхах [4].

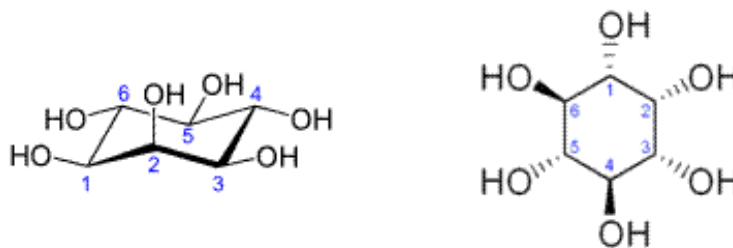


Рис. 1. Структурна формула інозитолу

Вперше відкритий в 1848 р. німецьким вченим Ю. Лібіхом. Саме міо-інозитол виступає в якості передавача сигналу регуляції рівнів внутрішньоклітинного кальцію, сигналу від рецептора інсуліну, бере участь у розщепленні жирів і зниженні рівня холестерину в крові, модуляції активності нейротрансмітерів і ін [5].

У клітинних мембранах інозитол знаходиться у вигляді фосфатидил-міоінозитолу, який є попередником інозиттрифосфату, відіграє роль вторинного месенджера, регулюючи дію низки гормонів, таких як інсулін та фолікулостимулюючий гормон (ФСГ) [6].

Міо-інозитол в чистому вигляді раніше вважали одним із водорозчинних вітамінів групи В (вітамін В<sub>8</sub>). Пізніше, коли було встановлено, що у здорової людини міо-інозитол синтезується в нирках в незначній кількості, його перестали розглядати, як вітамін. Він синтезується в нирках, статевих залозах, головному мозку. Зниження функцій деяких органів, призводить до порушення синтезу міо-інозитолу [1].

Встановлено, що за внутрішньоклітинної передачі сигналу важливу роль відіграє міо-інозитол. З'ясовано, що існує 223 види білків, які в тій, чи іншій мірі приймають участь в передачі внутрішньоклітинних сигналів за участі похідних міо-інозитолу. Це пояснює його значення в метаболічних процесах. Як було встановлено, біологічна роль даних білків важлива для різних фізіологічних процесів. Міо-інозитол приймає участь в антикоагуляції, відновленні судин після ушкоджень, захисті міокарду, профілактиці аритмій, зниженні рівнів холестерину і тригліцеридів (здійснює позитивний вплив на ліпідний профіль крові). Внаслідок недостаті міо-інозитолу та його похідних збільшується окиснення жирних кислот, що зменшує використання глюкози та сприяє розвитку інсулінорезистентності, підвищенню рівня синтезу тригліцеридів [9].

Міо-інозитол, спільно з іонами кальцію і магнію здійснює передачу сигналу від інсулінового рецептора всередину клітин різних тканин. Ці внутрішньоклітинні процеси стимулюють перетворення вуглеводів і ліпідів для підтримки енергетичного метаболізму клітини, знижуючи ризик розвитку інсулінорезистентності, діабету, надмірної ваги та ожиріння. Встановлено, що рівні різних форм міо-інозитулу в сечі виконують роль біомаркерів для цукрового діабету 2 типу.

Доведено важливу роль інозитулу в синтезі ліпідів, підтриманні структури клітинних мембран, клітинному рості, вплив на якість яйцеклітин та результати вагітності [1, 6–9]. Інозитол сприяє нормалізації регулярності менструального циклу та відновлення овуляції, впливаючи на зниження концентрації лютеїнізуючого гормону та пролактину.

Специфічний вплив інозитулу на репродуктивну функцію пов'язаний з участю його похідних у сигнальних каскадах гонадоліберину, лютеїнізуючого та фолікулостимулюючого гормонів, тим самим роблячи позитивний вплив на репродуктивну функцію (інвазію трофобласта при закріпленні ембріона, функцію яєчників, плаценти, якість яйцеклітин) [6]. За результатами багатьох рандомізованих досліджень, ефективності застосування міо-інозитулу, доведено достовірне покращення роботи яєчників у жінок із СПКЯ (синдром полікістозних яєчників) [9].

Таким чином, використання інозитоловмісних препаратів, у якості прегравідарної підготовки перед програмами допоміжних репродуктивних технологій (ДРТ), сприяє покращенню очікуваних результатів у питанні лікування безпліддя [1].

1. Перспективи використання інозитулу в жінок із синдромом полікістозних яєчників (огляд літератури) / М. С. Хміль, А. С. Хміль-Досвальд, С. В. Хміль, І. Я. Підгайна // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. – 2018. – № 4 (78) – С 82– 86.

2. Garg D. Inositol treatment and ART Outcomes in Women with PCOS / D. Garg, R. Tal. // International Journal of Endocrinology. – 2016. doi.org/10.1155/2016/1979654.

3. Genazzani A. Inositol as putative integrative treatment for PCOS / A. Genazzani // Reproductive BioMedicine Online. – 2016. – Vol. 33 (6). – P. 770–780.

4. [Українська радянська енциклопедія](#) : у 12 т. / гол. ред. [М. П. Бажан](#); редкол.: [О. К. Анто-нов](#) та ін. – 2-ге вид. – К.: [Головна редакція УРЕ](#), 1974–1985.

5. Prevalence of impaired glucose tolerance and diabetes in women with polycystic ovary syndrome. / Ehrmann, D.A., Barnes, R.B., Rosenfield, R.L., [et al.] // Diabetes Care – 1999. Vol. 22.– P. 141–146.

6. Сучасні можливості негормонального лікування синдрому полікістозних яєчників у жінок з ожирінням / Т. Ф. Татарчук, І. Ю. Ганжий, Н. Ю. Педаченко, І. М. Капшук // Репродуктивна ендокринологія. – 2013. – № 5 (13). – С. 19–21.

7. Капшук І. М. Особливості лікування синдрому полікістозних яєчників у жінок з метаболічним синдромом / І. М. Капшук, Г. О. Ісламова // Ендокринна гінекологія. – 2018. – № 13. С.34–38.

8. Metabolic and hormonal effects of myo-inositol in women with polycyclic ovary syndrome: a double-blind trial / D. Costantino, G. Minozzi, F. Minozzi, C. Guaraldi // Eur. Rev. Med. Pharmacol Sci., – 2009. – Vol. 13. – P. 105–110.

9. Эффективная фармакотерапия / О.А. Громова, И.Ю. Торшин, А.Н. Громов, Т.Р. Гришина // Акушерство и Гинекология. – 2013. – 28 (3). – С.32– 41.

10. М.С.Хміль, А.С.Хміль-Досвальд, С.В.Хміль, І.Я.Підгайна. Перспективи використання інозитулу в жінок із синдромом полікістозних яєчників (огляд літератури) ISSN 1681-2786. Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. 2018. № 4 (78).

11. Сучасні можливості негормонального лікування синдрому полікістозних яєчників у жінок з ожирінням / Т. Ф. Татарчук, І. Ю. Ганжий, Н. Ю. Педаченко, І. М. Капшук // Репродуктивна ендокринологія. – 2013. – № 5 (13). – С. 19–21

12. Капшук І. М. Особливості лікування синдрому полікістозних яєчників у жінок з метаболічним синдромом / І. М. Капшук, Г. О. Ісламова // Ендокринна гінекологія. – 2018. – № 13.
13. Costantino, D., Minozzi, G., Minozzi, F., Guaraldi, C. “Metabolic and hormonal effects of myo-inositol in women with polycyclic ovary syndrome: a double-blind trial.” *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 13(2009): 105–110.
14. Ehrmann, D.A., Barnes, R.B., Rosenfield, R.L., et al. “Prevalence of impaired glucose tolerance and diabetes in women with polycystic ovary syndrome.” *Diabetes Care*, 22(1999): 141–146.
15. Систематический анализ молекулярно-физиологических эффектов мио-инозитола: данные молекулярной биологии, экспериментальной и клинической медицины О.А. Лиманова
16. О.А. Громова И.Ю. Торшин А.Н. Громов Т.Р. Гришина/. "Эффективная фармакотерапия. Акушерство и Гинекология" №3 (28) Номер: 28 Год: 2013 Страницы: 32-41

**ОРГАНІЧНА ХІМІЯ,  
ХІМІЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ  
СПОЛУК**



# CROSS-LINKED POLYMER FROM BISPHENOL A–ANILINE BASED BENZOXAZINE AND POLYSULFONE

*Purikova O.G.<sup>1</sup>, Grande D.<sup>2</sup>, Fainleib A.M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Institute of Macromolecular Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkivske shose 48, 02160 Kyiv, Ukraine, [olhapurikova@gmail.com](mailto:olhapurikova@gmail.com)

<sup>2</sup> Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est, UMR 7182 CNRS – Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne, 2, rue Henri Dunant, 94320 Thiais, France

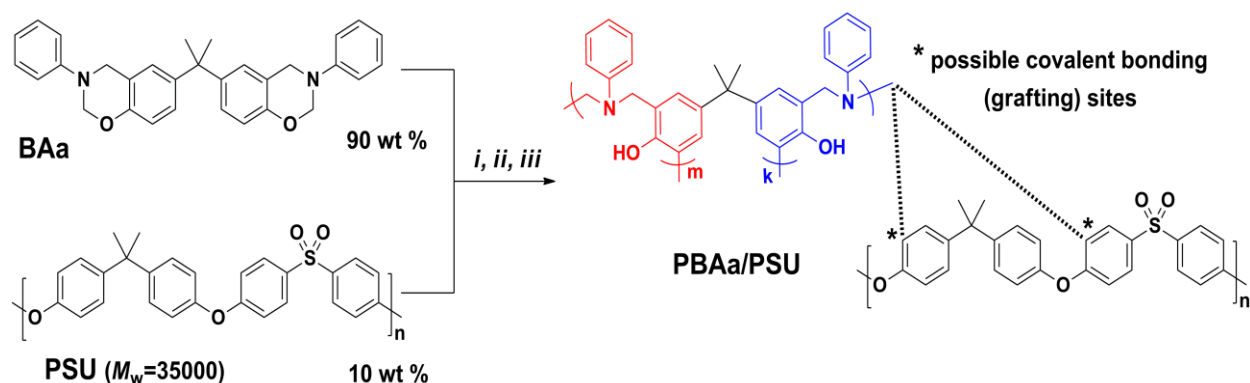
Polybenzoxazines (PBAs) are a fairly new class of high performance phenolic resins possessing high thermal and intrinsic fire retardancy properties, low water absorption and low dielectric constants and dielectric losses as well as reduced cost due to the commercial availability and wide structural diversity of the starting compounds for PBAs synthesis [1]. The PBAs also exhibit extremely low shrinkage during cure. They are synthesized by a thermally accelerated ring opening polymerization of aromatic oxazines. Thus, the phenolic units of PBA polymers are connected through a Mannich base group (-CH<sub>2</sub>-N(R)-CH<sub>2</sub>-) instead of methylene (-CH<sub>2</sub>-) linkage associated with the conventional phenolic resins [1, 2].

However, similar to all common thermosetting materials, the brittleness of highly crosslinked PBA-based materials is the main limitation for their practical application [1-3]. In recent years considerable efforts have been made to improve the toughness and flexibility of polybenzoxazines along with maintaining (or even improving) the existing useful properties of such polymers. One of the classic simple solutions is to incorporate elastomeric or thermoplastic polymers into the polybenzoxazines' structure [1]. A remarkable well-known engineering thermoplastic polymer is polysulfone (PSU) possessing high toughness, stability at high temperatures and excellent chemical resistance. Moreover, PSU is characterized by one of the highest service temperature among all melt-processable thermoplastics [4].

A vast majority of PBAs has been synthesized from the monomer on the base of bisphenol A and aniline (BAa) [1, 2]. Different polymers were also used to improve mechanical properties of the resulting crosslinked materials thereof. Moreover, BAa has been commercialized and applied in various areas (aerospace, package material for electronic components, etc) [5]. Recently, Hamerton et al. [4] have synthesized the cross-linked polymers from the compositions of BAa and PSU and studied the interactions between the components; however, in their work [4] the polyarylsulfone or polyarylethersulfone of low molecular mass (namely, oligomers) - were mainly used as PSU.

Therefore, this work represents our first step towards to preparation of cross-linked polymer from bisphenol A-aniline benzoxazine and high-molecular mass PSU ( $M_w=35000$ ) (marked as PBAa/PSU). The morphology, physical-chemical and thermal properties of the PBAa/PSU film have been systematically studied.

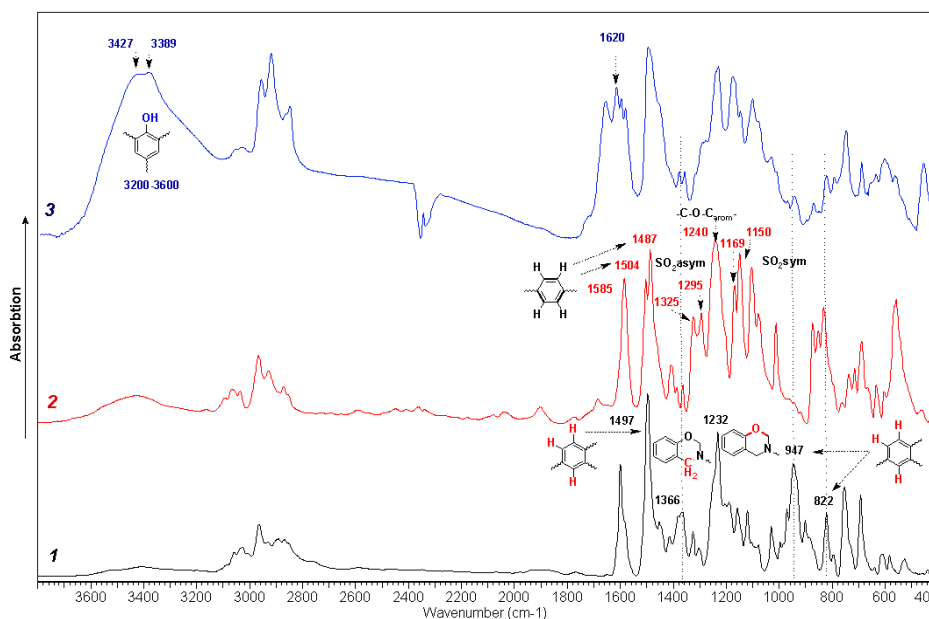
The cross-linked PBAa/PSU polymer was synthesized by the solution mixing of BAa monomer (90 wt %) and PSU (10 wt %) in N-Methyl-2-Pyrrolidone (NMP) followed by thermal curing of the mixture (Scheme).



**Scheme.** Synthetic route for the PBAa/PSU (90/10 wt.%) and the formation of possible covalent bonds (grafting) between PBAa and PSU.

**Reagents and conditions:** the BAa and PSU were dissolved in N-Methyl-2-Pyrrolidone at 100°C for 2 h (i); then the solvent was removed by degassing at 120°C for 2 h (~1 Torr) (ii) and after that, the composition was cured stepwise at 180°C for 2 h, and at 200°C for 2 h (iii).

The chemical structures of BAa/PSU sample as well as initial benzoxazine resin BAa and PSU were studied by FTIR spectroscopy. The corresponding FTIR spectra are shown in **Figure 1**. Characteristic absorption band of the BAa monomer was found at 1232 cm<sup>-1</sup>, which was assigned to C<sub>Ar</sub>-O-C stretching mode of benzoxazine unit (Fig. 1, spectrum 1). The bands at 1497, 947 and 824 cm<sup>-1</sup> were assigned to plane vibrations of the skeleton and out-of-plane deformation vibrations of the C-H of the tri-substituted benzene ring. The main absorption bands for PSU are: 1150 and 1169 cm<sup>-1</sup> (SO<sub>2</sub>sym), 1295 and 1325 (SO<sub>2</sub>asym), 1487, 1504 and 1585 cm<sup>-1</sup> (the characteristic absorptions of 1,4-substituted benzene ring) as well as 1240 cm<sup>-1</sup> (C-O-C<sub>arom</sub>) (Fig. 1, spectrum 2).



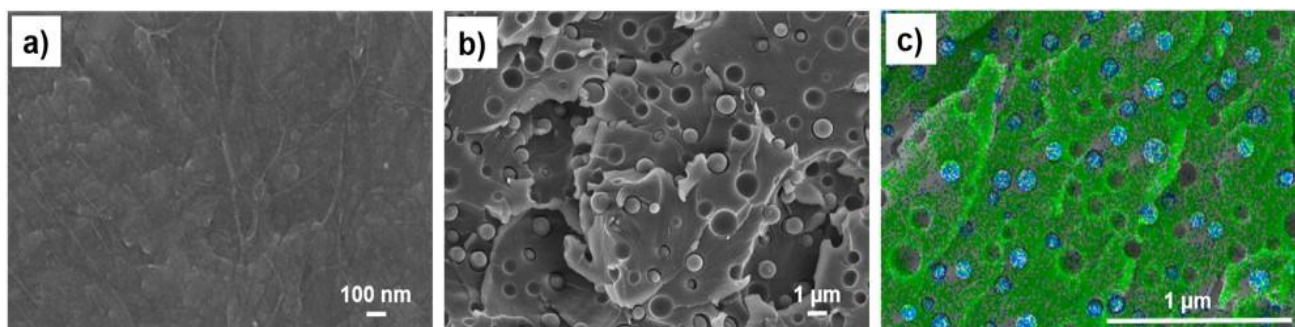
**Figure 1.** FTIR spectra of the initial monomer BAa (spectrum 1), PSU polymer (spectrum 2) and the resulting PBAa/PSU (90/10 wt %) sample (spectrum 3).

The possibilities of accurate interpretation of BAa/PSU FTIR spectrum are limited due to the overlapping of absorption bands specific to the initial components. Nevertheless, because of curing process, the absorption bands at 947 and 822 cm<sup>-1</sup> assigned to trisubstituted benzene ring with benzoxazine ring attached as well as the CH<sub>2</sub> wagging vibrations associated with the oxazine ring at 1366 cm<sup>-1</sup> disappeared (Figure 1, spectrum 3). Meanwhile, a broad intense band in region 3600-3200 cm<sup>-1</sup> corresponding to phenolic OH groups appears. This high-intensity band has two maxima at 3389 and 3427 cm<sup>-1</sup>, which are characteristic for the intramolecular (-OH···N and -OH···O) and intermolecular (-OH···O) hydrogen bonding in the network structure of crosslinked polybenzoxazine [6]. According some studies, the new absorption bands around 1620 cm<sup>-1</sup> may also correspond to the intramolecular hydrogen bonded phenolic OH [6]. Note, that formation of hydrogen bonds between phenolic OH groups and sulfone O=S=O groups in the BAa/PSU system is possible as well [7]. Therefore, all these observations suggest that the ring-opening reaction of benzoxazine moieties has occurred in BAa.

Importantly, that the phenyl groups of PSU could be involved in the ring-opening addition reaction of benzoxazine groups, and thus PSU might be chemically bonded (grafted) to the PBAa network. This ability was used for utilization of PBAs as the additives in self-healing of PSU-based materials [7]. By this way, PBA fragments could act as bridges between PSU macromolecular chains. The PBAa/PSU cross-linked polymer material obtained is insoluble in organic solvents as well as in acids and alkalis even under heating for a long period. The gel fraction content determined for the synthesized PBAa/PSU sample has appeared to be higher than 99 % that

confirms its densely cross-linked structure and chemical grafting of the PSU polymer chains to the PBAA network. From the other side, the cross-linked PBAA/PSU system obtained can be considered as grafted semi-interpenetrating polymer networks (semi-IPNs) [1].

The morphology of the synthesized PBAA/PSU polymer system was investigated using scanning electron microscopy (SEM) technique, because the phase structure play an essential role in properties of polymer materials. As can be seen from Fig. 2, the PBAA/PSU sample has microheterogeneous structure.



**Figure 2.** SEM micrographs of the surface (a) and cross section (b) and SEM mapping of N (green) and S (blue) (c) of the prepared PBAA/PSU (90/10 wt %) sample.

The fracture surface of the investigated sample showed the presence of spherical domains of about (0.52-1.07)  $\mu\text{m}$  in diameter rich in PSU (Fig. 2 b). The morphology of the PBAA/PSU system was defined as a sea-island structure, which is quite typical for semi-IPNs [8]; PBAA-rich matrix contained evenly distributed PSU (Fig. 2 c). Therefore, despite the chemical grafting of the components, some kind of the phase separation in the PBAA/PSU was observed, since PBAA and PSU are semi-miscible [8].

The DSC thermogram of BAA/PSU sample (not shown here) exhibited a single glass transition with  $T_g$  value of 154 $^{\circ}\text{C}$ , confirming chemical grafting of PSU to the densely cross-linked network of PBAA. Thermal stability of PBAA/PSU was evaluated by TGA. The PBAA/PSU sample under study had slightly lower  $T_{d5\%}$  value in comparison with the corresponding individual PBAA polymer network. Thus, for the PBAA/PSU and pristine PBAA polymers, the temperatures of 5% mass loss were found to be 300 and 311  $^{\circ}\text{C}$ , respectively. However, the thermal stability of the PBAA/PSU network remained rather high. In addition, resulting material exhibited high char yield, which was equal 32%.

The mechanical properties of the synthesized sample and other systems with different composition of linear and network components are now being thoroughly studied.

Therefore, a new cross-linked polymer material was synthesized from bisphenol A/aniline-based monomer (90 wt%) and linear polysulfone with  $M_w=35000$  (10 wt%) by thermal ring-opening polymerization of BAA in the presence of PSU. Stiff brown-color PBAA/PSU film with high gel fraction content (>99%) obtained as a result of the curing process. Chemical grafting of the PSU polymer chains to the PBAA polymer network is supposed. The sea-island microstructure is observed for the obtained polymer material, where the high molecular weight PSU particles are dispersed in the cross-linked continuous PBAA phase. However, due to covalent interaction between the two components, PBAA/PSU sample had only one  $T_g$ . The material synthesized is expected to find potential applications like molding compound, adhesive in microelectronics and hydrophobic coating, where thermal stability, hydrophobicity, low water absorption, good dimensional stability, excellent FST (fire, smoke, toxicity) properties are required and expected.

1. Ishida, H., Agag, T. (Eds.). (2011). *Handbook of benzoxazine resins*. Elsevier.

2. Rimdusit, S., Jubsilp, C., Tiptipakorn, S. (2013). *Alloys and composites of polybenzoxazines*. Singapore: Springer.

3. C. Zhu, X. Gao, W. Fan, X. Fu, *RSC Advances*, 2020, 10(12), 6953-6959.
4. I. Hamerton, L.T. McNamara, B.J. Howlin, P.A. Smith, P. Cross, S. Ward, *Macromolecules*, 2014, 47(6), 1935-1945.
5. Y. Liu, R. Yin, X. Yu, K. Zhang. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 2019, 220(1), 1800291 (7).
6. J. Wang, X.Y. He, J.T. Liu, W.B. Liu, L. Yang, *Macromolecular Chemistry and Physics*, 2013, 214(5), 617-628.
7. O.S. Taskin, B. Kiskan, Y. Yagci, *Macromolecules*, 2013, 46(22), 8773-8778.
8. Y. Xia, P. Yang, R. Zhu, C. Zhang, Y. Gu, *Journal of Polymer Research*, 2014, 21(3), 387 (8).

### 3-ALKOXY-1,5-DIARYL-4,5-DIHYDROXYIMIDAZOLIDIN-2-ONES AND 3-ALKOXY-1-ALKYL-5-ARYL-4,5-DIHYDROXYIMIDAZOLIDIN-2-ONES: SYNTHESIS AND STRUCTURE

*Shtamburg V.G.*,<sup>1</sup> *Shtamburg V.V.*,<sup>1</sup> *Kravchenko S.V.*,<sup>2</sup> *Anishchenko A.A.*,<sup>3</sup> *Shishkina S.V.*,<sup>4</sup> *Konovalova I.S.*,<sup>4</sup> *Mazepa A.V.*<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ukrainian State University of Chemical Technology

<sup>2</sup> Dnipro State Agrarian and Economic University, [svtaylor@ukr.net](mailto:svtaylor@ukr.net)

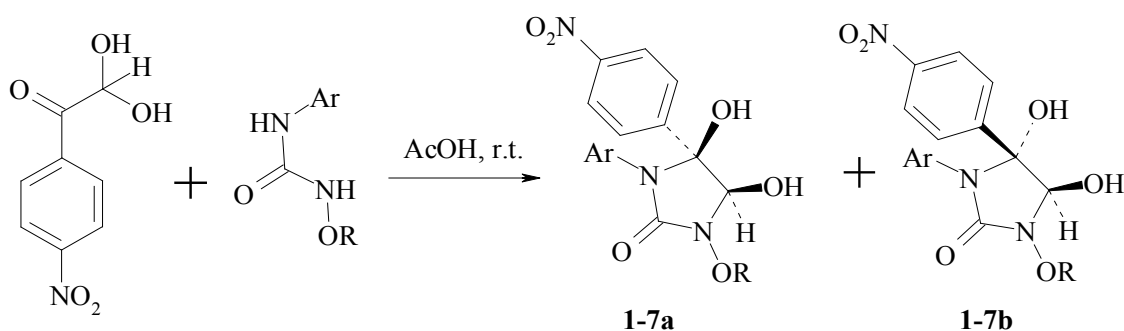
<sup>3</sup> O. Gonchar Dnipro National University

<sup>4</sup> SSI "Institute for Single Crystals", NAS of Ukraine

<sup>5</sup> A.V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of NAS of Ukraine

The study of the arylglyoxals interaction with *N*-hydroxyurea and its derivatives has recently begun by our research group and needs to be continued. *N*-Hydroxyurea's derivatives are widely prevalent in pharmaceuticals.

We have found that 4-nitrophenylglyoxal with *N*-alkoxy-*N'*-arylsureas in acetic acid medium at 17–20 °C selectively form 3-alkoxy-1-aryl-4,5-dihydroxy-5-(4-nitrophenyl)imidazolidin-2-ones **1–7a,b**, mainly as diastereomers with *cis* orientation of 4-HO- and 5-HO-groups (93–96%) [1]. The diastereomers **1–7b** with *trans* orientation of 4-HO- and 5-HO-groups have been observed in the trace amounts in the reaction mixtures (<sup>1</sup>H NMR).

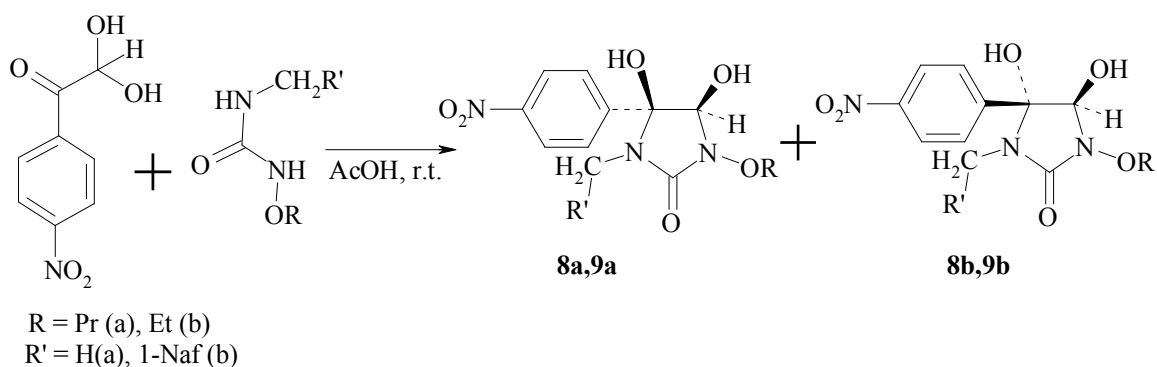


Ar = Ph, R = Me(a), Et(b), Bn(c)

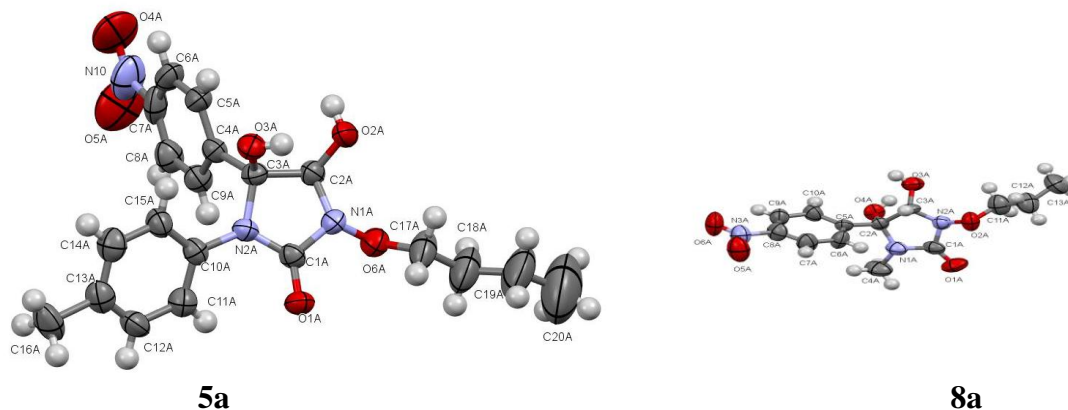
Ar = *p*-MeC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, R = Me(d), Bu(e)

Ar = *p*-BrC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, R = Et(f), Bu(g)

In the same conditions 4-nitrophenylglyoxal reacts with *N*-propyloxy-*N'*-methylurea and *N*-ethoxy-*N'*-(1-naphthyl)methylurea giving 3-alkoxy-1-alkyl-4,5-dihydroxy-5-(4-nitrophenyl)imidazolidin-2-ones **8a,b** mainly as *cis* 4,5-dihydroxydiastereomer **8a,9a** [1]. The *cis* 4,5-dihydroxydiastereomers **1a–9a** can be easily obtained in pure form by the crystallization.



The structure of compound **5a** and **8a** have been proved by XRD study



1. Shtamburg, V.G.; Shtamburg, V.V.; Anishchenko, A.A.; Shishkina, S.V.; Mazepa, A.V.; Konovalova, I.S. 3-Alkoxy-1,5-diaryl-4,5-dihydroxyimidazolidin-2-ones and 3-Alkoxy-1-alkyl-5-aryl-4,5-dihydroxyimidazolidin-2-ones: Synthesis and Structure.// Eur. Chem. Bull. – 2019. – Vol. 8, N9. – P.282–290. DOI: <http://dx.doi.org/10.17628/ecb.2019.8.282-290>

### INTERACTION OF NINHYDRIN WITH *N*-HYDROXYUREA AND *N*-ALKOXYUREAS IN ACETIC ACID

*Shtamburg V.G.*,<sup>1</sup> *Shtamburg V.V.*,<sup>1</sup> *Kravchenko S.V.*,<sup>2</sup> *Anishchenko A.A.*,<sup>3</sup> *Shishkina S.V.*,<sup>4</sup> *Konovalova I.S.*,<sup>4</sup> *Mazepa A.V.*<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ukrainian State University of Chemical Technology

<sup>2</sup> Dnipro State Agrarian and Economic University: [svtaylor@ukr.net](mailto:svtaylor@ukr.net)

<sup>3</sup> O. Gonchar Dnipro National University

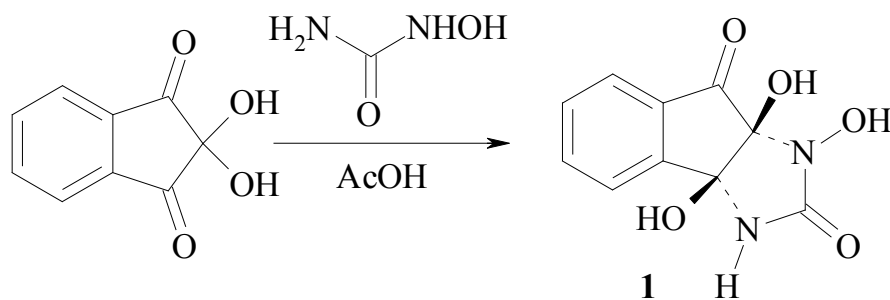
<sup>4</sup> SSI "Institute for Single Crystals", NAS of Ukraine

<sup>5</sup> A.V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of NAS of Ukraine

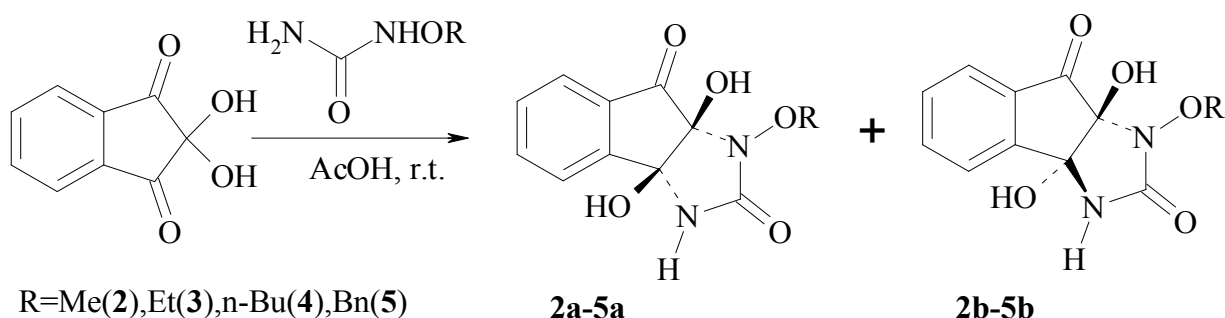
The study of the vicinal polycarbonyl compounds interaction with *N*-hydroxyurea and its derivatives has recently begun by our research group and needs to be continued. *N*-Hydroxyurea's derivatives are widely prevalent in pharmaceuticals.

The ninhydrin interaction with *N*-hydroxyurea in acetic acid at 16–20 °C produces 1,3a,8a-trihydroxy-1,3,3a,8a-tetrahydroindeno[1,2-*d*]imidazole-2,8-dione **1** as single *cis*-3a(HO),8a(HO)-diastereomer with high yield



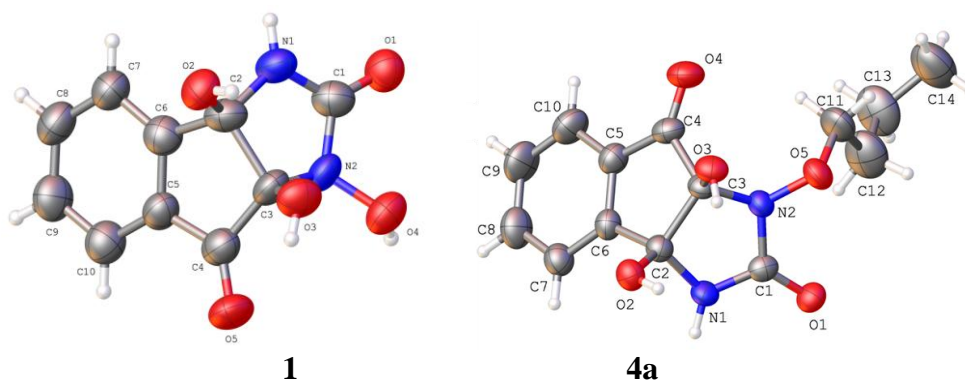


Ninhydrin reacts with *N*-alkoxyureas in the same conditions yielding mixtures of diastereomers of 1-alkoxy-3a,8a-dihydroxy-1,3,3a,8a-tetrahydroindeno[1,2-*d*]imidazole-2,8-diones **2–5**.



In these mixtures the diastereomers **2a–5a** with *cis* orientation of hydroxyl groups at C-3a,8a carbon atoms dominated. Usually, the ratio **2a–5a/2b–5b** is 9:1–10:1. The diastereomers **2b–5b** with *trans* orientation of 3a-HO and 8a-HO-groups have been observed in the trace amounts of the reaction mixtures (<sup>1</sup>H NMR). The *cis* diastereomers **2a–5a** can be easily obtained in pure form by the washing of the reaction mixture by water or the crystallization.

The structure of compound **1** and **4a** have been proved by XRD study:



# ПРОИЗВОДНЫЕ АКРИДИНА, БИСАКРИДИНА И ХИНОЛИНА С ИЗОТИАЗОЛЬНЫМИ И ФЕРРОЦЕНОВЫМИ ФРАГМЕНТАМИ

Акишина Е.А., Дукусар Е.А.

ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», г. Минск  
[akishinaea@ifoch.bas-net.by](mailto:akishinaea@ifoch.bas-net.by)

В настоящее время большое внимание уделяется разработке новых биологически активных субстанций акридинового и хинолинового ряда в связи с широким спектром биологической активности препаратов, полученных на основе данной группы соединений. Они обладают антибактериальной, антипаразитарной, противовирусной, противогрибковой, противомаларийной и противоопухолевой активностью [1, 2].

Производные акридина интенсивно изучаются в качестве потенциальных противоопухолевых средств, механизм действия которых основан на интеркалировании в ДНК опухолевых клеток и последующего блокирования процессов репликации и транскрипции. Экспериментально доказано, что сочетание цитотоксического эффекта ферроценильного фрагмента и способности акридинов связываться с ДНК обеспечивают сильное взаимодействие с целевой клеточной мишенью, увеличивая цитотоксичность [3].

Поэтому разработка простых и универсальных методов синтеза сложных молекул бензоакридинового и пиримидохинолинового ряда, изучение их химических свойств, а также поиск биологически активных соединений среди этого класса веществ является весьма актуальной задачей. Особый интерес вызывают те подходы, которые позволяют при наименьшем числе стадий получать с препаративными выходами целенаправленно функционализированные многоядерные замещенные гетероциклические системы [4, 5].

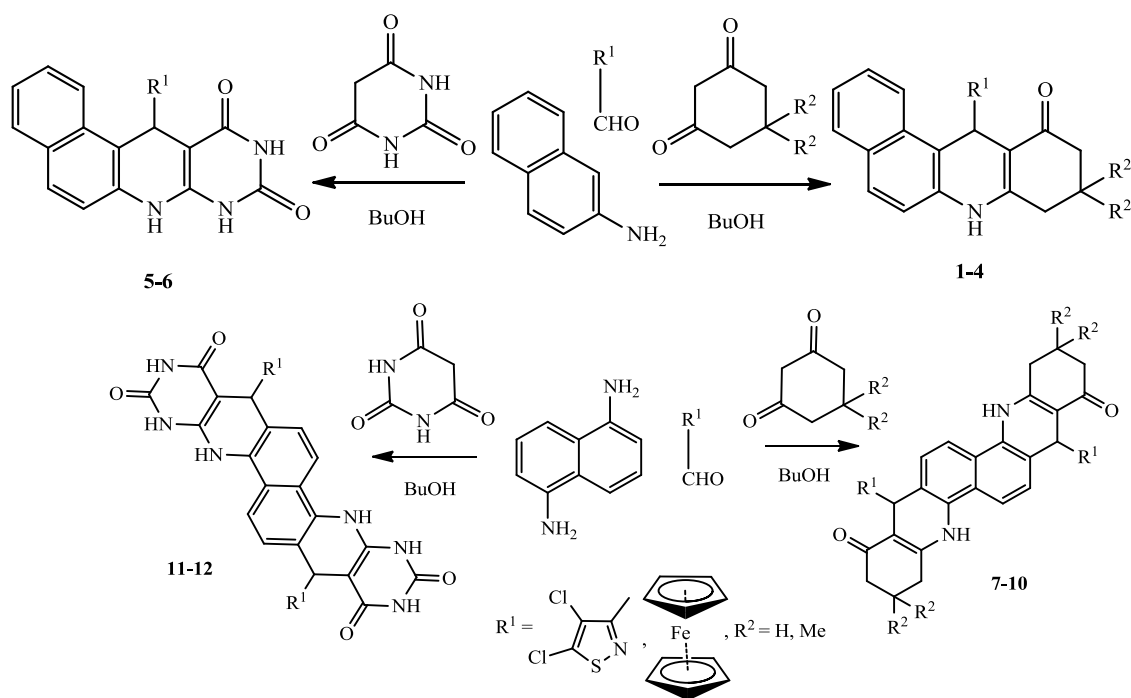


Рисунок 1 – Схема синтеза соединений 1-12

Целью данной работы было получение новых производных 8,9,10,12-тетрагидробензо[*a*]акридин-11(7*H*)-она и 10,12-дигидробензо[*f*]пиримидо[4,5-*b*]хинолин-9,11(7*H*,8*H*)-диона, синтезированных каскадной трехкомпонентной конденсацией 2-аминонафталина или 1,5-нафталиндиамина, циклических  $\beta$ -дикарбонильных соединений (1,3-циклогександиона, димедона или барбитуровой кислоты) и ферроцен- или 4,5-дихлоризотиазол-3-карбальдегидов.



Трехкомпонентную циклизацию проводили кипячением в бутаноле исходных компонентов в течение 5-7 часов (что необходимо для установления термодинамического равновесия). Для синтеза соединений **1-6** исходные вещества были взяты в стехиометрическом соотношении 1:1:1, а для бисакридиновых и хинолиновых соединений **7-12** соответствующие альдегиды и 1,3-циклодикетоны были взяты в двукратном избытке по отношению к 1,5-нафталиндиамину (2:2:1) (рис. 1).

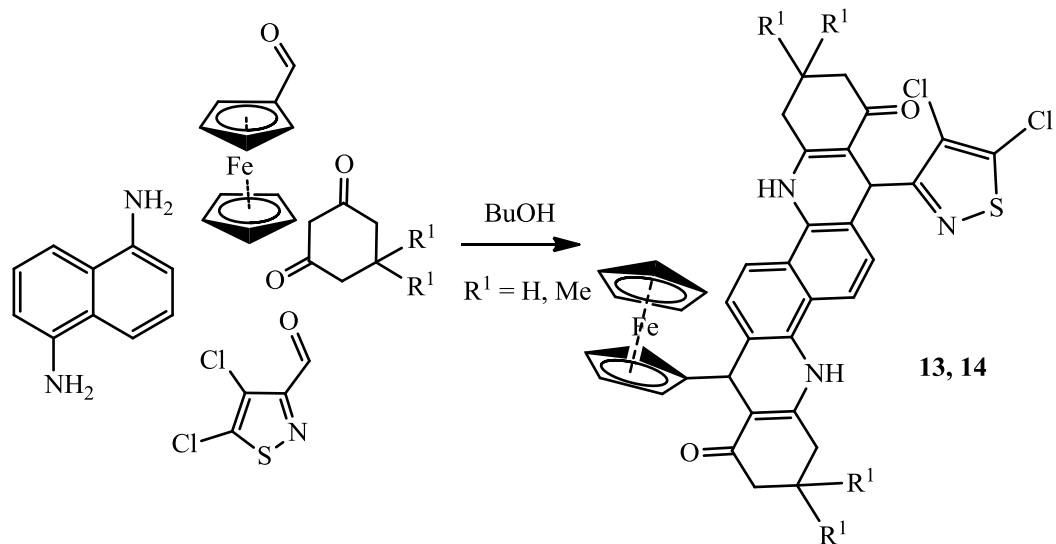


Рисунок 2 – Схема синтеза соединений **13, 14**

Аналогичным методом были получены бисакридиновые производные **13, 14**, в молекуле которых присутствуют фрагменты ферроцена и 4,5-дихлоризотиазола (рис. 2). 1,3-Циклогександион или димедон были взяты в двукратном избытке по отношению к альдегидным и аминной компонентам. Целевой продукт отделяли методом дробной кристаллизацией из высококипящих растворителей. Наличие в молекуле одновременно двух различных фармакофорных фрагментов может привести к эффекту синергизма их свойств, а также к появлению новых, неустановленных для данных структурных фрагментов видов биологической активности. Состав и строение синтезированных соединений **1-14** доказано данными элементного анализа, ИК-, УФ- и масс-спектров. Полученные соединения могут служить субстратами для создания на их основе новых лекарственных средств, обладающих антимикробной, противовирусной, фунгицидной, противоопухолевой активностью.

1. Израелян С. Г., Караханян Г. С., Овсепян Т. Р., Паносян Г. А. Трехкомпонентный одnoreакторный синтез новых 2,5,6,7- и 2,5,8,10-замещенных пиримидо[4,5-*b*]хинолин-4,6-дионов и -2,4,6-трионов // *ЖОХ*. – 2018. – Т. 88, Вып. 6. - С. 933-938.

2. Gensicka-Kowalewska M., Cholewiński G., Dzierzbicka K. Recent developments in the synthesis and biological activity of acridine/acridone analogues // *RSC Adv.* – 2017. – Vol. 7. – P. 15776-15804.

3. Ornelas C. Application of ferrocene and its derivatives in cancer research // *New J. Chem.* – 2011. – Vol. 35. – P. 1973-1985.

4. Дикусар Е.А., Поткин В.И., Книжников В.А., Ювченко А.П. Развитие элементоорганической химии в Беларуси: исторический экскурс, современное состояние и перспективы (К 100-летию со дня рождения Ю.А. Ольдекопа) // *Весці НАН Б. Сер. хім. навук*. – 2019. – Т. 55. № 1. – С. 107-128.

5. Петкевич С.К., Клецков А.В., Кадуцкий А.П., Дикусар Е.А., Козлов Н.Г., Поткин В.И. Синтез структурных аналогов алкалоидов с изоксазольными и изотиазольными фрагментами // *ЖОрХ*. – 2018. – Т. 54. Вып. 12. – С. 1793-1800.

## БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ ІОНОМЕРНІ ПОЛІУРЕТАНИ, ЩО МІСТЯТЬ КОМПЛЕКСНИЙ ІОН СРІБЛА

*Брикова О. М., Гончар О. М., Травінська Т. В., Робота Л. П., Савельєв Ю. В.*

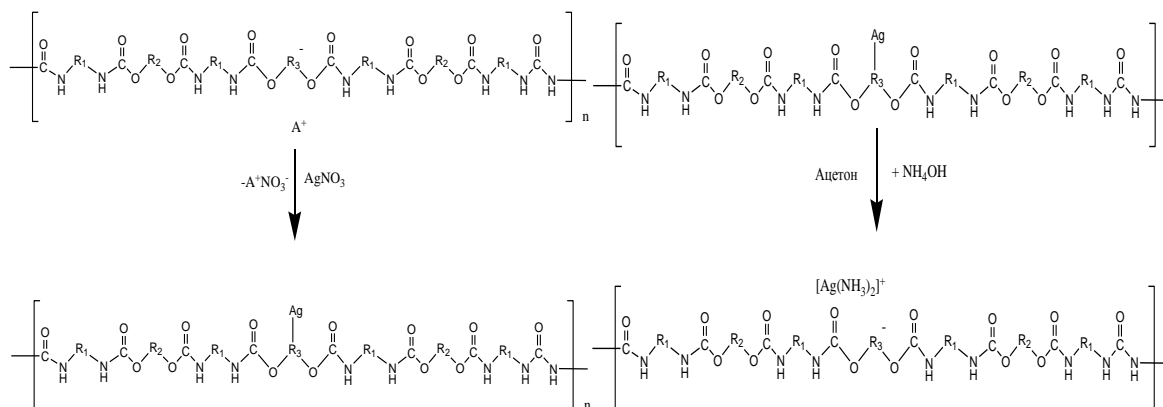
Інститут хімії високомолекулярних сполук НАНУ

[alexandra.brykova@gmail.com](mailto:alexandra.brykova@gmail.com)

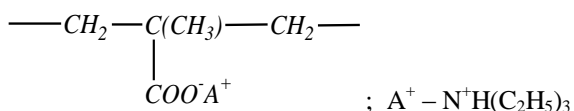
Виникаючі інфекційні захворювання по всьому світу викликають серйозну стурбованість. Тому актуальним є розвиток виробництва матеріалів стійких до патогенних бактерій. Широкий спектр антимікробної дії срібла обумовлює підвищений інтерес до нього у багатьох країнах світу. Препарати на основі срібла мають безліч застосувань через добре відому антимікробну активність, яку можна використовувати у виробництві захисних антимікробних текстильних виробів, тканин для перев'язування ран та для доставки ліків, покриття для медичних імплантатів та стоматологічних матеріалів, контейнерів та упаковок для зберігання харчових продуктів, фільтрів для води, а також у фарбуванні, оздобленні та косметичі [1, 2].

Розроблено спосіб створення біологічно активних срібловмісних іономерних поліуретанових (ПУ/[Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>) дисперсій, що містять у своєму складі комплексний іон срібла, а саме іон аміаку срібла [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>. Створення срібловмісних водних поліуретанових дисперсій здійснюється шляхом синтезу іономерного поліуретану (ПУ), що містить карбоксильні групи нейтралізовані третинним аміном (триетиламіном), з подальшим іонним обміном органічного позитивного іону А<sup>+</sup> на іон срібла з утворенням аміаку срібла шляхом взаємодії з розчином аміаку.

Для одержання срібловмісних ПУ синтезовано ряд плівкотвірних іономерних поліуретанів на основі поліокситетраметиленгліколю-1000 (ПОТМГ); 1,6-гексаметилендіізоціанату (ГМДІ) та 1,3-диметилпропіонової кислоти (ДМПК) [3]. Іонний обмін здійснюється шляхом додавання до водної дисперсії ПУ розчину нітрату срібла AgNO<sub>3</sub>. Отриманий нерозчинний у воді продукт обробляють органічним розчинником, а саме ацетоном. Ацетон забезпечує доступність іонних груп полімеру у реакціях комплексоутворення з гідроксидом амонію. Утворений, після взаємодії водної дисперсії ПУ з AgNO<sub>3</sub>, нерозчинний продукт обробляється 15 – 25 % водним розчином аміаку у великому надлишку до кількості іонних груп у полімері з утворенням аміаку срібла, що є розчинним у воді. Після остаточного розчинення осаду ПУ-Ag у водно-ацетоновому середовищі, ацетон відганяється з утворенням водної дисперсії ПУ, що містить іонні групи – COO<sup>-</sup> [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>. Плівкові матеріали отримані з водних дисперсій срібловмісних ПУ мають забарвлення від зеленого до темно-коричневого кольору. Процес утворення водних систем ПУ [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup> з аміаком срібла можна проілюструвати таким чином:



де R<sub>1</sub> – залишок ГМДІ; R<sub>2</sub> – залишок ПТМГ; R<sub>3</sub> - залишок іоногенних фрагменту ДМПК:



Отримані плівкові матеріали досліджувались методами ІЧ-спектроскопії. ІЧ-спектри плівкових матеріалів отримали за допомогою інфрачервоного спектрометра з перетворенням Фур'є («Tensor-37" Bruker) в області хвильових чисел (500-4500)  $\text{cm}^{-1}$ . Поверхню зразків досліджували методом БППВО.

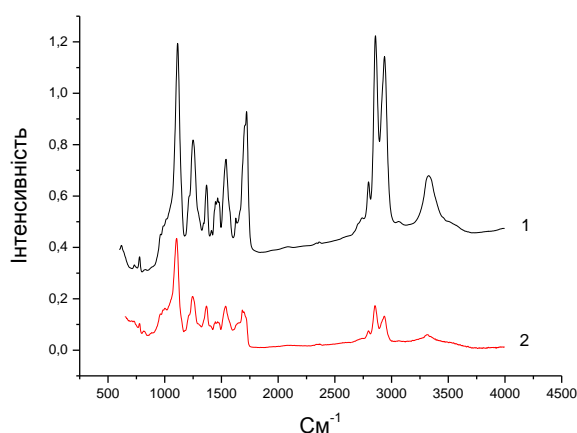
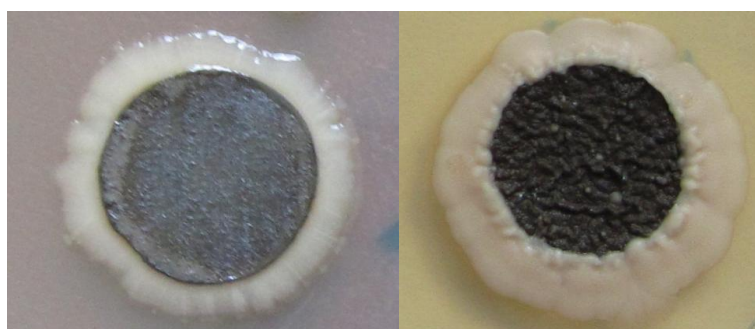


Рисунок 1. ІЧ-спектри: 1 – ПУ; 2 – ПУ/[Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>

Дослідження біологічної активності срібловмісних ППУ проводили в Інститут урології АМН України. Отримані плівкові матеріали (б) та тканину (а), оброблену срібловмісним ППУ, випробували у середовищах патогенних мікроорганізмів. Мікробіологічні дослідження показали, що отримані срібловмісні ППУ матеріали проявляють бактерицидну/бактеріостатичну активність до *K. pneumoniae*, *S. aureus*, *Penicillium* spp., *A. niger*. (рис. 2 а,б).



а

а - бактерій *K. Pneumoniae*

б

б - бактерій *Staph. Aureus*

Рисунок 2. Зразки срібловмісних ППУ в середовищі проростання бактерій

Мікробіологічні випробування плівок отриманих срібловмісних іономерних поліуретанів (ППУ/[Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>) показали активне пригнічання росту патогенних бактерій та плісняви, та що важливо - активне пригнічання кишкової палички. Отже, отриманні срібловмісні ППУ можуть бути застосовані в якості бактерицидних препаратів (антимікробні покриття для біомедичних пристроїв та протимікробна упаковка).

1. Savelyev Y., Gonchar A., Movchan B., Gornostay A., Vozianov S., Rudenko A., Rozhnova R., Travinskaya T. Antibacterial polyurethane materials with silver and copper nanoparticles // *Materials Today: Proceedings*. – 2017. – 4. – P. 87–94.

2. Mangesh D. Teli, Malaya R. Sahoo and Pintu Pandit. Antibacterial and UV- Protective Cotton fabric made by Herbal Synthesized Silver Nanoparticles // *International Research Journal of Engineering and Technology*. – 2017. – 4. – P. 1310–1321.

3. Савельев Ю.В., Травинская Т.В., Брыкова А.Н., Штомпель В.И. Анионоактивные полиуретановые иономеры: влияние строения фрагментов макроцепи на структуру и свойства // *Доп. НАН України*. – 2012. – №12. – С. 124–130.

## СИНТЕЗ ЛЕЙЦИНСОДЕРЖАЩИХ ЦИКЛОДИПЕПТИДОВ

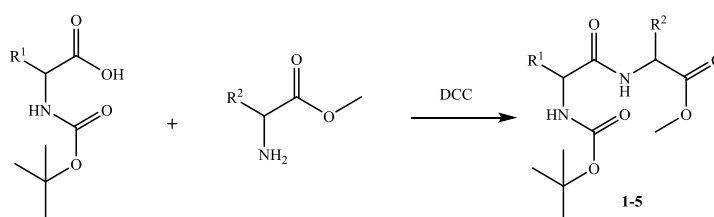
Гайдукевич В.А., Попова Л.А., Зубрейчук З.П., Книжников В.А.

Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси

[veronika.haidukevich@mail.ru](mailto:veronika.haidukevich@mail.ru)

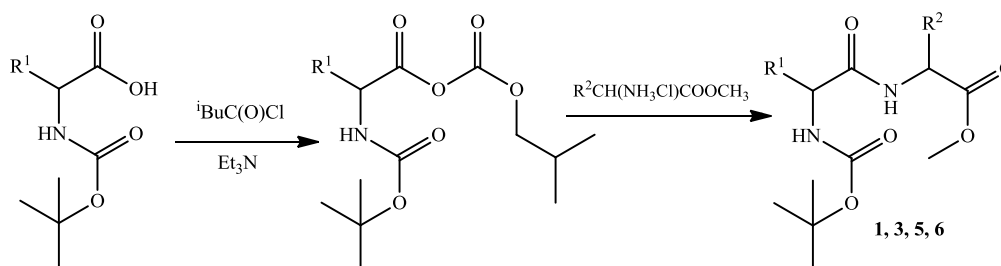
Циклические дипептиды (также известные как 2,5-дикетопиперазины) проявляют разнообразную биологическую активность и могут найти применение в медицине и сельском хозяйстве. Целью работы являлся подбор оптимальных условий получения лейцинсодержащих циклодипептидов.

Для синтеза лейцинсодержащих циклодипептидов в качестве исходных соединений были использованы как *трет*-бутилоксикарбониллейцин, так и гидрохлорид метилового эфира лейцина. Метилловые эфиры *трет*-бутилоксикарбонильных производных соответствующих дипептидов получены карбодиимидным методом или методом смешанных ангидридов.



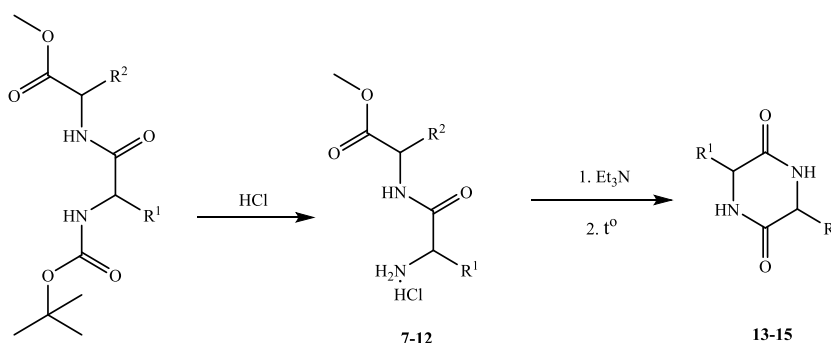
$R^1=(CH_3)_2CHCH_2-$ ;  $R^2=C_6H_5CH_2-$  (1),  $C_2H_5(CH_3)CH-$  (2).

$R^2=(CH_3)_2CHCH_2-$ ;  $R^1=C_6H_5CH_2-$  (3),  $C_2H_5(CH_3)CH-$  (4), H (5).



$R^1=(CH_3)_2CHCH_2-$ ;  $R^2=C_6H_5CH_2-$  (1), H (6).  $R^2=(CH_3)_2CHCH_2-$ ;  $R^1=C_6H_5CH_2-$  (3), H (5).

Целевые циклодипептиды **13-15** получены по приведенной ниже схеме:



$R^1=(CH_3)_2CHCH_2-$ ;  $R^2=C_6H_5CH_2-$  (7, 13), H (8, 14),  $C_2H_5(CH_3)CH-$  (9, 15).

$R^2=(CH_3)_2CHCH_2-$ ;  $R^1=C_6H_5CH_2-$  (10), H (11),  $C_2H_5(CH_3)CH-$  (12).

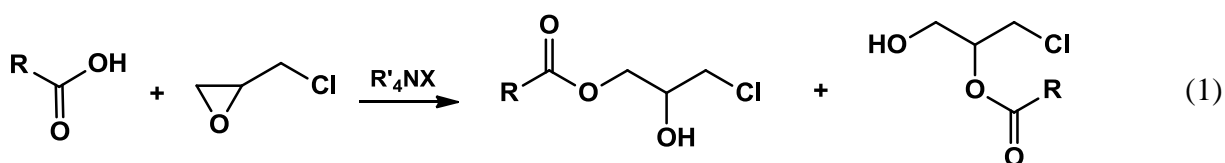
Следует отметить, что выделить в чистом виде метилловые эфиры дипептидов, полученные обработкой соответствующих гидрохлоридов **7-12** триэтиламинем, не удалось, так как при комнатной температуре они медленно превращаются в дикетопиперазины.

## СОЛІ ТЕТРАЛКІЛАМОНІЮ ЯК КАТАЛІЗАТОРИ РЕАКЦІЇ АЦЕТОЛІЗУ 2-ХЛОРОМЕТИЛОКСИРАНУ У БІНАРНИХ РОЗЧИННИКАХ

*Гнатюк Г.В., Макоцька О.Ю., Ютілова К.С., Швед О.М.*

Донецький національний університет імені Василя Стуса, [hnatiuk.h@donnu.edu.ua](mailto:hnatiuk.h@donnu.edu.ua)

2-(Хлорометил)оксиран (епіхлоргідрин, ЕХГ) знаходить широке використання у синтезі органічних і полімерних речовин: синтетичного гліцерину, епоксидних смол, епіхлоргідринних каучуків, що застосовуються для виготовлення клеїв, герметиків, захисних покриттів, пластифікаторів, пластмас, лікарських препаратів. Значний синтетичний потенціал 2-(хлорометил)оксирану пояснюється його високою реакційною здатністю у реакціях з протонвмісними нуклеофільними реагентами, що розкривають напружений оксирановий цикл (1). Такими реагентами часто виступають карбонові кислоти. Промисловий процес (1) відбувається у надлишку ЕХГ, що виступає таким чином і субстратом, і розчинником одночасно.



Ефективними каталізаторами реакції є солі тетраалкіламонію. Незважаючи на те, що реакція (1) є об'єктом багатьох наукових досліджень, дані щодо впливу розчинника на закономірності її перебігу в присутності четвертинних амонієвих солей є обмеженими, порядок реакції за кислотним реагентом варіюється від нуля до одиниці в залежності від реакційної серії та співвідношенням кислотного реагента та оксирана.

Метою дослідження є визначення кінетичних закономірностей ацетолізу 2-(хлорометил)оксирану в присутності солей тетраалкіламонію у бінарних розчинниках різної полярності. Об'єктами дослідження є 2-(хлорометил)оксиран, оцтова кислота, тетраетиламоній йодид  $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NI}$ , тетра-*n*-бутиламоній хлорид  $(n\text{-C}_4\text{H}_9)_4\text{NCl}$ .

Дослідження реакції ацетолізу епіхлоргідрину проводилося у бінарних розчинниках ЕХГ : ТГФ (тетрагідрофуран); ЕХГ : НБ (нітробензол). Об'ємне співвідношення компонентів у розчиннику 1:1. Дослідження проводилось при температурі  $(60,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ . Початкова концентрація оцтової кислоти 0,2 моль/л, концентрація тетраалкіламонієвих солей варіювалася в діапазоні  $0,00125 \div 0,00500$  моль/л.

За результатами дослідження каталітичного ацетолізу 2-(хлорометил)оксирану у присутності  $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NI}$  і  $(n\text{-C}_4\text{H}_9)_4\text{NCl}$  визначено, що полярність середовища не впливає на порядок реакції за оцтовою кислотою. Показано, що порядок реакції – нульовий за кислотним реагентом та перший за каталізатором – спостерігається для всіх досліджуваних реакційних серій. Встановлено кореляційні залежності між каталітичними константами швидкості реакції (1) та полярністю розчинника, що можуть бути використані для прогнозування каталітичної активності солей тетраалкіламонію у подібних реакційних системах. Показано, що швидкість реакції ацетолізу 2-(хлорометил)оксирану головним чином залежить від полярності розчинника та природи галогенід-аніона: чим менше полярність розчинника і вище нуклеофільність аніона солі, тим швидше перебігає розкриття оксиранового циклу ЕХГ. Виявлено, що об'єм катіона четвертинного амонія не має значного впливу на кінетичні закономірності реакції (1). Підтверджено, що тетраетиламоній йодид та тетра-*n*-бутиламоній хлорид є ефективними каталізаторами ацетолізу ЕХГ. Отримані дані дають змогу прогнозувати швидкість реакції (1) в подібних реакційних серіях, здійснювати оптимізацію промислових умов отримання мономерів епоксидних смол.

## НОВИЙ ЕФЕКТИВНИЙ ПІДХІД ДО СИНТЕЗУ 5-ТРИФЛУОРОМЕТИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ТІОЛУ ТА ЙОГО РЕАКЦІЯ З ПРОПАРГІЛБРОМІДОМ

Головко-Камошенкова О.М., Король Н.І., Сливка М.В., Лендел В.Г.

Ужгородський національний університет

[miravo2009@gmail.com](mailto:miravo2009@gmail.com)

Хімія похідних 1,2,4-триазол-3-тіону на сьогоднішній день є областю активних наукових досліджень. Це, насамперед, обумовлено практичною цінністю такого роду сполук для фармацевтичної та агрохімічної галузей. Адже добре відомо, що суттєва кількість похідних 1,2,4-триазол-3-тіону характеризується широким спектром біологічної активності [1-4]. Саме тому розробка ефективних підходів щодо синтезу таких речовин є актуальним завданням.

Одним із сучасних методів функціоналізації гетероциклічних систем з метою підвищення їх біологічної активності є введення до їх складу флуоровмісних замісників [5]. Відомо, що одержані в такий спосіб субстрати, зазвичай, характеризуються більшою ліофільністю та меншою токсичністю в порівнянні з нефлуорованими аналогами [6].

Проте, на сьогоднішній день, літературні данні, стосовно синтезу похідних 1,2,4-триазол-3-тіону із флуоровмісними замісниками в п'ятому положенні триазольного кільця є достатньо обмеженими [7]. На особливу увагу, в даному контексті, заслуговує трифлуорометильний замісник, оскільки відомо, що  $\text{CF}_3$  група окрім високої електроноакцепторності здатна також підвищувати метаболітичну стабільність субстратів не знижуючи, при цьому їх ефективність [6]. Синтезу похідних 5-трифлуорометил-1,2,4-триазол-3-тіону в літературі присвячено тільки декілька публікацій [7-9], а що стосується 4N-незаміщеного 5-трифлуорометил-1,2,4-триазол-3-тіону, який є цікавим потенційно-перспективним субстратом для подальших перетворень, то запропоновані підходи забезпечують невисокі виходи цільового продукту (24%) та й не містять повних його фізико-хімічних характеристик, які надійно засвідчують структуру [9]. Тому розробка ефективної методики для одержання даної сполуки є цікавим і актуальним завданням. Описаний в літературі метод базується на взаємодії тіосемікарбазиду з трифлуороетановою кислотою при кип'ятінні.

Було виявлено, що суттєвим чином вдається підвищити селективність і вихід реакції при додаванні розрахованої кількості ангідриду трифлуороетанової кислоти до розчину тіосемікарбазиду в трифлуороетановій кислоті. 5-Трифлуорометил-1,2,4-триазол-3-тіон **1** було виділено з виходом 67%. (Схема 1).

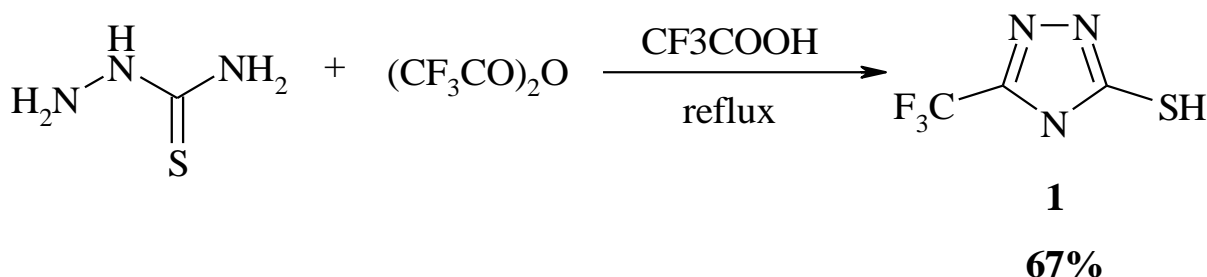


Схема 1.

Також досліджено реакцію сполуки **1** з пропаргіл бромідом. На відміну від нефлуорованих похідних 1,2,4-триазол-3-тіону, які, зазвичай, реагують з алкенаіалогенідами за умов кип'ятіння, 5-трифлуорометил-1,2,4-триазол-3-тіон **1** вступає в аналогічну реакцію вже при кімнатній температурі (Схема 2).

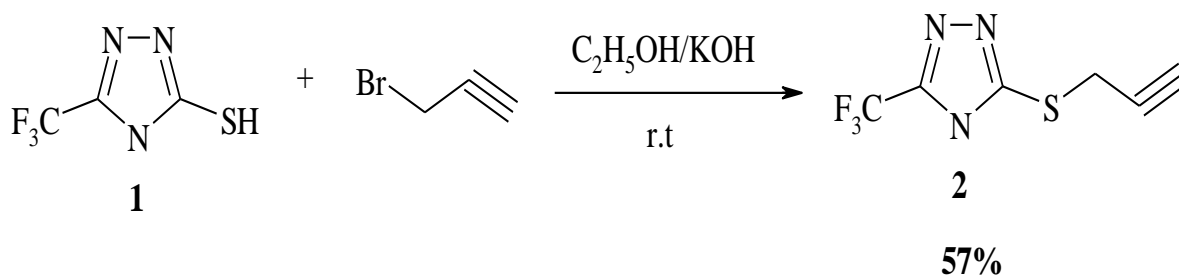


Схема 2.

Будову сполук **1** і **2** було підтверджено спектрами ЯМР на ядрах  $^1\text{H}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{13}\text{C}$ , та даними елементного аналізу,

1. S. Kucukguzel, P. Cikla-Suzgun, Recent advances bioactive 1,2,4-triazole-3-thiones, *Eur. J Med. Chem.* 97 (2015) 830-70.

2. K. Yin, L.H. Jiang, H.X. Zhou, Y. Huang, J.N. Xiang, Synthesis and insecticidal activity of 2-perfluoroalkyl-substituted or glucopyranosyl-substituted 2,4-dihydro-1,2,4-triazole-3-thione Schiff base, *Chin. J. Org. Chem.* 28 (2008) 1016–1023.

3. X.Y. Zhao, Y.X. Gong, Z.W. Zhang, et al., Synthesis and plant growth regulating activity of N-5-(3-carboxy-1,2,4-triazolyl)-N-aryl urea, *Chin. J. Appl. Chem.* 20 (2003) 594–596.

4. V.S. Saji, *Recent Pat. Corros. Sci.* 2 (2010) 6–12.

5. I. Ojima, *Fluorine in Medicinal Chemistry and Chemical Biology*, A JohnWiley & Sons, Ltd., Publication, New York, 2009.

6. R. Berger, G. Resnati, P. Metrangolo, E. Weber, J. Hulliger, Organic fluorine compounds: a great opportunity for enhanced materials properties, *Chem. Soc.Rev.* 40 (2011) 3496–3508.

7. Il'inykh, D.G. Kim, M.I. Kodess, E.G. Matochkina, P.A. Slepukhin, Synthesis of novel fluorine- and iodine-containing [1,2,4]triazolo[3,4-b] [1,3]thiazines based 3-(alkenylthio)-5-(trifluoromethyl)-4H-1,2,4-triazole-3- thiols, *J. Fluorine Chem.* 149 (2013) 24-29.

8. S.V. Vershilov, L.M. Popova, V.E. Mungalov, N.A. Ryabinin, Synthesis of 3- Perfluoro- Substituted 1,2,4- Triazolyl- 5- amines and- 5- thiols, *Zh. Prikl. Khim.* 67 (1994) 1124–1126..

9. Y. Watanabe, J. Mihara, D. Yamazaki, K. Shibuya, E. Shimojo, A. Emoto, *PCT Int. Pub. No. WO 2006/099957*, 2006.



## РАДІАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ТЕРМОСТІЙКОГО СІТЧАСТОГО ПОЛІЦІАНУРАТУ МОДИФІКОВАНОГО ДИМЕТИЛФТАЛАТОМ

Григор'єва О.П.<sup>1</sup>, Старостенко О.М.<sup>1</sup>, Файнлейб О.М.<sup>1</sup>, Пулипенко А.М.<sup>1,2</sup>,  
Сахно В.І.<sup>3</sup>, Ковалінська Т.В.<sup>3</sup>, Гранде Д.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, [o\\_starostenko@ukr.net](mailto:o_starostenko@ukr.net)

<sup>2</sup>Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАНУ України

<sup>3</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України

<sup>4</sup>Інститут хімії і матеріалів, Університет Париж-Схід CNRS, Франція

Поліціанурати (ПЦ) – густосітчасті полімери, що отримують шляхом поліциклотримеризації диціанових естерів бісфенолів, характеризуються високими термічною, хімічною та вогнестійкістю, високою температурою склування ( $T_{ск} \approx 250-400^\circ\text{C}$ ), стабільністю розмірів, високою адгезією до різних субстратів (металів, скло- та вуглепластиків), тощо [1, 2]. ПЦ можуть бути використані для отримання пористих і нанопористих матеріалів широкого спектру застосування як термостійкі мембрани, фільтри, сенсори чи сорбенти для фільтрації, розділення чи очистки. Окрім того, ПЦ можуть становити основу для перспективних трекових технологій виготовлення ядерних фільтрів. Суттєвим недоліком ПЦ є їх висока крихкість.

Стійкість до радіаційного опромінення вивчали для поліціанурату, отриманого шляхом *in situ* поліциклотримеризації диціанового естеру бісфенолу Е, ДЦБЕ, за присутності диметилфталату (ДМФ) (для зниження крихкості), складу ПЦ/ДМФ=70/30 мас.%. 4,4'-Етилідендифеніл диціанат (ДЦБЕ) торгової марки Primaset LECy був люб'язно наданий компанією Lonza (Lonza, Швейцарія); диметилфталат (чистота  $\geq 99\%$ ,  $T_{кип} \sim 282^\circ\text{C}$ ,  $M \sim 194,2$  г/моль,  $T_{пл} \approx 0-2^\circ\text{C}$ ) придбаний у Sigma-Aldrich. Всі реактиви використовували без додаткової очистки.

Зміни в хімічній структурі вивчали за допомогою методу ІЧ-спектроскопії з використанням спектрометра Tensor 37 фірми Bruker з Фур'є перетворенням в діапазоні частот  $\nu = 4000-600$  см<sup>-1</sup>. Для кожного спектра усереднено 32 послідовних скани із розподільною здатністю 4 см<sup>-1</sup>. Стійкість до термоокиснювальної деструкції досліджували методом ТГА (в атмосфері повітря) на обладнанні "TA Instruments TGA Q50" в інтервалі температур від 20 °С до 700 °С зі швидкістю нагрівання 20 °С/хв. Теплофізичні властивості зразків вивчали на приладі TA Instruments DSC Q2000 шляхом нагрівання зразків масою ~ 10 мг у температурному діапазоні від 25 °С до 200 °С зі швидкістю 20 °С/хв. Середину ендотермічного переходу на кривій температурної залежності теплоємності  $C_p = f(T)$  приймали за температуру склування ( $T_{ск}$ ) зразка.

На рисунку 1а наведено ІЧ-спектри вихідного композиту ПЦ/ДМФ і композиту, опроміненого  $\gamma$ -променями дозою 200 кГр – ПЦ/ДМФ<sub>200</sub>. На спектрах обох композитів присутні смуги поглинання із максимумами  $\nu \approx 1357$  см<sup>-1</sup> і  $\nu \approx 1556$  см<sup>-1</sup>, що відповідають валентним коливанням N–C зв'язків із N–C–O груп та C=N зв'язків із C=N–C зв'язків поліціануратних циклів, відповідно. Окрім того, смуга при  $\nu \approx 1724$  см<sup>-1</sup> відноситься до валентних коливань C=O–груп ДМФ. Порівняння цих двох спектрів виявило, що застосування опромінення (сенсibiliзації) практично не впливає на хімічну структуру досліджуваного ПЦ/ДМФ композиту, оскільки інтенсивності основних смуг поглинання в ІЧ-спектрі ПЦ/ДМФ майже не змінюються після опромінення  $\gamma$ -променями дозою 200 кГр. Для порівняння було досліджено хімічну структуру зразку політетрафторетилену (ПТФЕ), який використовували як підкладку при опроміненні. На рисунку 1б наведено ІЧ-спектри вихідного ПТФЕ і ПТФЕ<sub>200</sub> (опроміненого  $\gamma$ -променями дозою 200 кГр). Чітко видно, що після опромінення різко падає інтенсивність піків при 1204 і 1150 см<sup>-1</sup>, що відповідають симетричним і асиметричним CF<sub>2</sub> і C–C валентним коливанням. Причиною таких змін хімічної структури досліджуваних зразків ПТФЕ є руйнування хімічних зв'язків у полімері з наступним обривом полімерних ланцюгів у процесі опромінення.

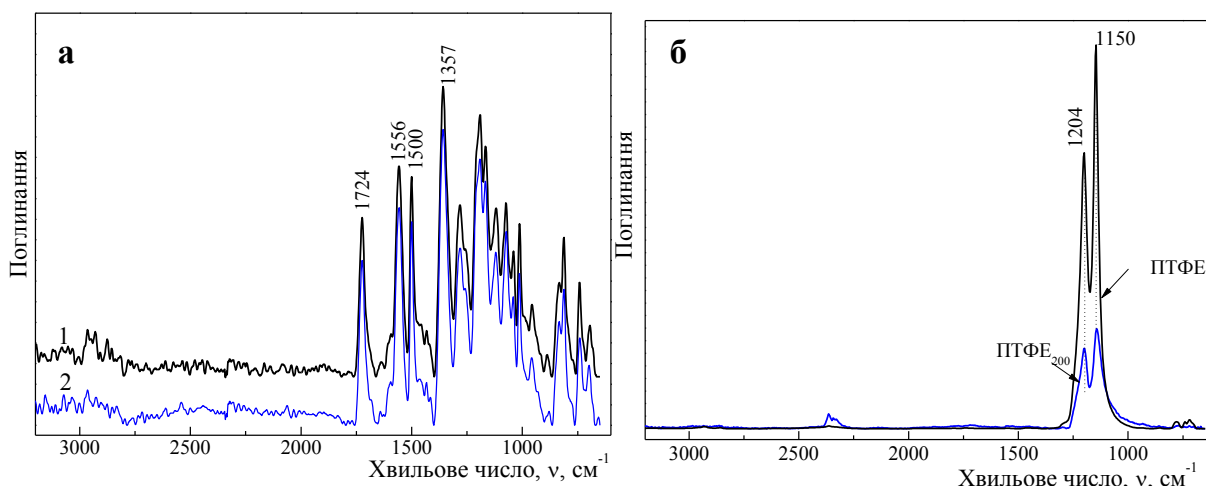


Рисунок 1 – ІЧ спектри досліджуваних: **(а)** вихідного ПЦ/ДМФ (1) і опроміненого (2) ПЦ/ДМФ<sub>200</sub>; **(б)** вихідного і опроміненого політетрафторетилену (ПТФЕ).

Стійкість до термоокиснювальної деструкції вихідного і опроміненого зразків ПЦ/ДМФ досліджували за допомогою методу ТГА, отримані дані наведені на рисунку 2. Видно, що криві ТГА ПЦ/ДМФ і ПЦ/ДМФ<sub>200</sub> практично збігаються, термоокиснювальна деструкція досліджуваних композитів відбувається у три стадії: перша в області температур 170-340 °С відповідає видаленню висококиплячого розчинника ДМФ із композиту, друга в інтервалі температур 427-487 °С пов'язана з розривом зв'язків феніл-триазин у ПЦ, а на третій стадії при 615-690 °С відбувається окиснення утворених внаслідок деструкції на 2-й стадії уламків з формуванням більш термостійких структур, що згодом деградують за більш високих температур. При цьому чітко видно, що для обох зразків перша стадія деградації майже ідентична, тоді як дві інші стадії, що відповідають деструкції ПЦ матриці дещо відрізняються температурними положеннями максимумів швидкості втрати ваги: для ПЦ/ДМФ<sub>200</sub> у порівнянні з неопроміненим ПЦ/ДМФ вони зсуваються в область більш високих температур на 3°С і 7°С, відповідно для другої і третьої стадії деструкції. Очевидно, при опроміненні  $\gamma$ -променями відбувається додаткова зшивка ПЦ матриці, що і реалізується у підвищеній термостійкості таких зразків за високих температур.

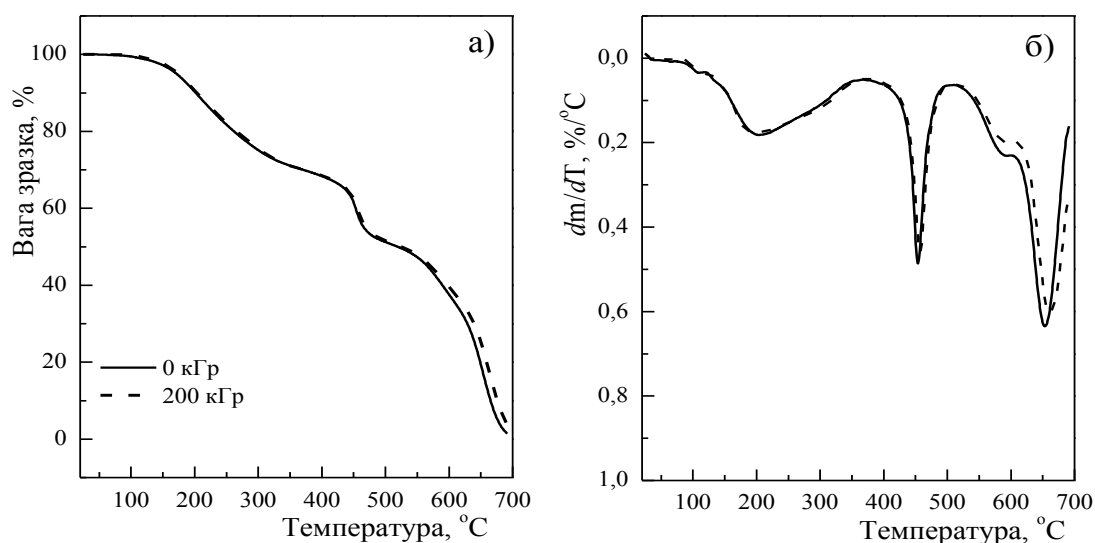


Рисунок 2 – ТГА криві **(а)** та відповідні їм похідні криві ТГА **(б)** вихідного ПЦ/ДМФ і опроміненого ПЦ/ДМФ<sub>200</sub>.

За допомогою методу ДСК визначено вплив радіаційного опромінення на температуру склування ПЦ/ДМФ композиту. На рис. 3 наведені ДСК термограми досліджуваних зразків. Видно, що як вихідний ПЦ/ДМФ, так і опромінений ПЦ/ДМФ<sub>200</sub> характеризуються лише однією температурою склування, яка залишається незмінною навіть після  $\gamma$ -опромінення.

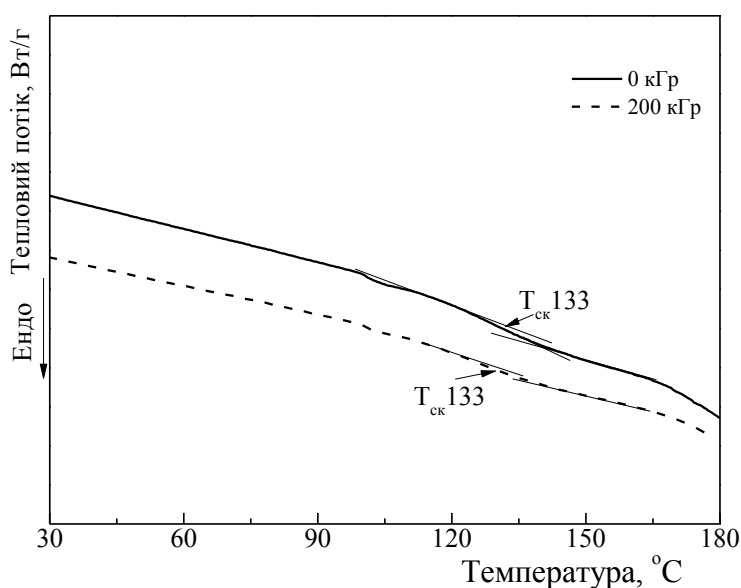


Рисунок 3 – ДСК термограми вихідного ПЦ/ДМФ і опроміненого ПЦ/ДМФ<sub>200</sub>.

Отже, методами ФТІЧ спектроскопії, ТГА і ДСК встановлено, що терmostійкий сітчастий поліціанурат на основі диціанового естеру бісфенолу Е, модифікований диметилфталатом, є стійким до вибраних умов радіаційного опромінення  $\gamma$ -променями дозою 200 кГр, оскільки зберігає цілісність хімічної структури і високі термічні властивості.

Автори роботи висловлюють щире подяку за часткову фінансову підтримку даної роботи НАН України та Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) Франції (спільний українсько-французький проект LIA (Міжнародна Асоційована Лабораторія «Полінанопор»)).

1. Hamerton I. (ed). Chemistry and Technology of Cyanate Ester Resins. – London: Chapman & Hall, 1994. – 357 p.

2. Fainleib A. (ed). Thermostable Polycyanurates. Synthesis, Modification, Structure and Properties. – New York: Nova Science Publisher, 2011. – 362 p. ISBN: 978-1-60876-907-0.

## СИНТЕЗ 7-N-АЦИЛАМІНОФУНКЦІОНАЛІЗОВАНИХ ПОХІДНИХ ПІРАЗОЛО[3,4-*e*][1,4]ДІАЗЕПІНІВ

*Дорохов В.І.<sup>1</sup>, Кемський С.В.<sup>2</sup>, Більбут А.В.<sup>2</sup>, Вовк М.В.<sup>2</sup>*

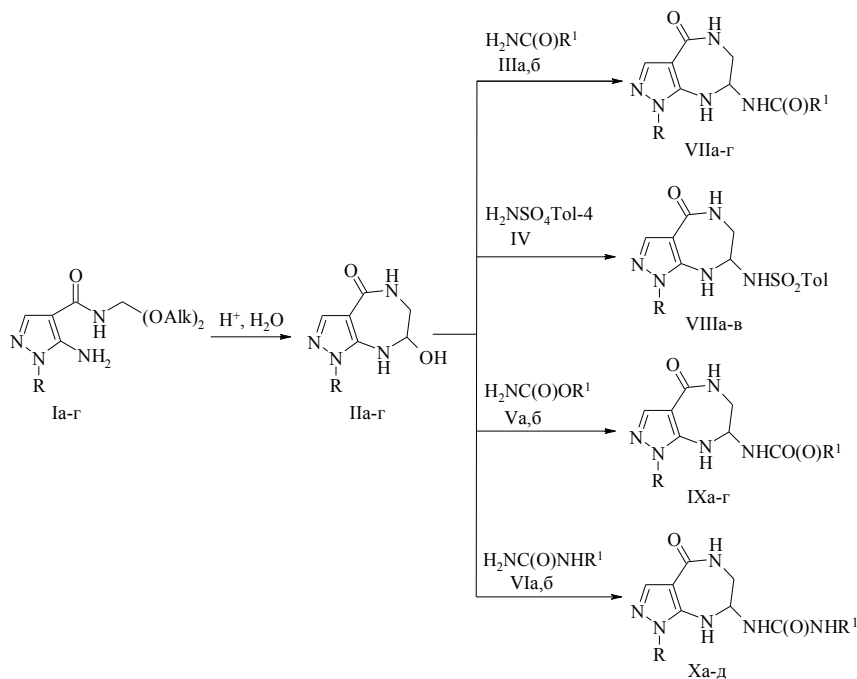
<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, [VDorokhov@meta.ua](mailto:VDorokhov@meta.ua)

<sup>2</sup>Інститут органічної хімії НАН України, м. Київ

Селективне введення в азотовмісні гетероциклічні сполуки амінофункціональних фрагментів є ефективним варіантом побудови перспективних як в хімічному, так і біологічному аспектах синтетичних об'єктів. На даний момент серед такого виду сполук синтезовані похідні 5-членних [1-5] та 6-членних [6-9] азотистих гетероциклів. Ряд їх 7-членних аналогів обмежений тільки прикладом 7-ароїламіногексагідроазепін-2-ону [10].

З урахуванням викладеного вище, метою нашого дослідження стала спрямована N-ациламінофункціоналізація 7-членного циклу у структурі фармакологічно важливих [11-14] 1*H*-піразоло[3,4-*e*][1,4]діазепін-4-онів.

Базовими об'єктами для вирішення поставленої цілі були обрані 7-гідроксипіразоло[3,4-*e*][1,4]-діазепін-4-они (IIa-г), які є продуктами внутрішньомолекулярної циклоконденсації в кислому середовищі 5-аміно-N-(2,2-діалкоксиетил)піразоло-4-карбоксамідів (Ia-г) [15]. Раніше [16] при отриманні 7-сульфанілпохідних піразоло[3,4-*e*][1,4]діазепін-4-онів було показано, що подальші перетворення сполук типу II препаративно доцільно здійснювати в однореакторному синтетичному варіанті, без їх виділення і додаткової очистки. Такий підхід виявився продуктивним і при використанні азотовмісних низьконуклеофільних реагентів - амідів (IIIa,б), *para*-толуолсульфаміду (IV), карбаматів (Va,б) та сечовин (VIa,б). Встановлено, що сполуки IIa-г у середовищі вода-диметилсульфоксид, 5:1 при кімнатній температурі при дії вказаних NN-нуклеофілів схильні до легкого заміщення гідроксильної групи і утворення із задовільними та високими виходами раніше не відомих N-ациламіно-1*H*-піразоло[3,4-*e*][1,4]діазепінів (VIIa-г, VIIIa-в, IXa-г, Xa-д).



I: Alk = Me, R = Me (a), PhCH<sub>2</sub>(б); Alk = Et, R = Ph (в), 4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (г); II: R = Me (a), PhCH<sub>2</sub>(б), Ph (в), 4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (г); III: R<sup>1</sup> = Ph (a), 4-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(б); V: R<sup>1</sup> = Et (a), PhCH<sub>2</sub>(б); VI: R<sup>1</sup> = CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub> (a), Ph(б); VII: R = Me, R<sup>1</sup> = Ph (a), 4-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(б); R = Ph, R<sup>1</sup> = Ph (в), 4-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(г); VIII: Tol = 4-MeC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, R = Me (a), Ph(б), 4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (в); IX: R = Me, R<sup>1</sup> = Et (a), PhCH<sub>2</sub>(б); R = Ph, R<sup>1</sup> = Et (в); R = 4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, R<sup>1</sup> = PhCH<sub>2</sub> (г); X: R = Me, R<sup>1</sup> = CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub> (a), Ph (б); R = PhCH<sub>2</sub>, R<sup>1</sup> = CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub> (в), Ph (г); R = 4-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, R<sup>1</sup> = Ph (д).

Приймаючи до уваги літературні дані [4, 17] можна достовірно стверджувати, що в умовах перебігу реакції має місце протонування гідроксильної групи сполук Па-г, подальше відщеплення води та утворення високоелектрофільного інтермедіата імінієвого типу, на який власне і направлена атака HN-реагенту. Варто зазначити, що при використанні високонуклеофільних первинних та вторинних амінів не вдається отримати відповідні 7-амінопохідні, оскільки процес супроводжується розщепленням діазепінового циклу і утворення складної суміші продуктів.

Таким чином, взаємодією 7-гідроксипіразоло[3,4-е][1,4]діазепін-4-онів із низьконуклеофільними аміносполуками (амідами, карбаматами, сечовинами) в системі вода-диметилсульфоксид, 5:1 синтезовані відповідні 7-N-ациламінофункціоналізовані піразоло[3,4-е][1,4] діазепін-4-они (VII а-г, VIIІа-в, ІХ а-г та Ха-д у), склад та структура яких узгоджується із результатами вимірів їх хромато-мас-, ІЧ-, ЯМР <sup>1</sup>H та <sup>13</sup>C спектрів.

1. Hwang S.H., Shin K.J., Kang Y.K. et al. // Arch. Pharm. – 1998. – **331**, №4. – p. 139-142.
2. Schmidt R.R., Schlipf E. // Chem. Ber. 1970. – **103**, № 12 - p. 3783-3790.
3. Kosugi Y., Hamaguchi H., Nagasaka T. et al. // Heterocycles. – 1980. – **14**, №9. – p. 1245-1249.
4. Nagasaka T., Abe M., Ozama N. et al. // Heterocycles. – 1983. – **20**, №6. – p. 985-990.
5. Warshwsky A., Ben-Ishai D. // J. Het. Chem. – 1970. – **7**, № 4. – p. 917-921.
6. Ben-Ishai D., Ynbal Z., Warshwsky A. // J. Het. Chem. – 1970. – **7**, №4 - p. 915-922.
7. Irikura T., Kasuga K. // J Med. Chem. – 1971. – **14**, № 4 - p. 357-360.
8. Banitt E.H., Bronn W.R., Coyne W.E. // J. Med. Chem. – 1977. – **20**, p. 812-824.
9. Warshwsky A., Ben-Ishai D. // Tetrahedron Lett. – 1968. - №5 – p. 541-543.
10. Коршунова З.И., Захс Э.Р., Гинзбург // Журн. орган. химии. – 1970. – 6, №3 – с. 504-510.
11. De Wald H.A., Lobbestael S., Butler D.E. // J. Med. Chem. – 1977. – 20, №12 – p. 1562-1569.
12. Fitzgetald J.E., Iglesia F.A. McGuire E.I. // Fund. Applied Toxicol. – 1984. 4, №6. – p. 178-190.
13. Baraldi P.G., Mantredini S., Poschel B.P.H. // J. Med. Chem. – 1985. – 28, №5 p. 683-686.
14. De Wald H.A., Lobbestael S., Poschel B.P.H. // J. Med. Chem. – 1985. – 24, №8 – p. 982-987.
15. Кемський С.В., Больбут А.В., Вовк М.В. // Журн. орган. фарм. хім. – 2014. – 12, №2. – с. 27-31.
16. Кемський С.В., Больбут А.В., Вовк М.В. // Журн. орган. химии. – 2014. – 50, №5. – с. 697-702.
17. Palliconda G., Chakrovarty H. // RCS Adv.- 2013.- 3.- p. 20503-20511.

## ОДЕРЖАННЯ КОМБІНОВАНИХ ГІДРОГЕЛІВ НА ОСНОВІ ПЕКТИНУ ТА АЛЬГІНАТУ НАТРІЮ

*Дронь І.А., Стасюк А.В., Грабазей І.О., Надашкевич З.Я., Самарик В.Я.*  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
[irynadron@ukr.net](mailto:irynadron@ukr.net)

Полісахариди рослинного походження, зокрема пектин та альгінат натрію, володіють цінними (антисептичними, гемостатичними, детоксикуючими) властивостями, внаслідок чого використовуються для створення нових матеріалів медичного призначення [1,2]. Дослідження процесів гелеутворення з використанням таких полімерів є актуальними.

Метою даної роботи було одержання комбінованих гідрогелів з використанням цитрусового пектину з різним ступенем естерифікації (40-82%) та альгінату натрію як гелеутворюючих полімерів, дослідження фізико-механічних властивостей та здатності до набрякання сформованих гідрогелевих пластин у воді.

Комбіновані гідрогелі на основі цитрусового пектину та альгінату натрію одержували з використанням методу структурування полісахаридів солями кальцію, для чого змішували 15÷20 грам 4-10% дисперсії пектину, 5÷10 грам 1-3% дисперсії альгінату натрію, додавали необхідну кількість пластифікаторів (поліпропіленгліколь 2000, поліетиленгліколь 4500), перемішували і завантажували у форми, які поміщали у розчин структуруючого агенту (хлориду або глюконату кальцію), витримували впродовж 10-20 годин, після чого виймали з форми.

Модуль пружності отриманих гідрогелевих пластин визначали за методом прориву гідрогелю під тиском повітря [3], ступінь набрякання – гравіметричним методом при 293 К.

За результатами досліджень фізико-механічних властивостей було встановлено, що комбіновані гідрогелі на основі низькоестерифікованого пектину (зі ступенем естерифікації 41,5%) володіють високими значеннями модуля пружності (32,03кПа), проте є крихкими та нестійкими до знакоперемінних навантажень. Водночас, гідрогелі, які отримані з використанням пектину з вищим ступенем естерифікації (81,5%), навпаки: при достатньо високому значенні модуля пружності (4,68кПа) є еластичними.

Дослідження процесу набрякання гідрогелів показали, що гідрогелеві пластини на основі низькоестерифікованого пектину формуються в стані рівноважного ступеня набрякання (13-15 г/г) і практично не здатні після формування поглинати воду; ступінь набрякання комбінованих гідрогелів на основі високоестерифікованого пектину є вищою (20-30 г/г).

Таким чином, фізико-механічні властивості та здатність до набрякання у воді отриманих комбінованих гідрогелів істотно залежать від ступеня естерифікації цитрусового пектину. Такі гідрогелеві пластини можуть бути використані для створення перев'язувальних матеріалів для лікування ран з невеликою кількістю ексудату.

1. Smistad, G., Bøyum, S., Alund, S., Samuelsen, A., Hiorth, M. The potential of pectin as a stabilizer for liposomal drug delivery systems // Carbohydrate Polymers. – 2012. – 90, №3. – P.1337–1344.

2. Lee, K., Mooney, D. Alginate: Properties and biomedical applications // Progress In Polymer Science. – 2012. – 37, №1. – P.106–126.

3. Oyen M.L. Mechanical characterisation of hydrogel materials // International Materials Reviews. – 2013. – V.59, № 1. – P.44–59.

## СИНТЕЗ БІОПЕРСПЕКТИВНИХ 2,3-ФУНКЦІОНАЛІЗОВАНИХ ХІНОЛІНІВ

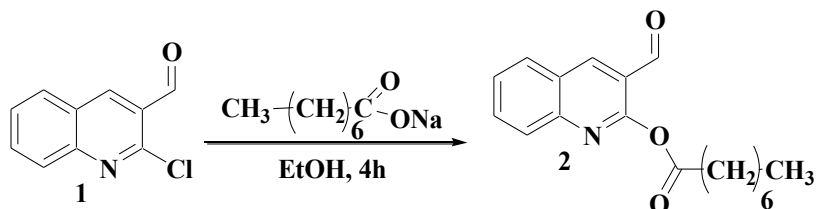
Запотоцький М.А., Сабо Т.Ш., Кут Д.Ж., Кут М.М., Онисько М.Ю., Балог І.М., Лендел В.Г.  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

[kutmykola@ukr.net](mailto:kutmykola@ukr.net)

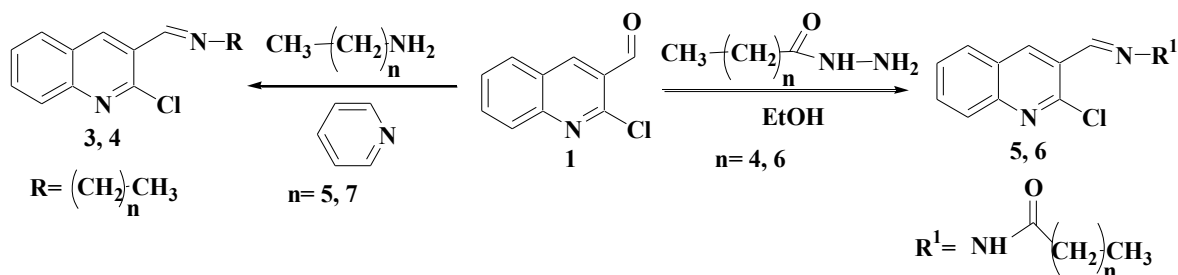
Відомо, що багато похідних хіноліну виявляють біологічну активність. Їх використовують як лікарські засоби з різною фізіологічною активністю, а також як реагенти в органічному синтезі. Азотетини з гетероциклічним фрагментом у своєму складі використовують в якості пігментів барвників, каталізаторів, інтермедіатів в органічному синтезі та стабілізаторів при виробництві високомолекулярних сполук. Відомі приклади використання основ Шиффа для отримання комплексів перехідних металів, що є важливим для аналітичної хімії. Тому синтез нових основ Шиффа є актуальним завданням.

Метою даного дослідження є розробка препаративних методів синтезу похідних 2,3-функціонально заміщеного хіноліну. В якості модельного об'єкту використано 2-хлорохінолін-3-карбальдегід, який містить два потенційно важливі центри для функціоналізації.

З метою функціоналізації хіноліну у положенні 2 здійснено нуклеофільне заміщення атома хлору на естерну групу. Використання натрій каприлату в якості нуклеофілу з хлорхіноліном **1** дозволяє отримувати естер **2** з довгим алкільним замісником.

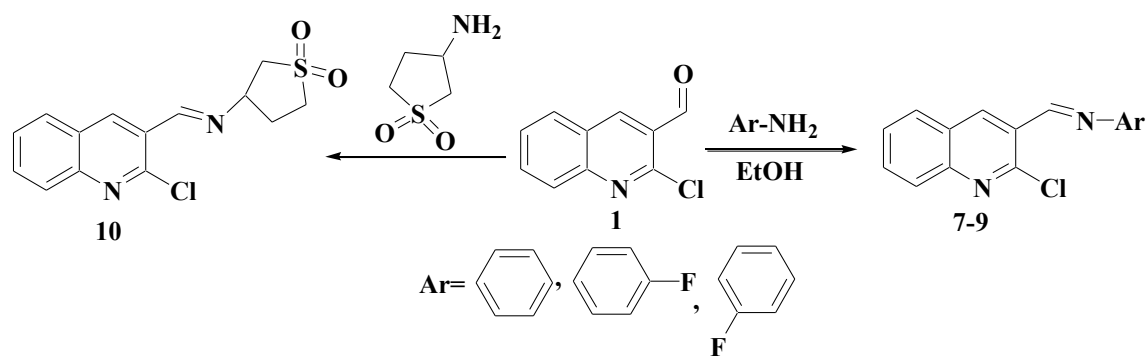


Іншим центром для функціоналізації є карбонільна група в положенні 3 хіноліну, яка може вступати в реакції конденсації з амінами та гідрозидами. Так, взаємодія амінів з хлорхіноліном **1** в середовищі піридину приводить до утворення азотетинів **3,4** з довгим алкільним "хвостом". Довгий вуглеводневий ланцюг біля імінного нітрогену збільшує ліофільність азотетинів, що, потенційно, може вплинути на швидкість фармакологічної дії. При конденсації 2-хлорохінолін-3-карбальдегіду **1** з гідрозидами гексанової та октанової кислот в середовищі етанолу отримано гідрозони **5,6** з високими виходами.

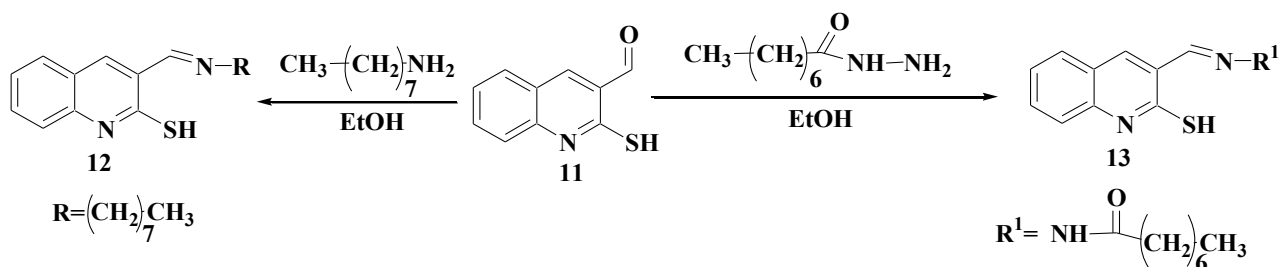


При використанні ароматичних амінів утворюються азотетини **7-9** з виходами 83-97%. Слід відмітити, що наявність атома фтору в *орто*-положенні зменшує вихід основ Шиффа до 83 %. Використання 3-амінотіолан-1,1-діоксиду в реакції конденсації з хіноліном **1** дозволяє в одну стадію отримувати біоперспективний азотетин **10** з хіноліновим та сульфононим фрагментом в своєму складі.

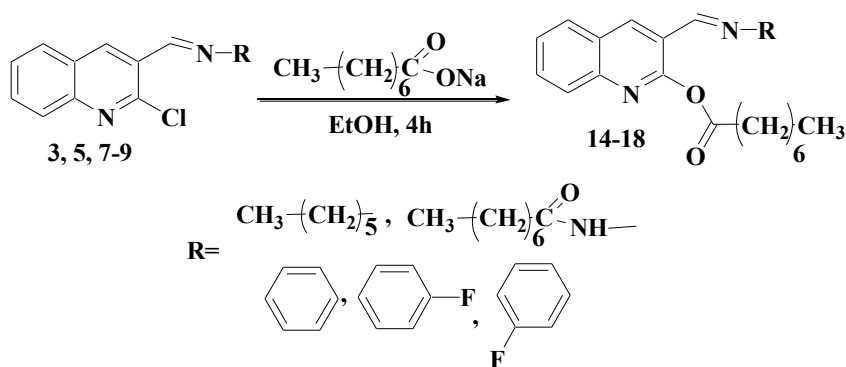




Для з'ясування впливу замісника в положенні 2 хіноліну проведено конденсації синтетично доступного 2-меркаптохінолін-3-карбальдегіду **11** з амінами та гідрозидами кислот. Так, нагрівання тіолу **11** з октиламіном в середовищі етанолу приводить до утворення основи Шиффа **12** з високим виходом. У випадку конденсації 2-меркаптохінолін-3-карбальдегіду з гідрозидом октанової кислоти утворюється гідрозон **13**, який являє собою суміш *син*- та *анти*-ізомерів у співвідношенні 1 : 1.2. Сполуки **12,13** є потенційними комплексоутворювачами.



Отримані основи Шиффа були використанні для подальшої функціоналізації в реакції з натрій каприлатом в спиртовому середовищі, в результаті чого виділено естери каприлової кислоти **14-18**, які містять азометиновий фрагмент в положенні 3 хіноліну.



Таким, чином в результаті даного дослідження отримано цілий ряд біоперспективних 2,3-функціоналізованих хінолінів, які придатні для подальших перетворень та вивчення реакцій комплексоутворення.

## ЕЛЕКТРОФІЛЬНА ГЕТЕРОЦИКЛІЗАЦІЯ НЕЗАМІЩЕНИХ ТІОПОХІДНИХ 5,5'-БУТАН-БІС-1,2,4-ТРИАЗОЛІВ

Король Н.І.<sup>1</sup>, Головка-Камошенкова О.М.<sup>1</sup>, Сливка М.В.<sup>1</sup>, Лендел В.Г.<sup>1</sup>

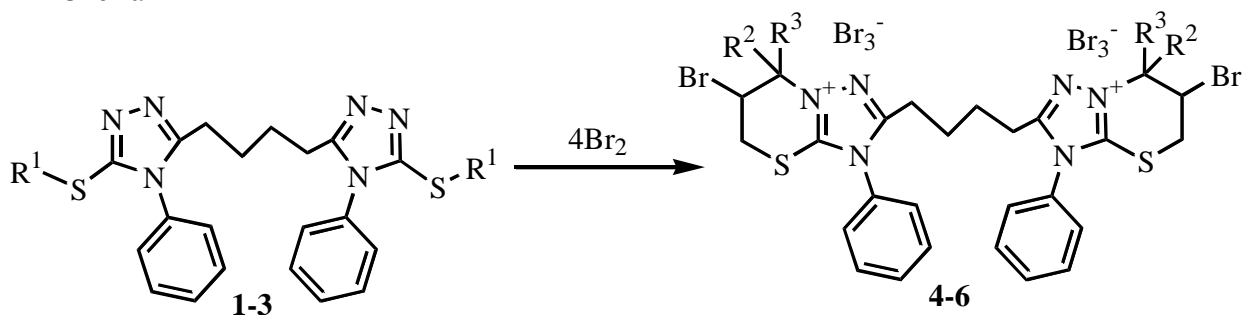
<sup>1</sup> ДВНЗ «Ужгородський національний університет», [nataliya.korol@uzhnu.edu.ua](mailto:nataliya.korol@uzhnu.edu.ua)

Ядро 1,2,4-триазолу володіє рядом цінних фармакологічних властивостей і застосовується у медицині, сільському господарстві, фотосправі [1], водночас реакції електрофільної гетероциклізації є зручним та універсальним інструментом за допомогою якого одержують конденсовані похідні цієї системи [2,3].

З огляду на недостатню кількість даних стосовно сполук цього класу, брак досліджень щодо впливу замісника у 4 положенні триазольного циклу на біологічні властивості сполук, а також зважаючи на високий фармакологічний потенціал речовин, що містять 1,2,4-триазол – метою даної наукової роботи є одержання та дослідження біологічної дії похідних 5,5'-бутан-біс-1,2,4-триазол-3-тіону.

Реакції бромациклізації проводили у середовищі льодяної оцтової кислоти дією чотирикратного надлишку броду на алкенільні тіопохідні 5,5'-бутан-біс-1,2,4-триазол-3-тіону **1-3**. В результаті були одержані конденсовані тіазинотриазоли **4-6** (Схема 1). Будова сполук була доведена спектрально.

Схема 1



R<sup>1</sup> = cinnamyl, crotyl, prenyl; R<sup>2</sup> = H, CH<sub>3</sub>; R<sup>3</sup> = CH<sub>3</sub>, Ph

Таким чином, в рамках даного дослідження отримано ряд раніше неописаних конденсованих трибромідів 5,5'-бутан-біс-1,2,4-триазолу, доведено їхню структуру. Отримані речовини є перспективними для подальшої функціоналізації та дослідження біологічної активності.

1. Küçükgülzel S.G., Çıkla-Süzgün P. Recent advances bioactive 1,2,4-triazole-3-thiones // European Journal of Medicinal Chemistry – 2015 - № 97 - С. 830-870.

2. Korol N., Slivka M., Fizer M., Baumer V., Lendel V. Halo-heterocyclization of butenyl(prenyl)thioethers of 4,5-diphenyl-1,2,4-triazol-3-thiole into triazolo[5,1-b][1,3]thiazinium systems: experimental and theoretical evolution // Monatshefte für Chemie – 2020 - № 151(2) - С.191-198.

3. Slivka M., Korol N., Pantyo V., Baumer V., Lendel V. Regio and stereoselective synthesis of [1,3]thiazolo[3,2-b][1,2,4]triazol-7-ium salts via electrophilic heterocyclization of 3-S-propargylthio-4H-1,2,4-triazoles and their antimicrobial activity // Heterocycl. Commun. – 2017 - 23(2) – С.109–113.

## СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТЕТИЧНИХ ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН

*Литвин В.А., Суковач Т.М., Семенова М.І.*

Черкаський національний університет ім. Б.Хмельницького, [litvin\\_valentina@ukr.net](mailto:litvin_valentina@ukr.net)

Гумінові речовини – це природні органічні сполуки, які утворюються в процесі гуміфікації продуктів тваринного, рослинного і мікробного походження. Вони входять до складу ґрунту, торфу, бурого вугілля, сапропелю [1]. Інтерес до гумінових речовин обумовлений їх широким спектром терапевтичних властивостей, що підтверджується експериментальними дослідженнями останніх років. Специфічні органічні речовини володіють адаптогенними, протимікробними, протизапальними, антиоксидантними властивостями, а також є універсальною матрицею для введення в організм людини необхідних мікроелементів в активній формі [2]. Особливий інтерес в даному контексті набувають синтетичні гумінові речовини, які відрізняються від природних матеріалів стандартизованими властивостями, що є важливим для широкого їх впровадження в медичну практику.

Об'єктом дослідження було обрано синтетичні гумінові речовини, одержані окисненням таніну молекулярним киснем у лужному середовищі [3].

Спектральні дослідження були проведені у видимій та інфрачервоній областях. Метод електронної спектроскопії має обмежену інформативність внаслідок накладання спектральних ліній. Спектр поглинання синтетичних фульвокислот має вигляд пологої кривої, що монотонно спадає в сторону більших довжин хвиль (Рис. 1, а). Такий характер спектру зумовлений наявністю у структурі синтетичних фульвокислот речовин розгалуженої системи спряжених  $>C=C<$  зв'язків. Для характеристики гумінових речовин прийнято використовувати величину екстинкції та відношення оптичної густини при 465 та 650 нм ( $E4/E6$ ). Значення  $E_{465}^{0.001\%}$  та  $E4/E6$  для синтетичних фульвокислот, отриманих з таніну, становлять 0,03 та 4,62 відповідно, що знаходяться в діапазоні, характерному для природних гумінових речовин [1].

Інфрачервоні спектри поглинання підтверджують подібність синтетичних гумінових речовин до природних матеріалів (Рис. 1, б). Максимальна інтенсивність смуг поглинання в ІЧ-спектрах синтетичних фульвокислот, одержаних з таніну, відмічена для гідроксильних, карбонільних, карбоксильних груп, аліфатичних та ароматичних фрагментів.

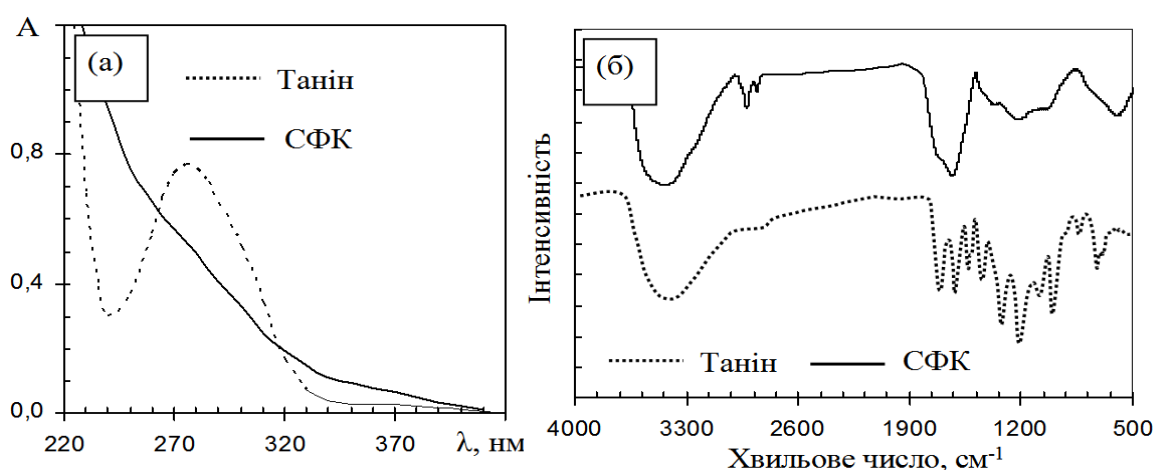


Рис. 1. ІЧ- та електронний спектри поглинання таніну та синтетичних фульвокислот (СФК)

Зокрема, широка смуга поглинання при  $3450\text{ см}^{-1}$  свідчить про наявність ОН-груп зв'язаних міжмолекулярними водневими зв'язками. Смуги поглинання при  $2920\text{ см}^{-1}$  та

2852  $\text{cm}^{-1}$  обумовлені симетричними і асиметричними коливаннями аліфатичних С–Н зв'язків у метильних ( $\text{CH}_3$ ) і метиленових ( $\text{CH}_2$ ) групах, а поглинання при 1374  $\text{cm}^{-1}$  свідчить про деформаційні коливання зв'язків С–Н в насиченому аліфатичному радикалі. Смуга поглинання середньої інтенсивності при 1718  $\text{cm}^{-1}$  говорить про коливання  $\text{C}=\text{O}$  груп в карбоксильній і частково в карбонільній групах.

Поглинання при 1620  $\text{cm}^{-1}$  характерне для валентних коливань зв'язку  $\text{C}=\text{C}$ -, зв'язаного з  $\text{C}=\text{O}$  або  $\text{COOH}$  групами, а наявність смуги при 1600  $\text{cm}^{-1}$  відповідає коливанню зв'язків  $\text{C}=\text{C}$ - ароматичного кільця, що утворює центральну (каркасну) частину фульвокислот. Площинні деформаційні коливання зв'язків С–Н (1070-900  $\text{cm}^{-1}$ ) вказують на різні типи заміщення бензольного кільця. Смуга в області 1228  $\text{cm}^{-1}$  відноситься до валентних коливань С–О фенольних і карбоксильних груп, а сильне поглинання при 1124  $\text{cm}^{-1}$  відповідає валентним коливанням зв'язку С–О первинних і вторинних спиртових груп. Наявність даних смуг вказує на присутність різних кисневмісних функціональних груп в структурі синтетичних ФК.

Порівняння спектральних властивостей синтетичних фульвокислот, одержаних з таніну, з природними матеріалами дозволяє зробити висновок про однотипність їх хімічної будови. Однак суттєвою перевагою синтетичних матеріалів є їх відтворювані та контрольовані властивості, що значно розширює області їх можливого використання.

1. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов – М.: МГУ, 1990. – 325с.

2. Peña-Méndez E.M. Humic substances compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment and biomedicine / E.M. Peña-Méndez, J. Havel, P. Jiří // J. Appl. Biomed. – 2005. – № 3. – С. 13-24.

3. Патент на корисну модель України № 131721 Спосіб одержання синтетичних фульвокислот з таніну / Литвин В. А.; заявник і власник Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького. – № u201901385; заявл. 30.07.2018; опубл. 21.01.2019, бюл. № 2.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ХІМІЇ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ПОЛІМЕРНИХ ФРАГМЕНТІВ ДИФЕНІЛМЕТАІЗОЦІАНАТІВ

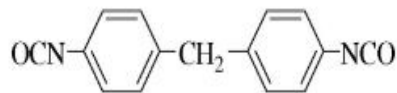
*Мандрійчук Б.В., Віленський В.О.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Завдання роботи полягає у дослідженні методом комп'ютерної хімії моделей органічних сполук полімерних фрагментів, а саме ароматичних діізоціанатів з залученням спеціалізованого програмного пакету *HyperChem*. Також за показати, що програмні засоби, які ми будемо використовувати дозволяють відображати перехід від двовимірного зображення молекул до трьохвимірного. Вони дозволяють відтворювати на площині молекулярні структури будь-якої складності, записувати рівняння реакцій та супровідний текст не залишаючи робочий простір. Це такі програми як ISIS Draw 2.5, BKChem 0.13, Symyx Draw 3.1 Orbital Viewer 1.04 (візуалізація молекулярних s, p, d, f-орбіталей для одного або декількох атомів), додатки Microsoft Office для запису хімічних формул і рівнянь Chem4Word, Chemistry & Word (редактор для запису формул органічних і неорганічних речовин, дозволяє створювати електронні моделі атома з використанням квантових комірок або електронних орбіталей). До другого типу належать програми, що використовують трьохвимірне зображення молекул. Вони є інструментом отримання даних про сполуку або прогнозування властивостей. Це такі програми як Chemitorium (створення і моделювання молекул), програмні пакети ChemOffice, HyperChem, ACDLabs. Пакет ChemOffice (CambridgeSoft Corporation) включає наступні програми: ChemDraw (для створення та редагування структурних формул); Chem3D (для візуалізації просторової будови сполук, моделювання реакцій та квантово-механічних розрахунків); ChemFinder (пошуковий

механізм, що забезпечує більш ніж 100 000 посиланнями на хімічні Інтернет-ресурси, які створюються і підтримуються вченими всього світу); Table Editor (створення, редагування баз даних речовин); E-Notebook (електронний лабораторний журнал досліджень, для фіксації результатів досліджень, упорядкування, зберігання хімічної інформації, документів і даних). Для інтеграції з Microsoft Office є модулі ChemDraw/Excel та ChemFinder/Word.

Треба розглядати моделі 2,4-Толуїлендіізоціанату; 2,6-Толуїлендіізоціанату та 1,6-Дифенілметаддіізоціанату в програмному пакетіHyperChem 7.5, створити тривимірні моделі цих сполук, визначити їх енергії оптимізації, дипольні моменти, зарядові відмінності. 01,1-Дифенілметанізоціанати мають таку формулу -  $C_{15}H_{10}N_2O_2$  і ось таку структурну



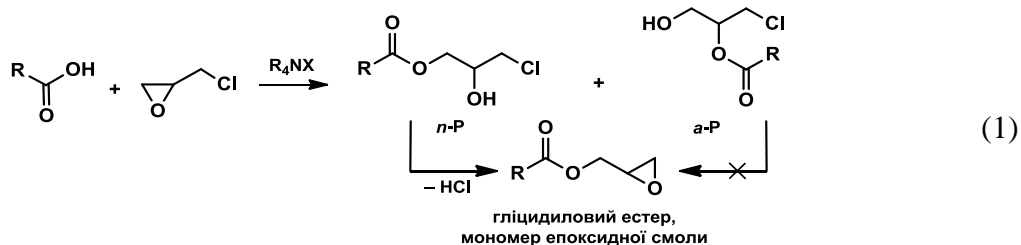
Ароматичні діізоціанати використовуються при отриманні поліуретанів і поліуретан сечовинах. Використовуються толуїлендіізоціанати (2,4- і 2,6-ізмери або їх суміш у співвідношенні 65:35), 4,4-дифенілметандіізоціанат, 1,5-нафтілен-, гекса-метілендіізоціанати, поліізоціанати, трифенілметан-триізоціанат, біуретізоціанат, ізоціануратізоціанати, димер 2,4-толуїлендіізоціанатів, блоковані ізоціанати. Будова вихідного ізоціаната визначає швидкість уретаноутворення, показники міцності, світлової і радіаційної стійкості, а також жорсткість поліуретанів.

## ВПЛИВ ПОЛЯРНОСТІ РОЗЧИННИКА НА КІНЕТИКУ І РЕГІОСЕЛЕКТИВНІСТЬ АЦЕТОЛІЗУ ЕПІХЛОРИДРИНУ В ПРИСУТНОСТІ ТЕТРАЕТИЛАМОНІЙ БРОМІДУ

*Марценюк Н.С., Ютілова К.С., Крисько Л.В., Швед О.М.*

Донецький національний університет імені Василя Стуса, [martseniuk.n@donnu.edu.ua](mailto:martseniuk.n@donnu.edu.ua)

Епіхлоргідрин (2-(хлорометил)оксиран, ЕХГ) є важливим інтермедіатом в ряді реакцій органічного синтезу. Його перетворення використовують при виробництві епоксидних та іонообмінних смол, каучуку, покриттів, поверхнево-активних речовин, стабілізаторів для хлорорганічних сполук, фармацевтичних препаратів [1] Висока хімічна активність епіхлоргідрину обумовлена наявністю напруженого трьохчленного циклу, що містить полярні зв'язки С–О. Цикл ЕХГ легко розкривається під дією протонвмісних нуклеофілів (спиртів, карбонових кислот (реакція (1)) [2]. Реакція з протонвмісними нуклеофілами здійснюється у промисловості у надлишку ЕХГ для запобігання утворення побічних продуктів процесу [3].



Реакція (1) відбувається в присутності каталізаторів, зокрема, четвертинних амонієвих солей  $R_4NX$ . Перебіг реакції розкриття оксиранового циклу ЕХГ нуклеофільними реагентами суттєво залежить від температури та властивостей реакційного середовища. Не дивлячись на значну кількість публікацій, що стосуються дослідження закономірностей перебігу реакції (1) та її практичного застосування, дані щодо впливу природи і властивостей розчинника на кінетичні закономірності та регіоселективність реакції є обмеженими та неоднозначними.

Оскільки молекула ЕХГ є асиметричною, то розкриття оксиранового циклу може приводити до утворення двох продуктів залежно від того, який з двох зв'язків С–О

розривається. Переважним продуктом реакції (1), як правило, є продукт «нормального» розкриття (***n-P***) внаслідок нуклеофільної атаки на більш стерично доступний атом С, тоді як внаслідок атаки на більш заміщений атом С утворюється «аномальний» продукт (***a-P***). Керований синтез хлорогідринових естерів ***n-P*** є важливою задачею органічного синтезу, адже тільки ці регіоізомери здатні до подальшого перетворення на гліцидилові естери, які є екологічно безпечними мономерами у синтезі епоксидних смол та кополімерів на основі епоксидних сполук [4].

Метою даної роботи є дослідження кінетичних закономірностей розкриття оксиранового циклу і регіоселективності реакції ЕХГ оцтовою кислотою у присутності тетраетиламоній броміду у двох бінарних розчинниках: епіхлоргідрин : тетрагідрофуран, епіхлоргідрин : нітробензол.

Об'єктами дослідження є оцтова кислота, ЕХГ,  $(C_2H_5)_4NBr$ . Дослідження проводилось при температурі  $60,0 \pm 0,1$  °С у двох бінарних розчинниках, що складаються з ЕХГ та тетрагідрофурану (ТГФ) або нітробензолу (НБ) з об'ємним співвідношенням компонентів 1:1. Концентрацію каталізатора варіювали в діапазоні  $0,00125 \div 0,00500$  моль/л при сталій концентрації кислотного реагента 0,2 моль/л. Дослідження проводили методами органічного синтезу, хімічної кінетики. Концентрацію кислотного реагента контролювали методом кислотно-основного рН-потенціометричного титрування. Обробку результатів експерименту здійснювали статистичними та кореляційними методами. Структуру і співвідношення продуктів реакції визначали методом  $^1H$  ЯМР-спектроскопії.

За результатами кінетичних досліджень ацетолізу ЕХГ в присутності тетраетиламоній броміду встановлено, що за кислотним реагентом порядок реакції є нульовим, за каталізатором – перший. Складний вплив на ацетоліз ЕХГ в присутності  $(C_2H_5)_4NBr$  має природа розчинника: у розчинниках із середньою полярністю та низьким внеском специфічної сольватації швидкість реакції зростає при зниженні полярності розчинника, у розчинниках з високим внеском специфічної сольватації спостерігається сумісний вплив як полярності, так і нуклеофільно-електрофільних властивостей розчинника.

Регіоселективність реакції в розчинниках різної полярності (ЕХГ, ЕХГ : ТГФ 1 : 1, ЕХГ : НБ 1 : 1) досліджена методом  $^1H$  ЯМР-спектроскопії за співвідношенням інтегральних інтенсивностей сигналів метинового СН-протона та сумарною інтенсивністю протонів  $CH_3$ -групи ***n-P*** і ***a-P*** продуктів реакції (1).

Встановлено, що в результаті реакції в усіх досліджених реакційних системах утворюється як «нормальний», так і «аномальний» продукти, однак вихід естеру ***n-P*** значно переважає, що дозволяє вважати ацетоліз ЕХГ в присутності  $(C_2H_5)_4NBr$  регіоселективною реакцією. При переході від більш полярного (ЕХГ : НБ) до менш полярного (ЕХГ : ТГФ) розчинника регіоселективність реакції (1) збільшується. Належність сигналів отриманих спектрів до відповідних продуктів реакції (1) підтверджена даними розрахунку хімічних зсувів засобами програми ACD / ChemSketch.

Одержані дані дають можливість прогнозувати вплив каталітичної активності галогенідів тетраалкіламонію у бінарному розчиннику у реакціях нуклеофільного розкриття оксиранового циклу, а також доповнити наявні знання про механізм досліджуваної реакції.

1. Fallah-Mehrjardi M., Kiasat A. R., Niknam K. Nucleophilic ring-opening of epoxides: trends in  $\beta$ -substituted alcohols synthesis // J. Iran. Chem. Soc. – 2018. – 15, № 9. – P. 2033–2081

2. Herzberger J., Niederer K., Pohlit H., Seiwert J., Worm M., Wurm F. R., Frey H. Polymerization of Ethylene Oxide, Propylene Oxide, and Other Alkylene Oxides: Synthesis, Novel Polymer Architectures, and Bioconjugation // Chem. Rev. – 2016. – 116, № 4. – P. 2170–2243.

3. Yan Z., Hu Y., Du C., Deng J., Wang K., Luo G. Tetramethylammonium neodecanoate as a recyclable catalyst for acidolysis reaction of epichlorohydrin with neodecanoic acid // J. Catal. – 2020. – 385. – P. 44–51

4. Pei-Yu K., de Assis Barros L., Sain M., Tjong J. S. Y., Yan N. Effects of Reaction Parameters on the Glycidyl Etherification of Bark Extractives during Bio-epoxy Resin Synthesis // ACS Sustain. Chem. Eng. – 2016. – 4, № 3. – P. 1016–1024

## ВПЛИВ ПРИРОДИ СЕРЕДОВИЩА І ТЕМПЕРАТУРИ НА СТІЙКІСТЬ ПОЛІЛАКТИДНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Масюк А.С., Катрук Д.С., Кисіль Х.В., Куліш Б.І., Левицький В.Є.*

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна,

[masyukas@gmail.com](mailto:masyukas@gmail.com)

Сьогодні надзвичайно актуальною є розробка нових полімерних матеріалів з підвищеною біодеградабельністю, які б були синтезовані на основі відтворювальних природних ресурсів. Насамперед, це пов'язано із забрудненням навколишнього середовища відходами полімерних матеріалів та виробами на їх основі, а також вичерпанням і постійним зростанням ціни на природні ресурси, зокрема нафти, вугілля, природного газу, які широко використовуються для виробництва синтетичних полімерів. У зв'язку з цим, поряд з іншими біодеградабельними полімерними матеріалами підвищена увага приділяється полілактидам (ПЛА) і матеріалам на їхній основі.

Серед методів направлено впливу на морфологію і властивості полілактидів є їх суміщення з іншими полімерами (наприклад, поліетиленом, поліпропіленом, хітозаном, полістиролом, поліетилентерефталатом і полікарбонатом) та розроблення композиційних матеріалів на їх основі з наповнювачами різної природи (зокрема, тальком, вуглецевими нанотрубками, керамічними наночастинками, природними волокнами, целюлозою тощо).

Для одержання полілактидних композитів використовували полілактид марки Ingeo 2500 HP. Як дрібнодисперсний наповнювач використовували природний мінерал тальк з густиною 2,7 - 2,85 г/см<sup>3</sup>. Водопоглинання полілактидних композитів за температури 3 – 60 °С визначали згідно ISO 62:2008. Хімічну стійкість ПЛА композитів до дії 5% розчину H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> та 0,5 - 5% розчину NaOH оцінювали згідно ISO 2812-1:2007.

Встановлено, що максимальне водопоглинання полілактидних матеріалів є незначним і становить 0,5 - 0,9 % мас. При цьому, введення тальку у кількості 2 - 7 % мас. у ПЛА призводить до зменшення рівноважного водопоглинання за низьких температур (3 °С) нетермооброблених зразків, а для термооброблених за 120 °С – до протилежного ефекту.

Варто відзначити, що температура також значно впливає на водопоглинання полілактидних матеріалів. Встановлено, що з підвищенням температури швидкість процесу дифузії води у матеріал збільшується, за винятком термооброблених композитів ПЛА. Такі особливості процесу свідчать про збільшення рухливості макромолекул полілактиду та проникнення молекул агресивного середовища у структуру матеріалу, що в свою чергу, призводить до зростання ймовірності утворення міжмолекулярних «пустот», по яких можуть дифундувати молекули води.

Поряд з цим, введення 2 - 7 % мас. наповнювача та додаткове термооброблення ПЛА композитів призводить до зростання енергії активації процесу дифузійного водопоглинання (з 25,8 до 60,9 кДж/моль та з 56,5 до 71,1 кДж/моль для нетермооброблених і термооброблених композитів відповідно). Такі закономірності, перш за все, пов'язані, з ущільненням структури ПЛА під дією неорганічного нуклеатора-наповнювача та його впливом на процес кристалізації, що відбувається під час термооброблення.

Слід відзначити, що ПЛА композити після 12 діб експозиції в 5 %-му розчині H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> відзначаються двостадійною дифузійною поведінкою і коефіцієнт набрякання зразків становить 0,7 - 1,6 % мас. Введення тальку та додаткове термооброблення зразків сприяє зростанню хімічної стійкості у кислому середовищі, що, ймовірно, пов'язано із набряканням, посиленням гідролізу та деяким вилуговуванням водорозчинних полімерних продуктів із композитів. Виявлено, що не залежно від вмісту тальку та умов термооброблення під час експозиції ПЛА композитів у 0,5 - 5% розчині NaOH для всіх зразків характерна значна втрати маси 35 - 70 % мас., що, очевидно, обумовлено вилуговуванням наповнювача та водорозчинних продуктів, переважно молочної кислоти, із композиту під час деградації полілактиду у лужному середовищі.



# ВИЗНАЧЕННЯ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ N-АРИЛСУЛЬФОНІЛ-1,4-ХІНОНОМОНОІМІНІВ МЕТОДОМ ПРЯМОЇ ПОТЕНЦІОМЕТРІЇ

*Мірошниченко Є.Я., Авдєєнко А.П., Юсіна Г.Л., Холмовой Ю.П., Коновалова С.О.*

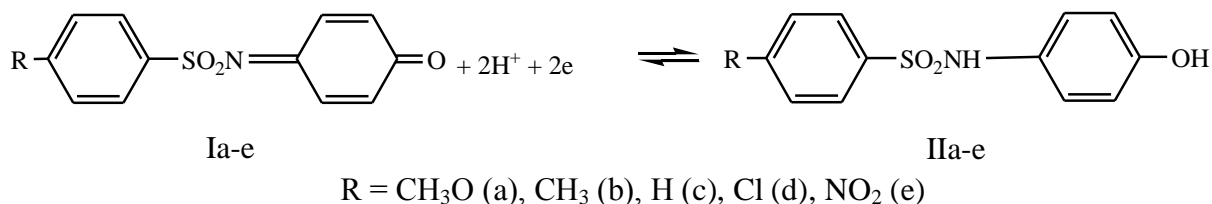
Донбаська державна машинобудівна академія, [chimist@dgma.donetsk.ua](mailto:chimist@dgma.donetsk.ua)

Окисно-відновний потенціал (ОВП) є функцією електронної будови хіноїдних систем і може слугувати характеристикою їх реакційної здатності. ОВП N-заміщених 1,4-бензохінонімінів значною мірою впливає на перебіг їх реакції з хлороводнем, бромоводнем, тіоціанат-іоном та іншими нуклеофілами [1].

Раніше ОВП хіноїдних систем і, зокрема деяких N-заміщених 1,4-бензохінонімінів, були виміряні методом потенціометричного титрування, але для деяких хінонімінів, що мають високе значення ОВП, це неможливо [2]. В роботі [3] використовувався метод тонкошарової циклічної вольтамперометрії, який дозволяє не тільки виміряти ОВП N-заміщених 1,4-бензохінонімінів, а і визначити схеми процесів, що перебігають в системі. Але він потребує складного обладнання і ретельної підготовки реагентів.

Найбільш простим методом визначення ОВП є пряма потенціометрія. Метою даної роботи є розробка методики визначення ОВП N-арилсульфоніл-1,4-хінономоноімінів з різними замісниками в *para*-положенні арильного фрагменту методом прямої потенціометрії.

N-Арилсульфоніл-1,4-бензохінономоноіміни (**Ia–e**) утворюють редокс-пару з 4-арилсульфоніламінофенолами (**IIa–e**). При цьому процес окиснення–відновлення перебігає за схемою 1.



Для вимірювання ОВП було обрано буферизований розчин льодяної етанової кислоти, тому що в льодяній етановій кислоті розчиняються обидві форми редокс-пар, і N-арилсульфоніл-1,4-бензохінономоноіміни є стійкими в слабо кислому середовищі. Крім того, багато реакцій N-арилсульфоніл-1,4-бензохінономоноімінів проводять в середовищі етанової кислоти. Тому вимірювання ОВП хінонімінів (**Ia–e**) проводили в льодяній етановій кислоті на фоні 0,5 М безводного ацетату натрію. Крім того, проведення експерименту в умовах, подібних до умов потенціометричного титрування роботи [4], з одного боку дозволить порівняти отримані результати з літературними даними, а з іншого – доповнити їх.

Отримані в даній роботі результати повністю узгоджуються з виявленою раніше залежністю між природою замісника в *para*-положенні арильного фрагменту N-арилсульфоніл-1,4-бензохінономоноімінів і їх ОВП [4] – з підвищенням електроноакцепторних властивостей замісника підвищується ОВП хіноніміну.

1. Авдєєнко А. П., Коновалова С. О. Хіноніміни: від протиракових препаратів до молекулярних комп'ютерів: монографія. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 516 с. ISBN 978-6177415-40-3; 978-966-379-835-6.

2. Визначення окисно-відновних потенціалів деяких сполук ряду хінонімінів методом прямої потенціометрії/ А. П. Авдєєнко, К. С. Бурмістров, Ю. П. Холмовой [та ін.] // Питання хімії та хімічної технології. – 2020. – Т. 2 (129). – С. 30–34.

3. Окислительно-восстановительные потенциалы хиноидных систем хинолинового ряда / А.В. Белов, В.М. Ничволода, М.В. Колодяжный [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2017. – Т. 1(110). – С. 4–10.

4. Дубина В.Л., Бурмістров К.С. Окислительно-восстановительные потенциалы систем N-аренсульфонилхинонимин–аренсульфамидофенол // Журнал органической химии. – 1977. – Т.13. – Вып.2. – С. 378–380.

## АРМОВАНІ ПОЛІПРОПІЛЕНОВИМ МІКРОВОЛОКНОМ ГІДРОГЕЛІ НА ОСНОВІ ЖЕЛАТИНУ ТА АЛЬГІНАТУ НАТРІЮ

*Носова Н.Г., Букартик М.М., Грабазей І.О., Майкович О.В., Самарик В.Я.*  
Національний університет "Львівська політехніка", [nosova2121@gmail.com](mailto:nosova2121@gmail.com)

Впровадження гідрогелевих матеріалів для застосування у медицині є актуальним завданням, оскільки гідрогелі та вироби з них володіють низкою унікальних властивостей, що надає їм переваги над традиційними перев'язувальними матеріалами. Зокрема гідрогелі володіють гідрофільними властивостями, є газопроникні, сумісні з біологічними тканинами, здатні сорбувати та дозовано вивільняти ліки, є оптично прозорими. Однак є ряд нових вимог, що ставляться до гідрогелів, які передбачається використовувати для створення раневих пов'язок, зокрема, пов'язки повинні добре моделюватися на рані, мати високу механічну міцність в гідратованому стані, бути простими у використанні, з можливістю тривалий час експлуатуватися, бути стійкими при стерилізації і т. п. [1, 2].

Для досягнення вище зазначених властивостей в одному матеріалі розробляються багатошарові, композитні, наповнені та комбіновані гідрогелі. Велика увага приділяється створенню багатошарових та/або багатокомпонентних гідрогелів, які контактують з тканинами організму. Серед нових раневих пов'язок переважають композиційні матеріали. При цьому комбінуються полімерні матеріали різної хімічної природи і фізичної форми.

Перевага таких матеріалів полягає в можливості зміни складу і структури через підбір полімерів з різними функціональними групами та дозволяє керувати властивостями полімерної матриці у широкому діапазоні. Проте незадовільні фізико-механічні характеристики гідрогелевих матеріалів суттєво обмежує їх застосування в медицині [3].

Одним з методів, який призводить до покращення фізико-механічних властивостей, та є предметом даного дослідження є введення в матрицю гідрогелю полімерного мікрОВОлокна, який виконує функцію несучого, армувального елемента. Однак мікрОВОлокно з поліпропілену внаслідок високих гідрофобних властивостей є несумісним з гідрофільним середовищем гідрогелю, тому його попередньо модифікували. Процес модифікації мікрОВОлокна є двостадійним. На першому етапі волокна були активовані шляхом прищеплення шару поліпероксиду. Термічний розклад пероксидних груп первинно-третинної будови відбувається з відчутною швидкістю вже при температурах 80-100<sup>0</sup>С. Це дозволяє на другому етапі прищеплювати до пероксидованої поверхні поліпропілену шару поліакрилової кислоти висотою 20÷40 нм за допомогою радикальної полімеризації "браш".

Сумісна перехресна зшивка іонами кальцію в об'ємі розчину макромолекул альгінату натрію та желатину, із залученням прищеплених до поверхні поліпропіленового мікрОВОлокна ланцюгів поліакрилової кислоти, приводить до формування гідрогелів. Отримані альгінат-желатинові гідрогелі армовані модифікованим поліпропіленовим мікрОВОлокном в залежності від складу демонструють зростання границі міцності в 1,5÷4,5 разів у порівнянні із зразком без мікрОВОлокна та мають ступінь набрякання в межах 150÷300 гр. води/гр. полімеру.

Отриманий таким чином гідрогелевий матеріал легко формується, має добру адгезію до шкіри, безболісно та без залишків видаляється, не викликаючи больових відчуттів при використанні, створює у рані необхідний мікроклімат і може бути впроваджений у медичну практику як матеріал з антибактеріальними та регенеруючими властивостями.

1. Chai Q., Jiao Y., Yu X. Hydrogels for biomedical applications: their characteristics and the mechanisms behind them. // Gels. - 2017.- V.3 № 6.- P.1-15.

2. Christ G.J., Saul J.M., Furth M.E., Andersson K.-E. The Pharmacology of Regenerative Medicine. // Pharmacol Rev. - 2013.- V.65, № 3. - P.1091–1133.

3. Dehbari N., Tavakoli J., Zhao J., Tang Y. In situ formed internal water channels improving water swelling and mechanical properties of water swellable rubber composites. // J. Appl. Polym. Sci.- 2017.- V.134.- P.454-460.

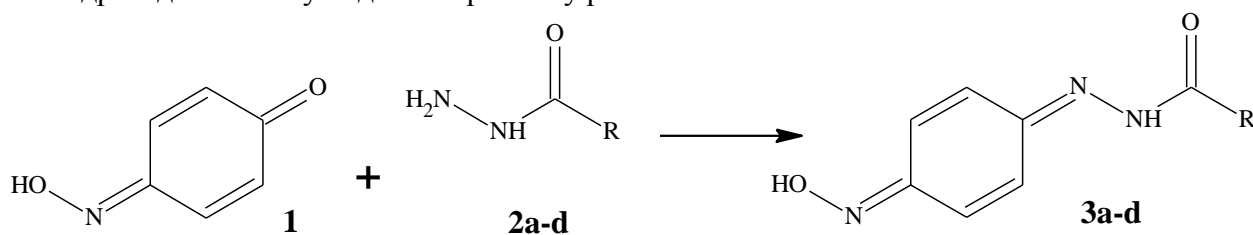
## СИНТЕЗ ТА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ПОХІДНИХ БЕНЗОЇЛГІДРАЗИДУ

*Плотніченко К.К., Авдєєнко А.П., Коновалова С.О.*

Донбаська державна машинобудівна академія, [chimist@dgma.donetsk.ua](mailto:chimist@dgma.donetsk.ua)

1,4-Бензохінонмоноіміни, їх відновлені форми та О-естери хіноноксимів є хорошими синтонами для синтезу на їх основі нових біологічно активних похідних [1, 2]. Гідразони використовують як гербіциди, інсектициди, нематоциди та регулятори росту рослин [3, 4]. Метою даної роботи є синтез нових ароїлгідразонів на основі 4-(гідроксиіміно)циклогекса-2,5-дієн-1-ону та визначення інсектицидної, протинематодної та фунгіцидної активності синтезованих продуктів.

N'-[4-(гідроксиіміно)-циклогекса-2,5-дієн-1-іліден]-бензогідразиди **3a-d** синтезувано в результаті одно стадійної реакції 4-(гідроксиіміно)-циклогекса-2,5-дієн-1-ону **1** з бензогідразидами **2a-d** у водно-спиртовому розчині



**2, 3:** R=Ph (a), 4-ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (b), 3,4-diClC<sub>6</sub>H<sub>3</sub> (c), 2-BrC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (d)

Багато найпоширеніших захворювань рослин обумовлені дією мікроорганізмів. На одному типі рослин можуть паразитувати від двох до тринадцяти видів мікробних фітопатогенів. Наприклад, *Xanthomonas malvacearum* може викликати бавовняний гумоз, *Fusarium moniliforme* може утворювати рожеву цвіль кукурудзи та *Fusarium* стебла рису. Грибок *Penicillium cyclopium* вражає зерно та зернові продукти. *Venturia inaequalis* – це грибок, який викликає захворювання яблукової струпи. *Aspergillus niger* – це гаплоїдний нитчастий грибок, який викликає аспергильоз.

Нові сполуки були випробувані на біологічну активність на восьми об'єктах. Було досліджено дію нових сполук на 1 тип бактерій (*Xanthomonas malvacearum*), 4 види грибів на твердому середовищі (*Fusarium moniliforme*, *Penicillium cyclopium*, *Venturia Inaequalis*, *Aspergillus niger*) і 3 види грибів на зелених рослинах (фітофтороз *Phytophthora infestans*, сіра гниль бобів *Botrytis cinerea* та борошниста роса огірків *Oidium erysiphoides*). Ароїлгідразид **3d** показав хороший результат. Під дією цієї сполуки ріст та розвиток колоній *Venturia Inaequalis* зменшувались на 52%.

На жаль, всі досліджувані сполуки виявили низьку активність щодо пригнічення росту та розвитку грибів на зелених рослинах.

1. Avdeenko, A.P.; Pirozhenko, V.V.; Konovalova, S.A.; Roman'kov, D.A.; Palamarchuk, G.V.; Shishkin, O.V. Thiocyanation of N-arylsulfonyl-, N-aryyl-, and N-[(N-arylsulfonyl)benzimidoyl]-1,4-benzoquinone imines // Russian Journal of Organic Chemistry. – 2009. – Vol. 45. – P. 408–416. <https://doi.org/10.1134/S1070428009030105>

2. Asif, M. Review on to free radicals, antioxidants and brief overview of oximes // International Journal of Current Research in Applied Chemistry & Chemical Engineering. – 2018. – Vol. 2. – No.1. – P. 11–34.

3. Petersen, S.; Gauss, W.; Urbchat, E. Synthese einfacher Chinon- Derivate mit fungiziden, bakteriostatischen oder cytostatischen Eigenschaften // Angewante Chemie. – 1955. – Vol. 67. – No. 8. – P. 217–231. <https://doi.org/10.1002/ange.19550670802>

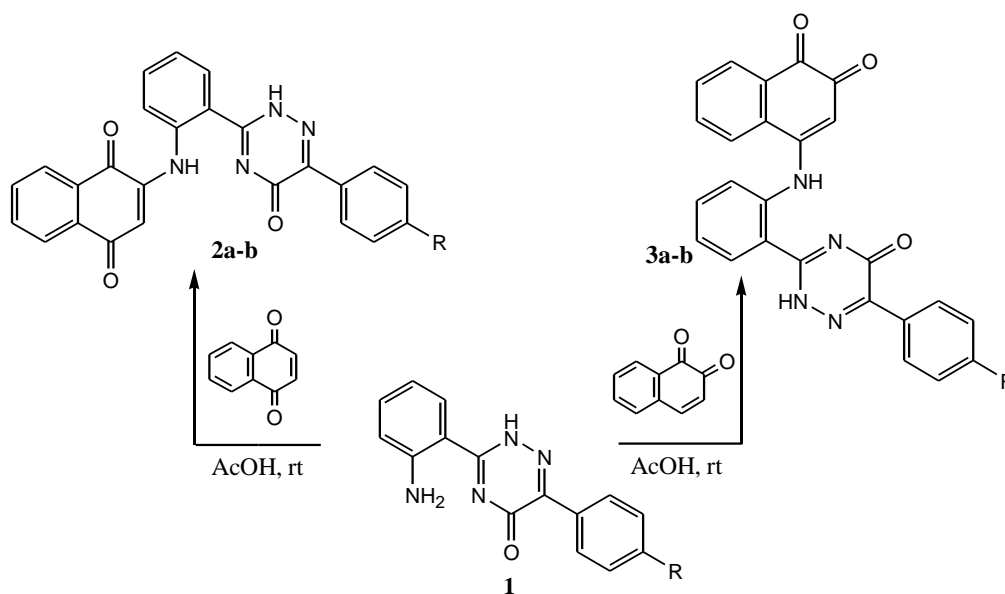
4. Jiao, J.; Wang, A.; Chen, M.; Wang, M.-Q.; Yang, C.-L. Novel 5-chloro-pyrazole derivatives containing a phenylhydrazine moiety as potent antifungal agents: Synthesis, crystal structure, biological evaluation and 3D-QSAR study // New Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 43. – No. 16. – P. 6350–6360. <https://doi.org/10.1039/C9NJ00574A>

## СИНТЕЗ НОВИХ 1,2,4-ТРИАЗИНОВМІСНИХ ПОХІДНИХ НАФТОХІНОНУ

*Поліш Н.В., Курило О.П., Кархут А.І., Марінцова Н.Г., Новіков В.П.*  
Національний університет «Львівська політехніка», [polishn@ukr.net](mailto:polishn@ukr.net)

Гетероциклічні сполуки, які містять 1,2,4-триазиновий фрагмент є відомою групою біологічно активних речовин, для яких характерна антимікробна, протигрибкова, анальгетична та протизапальна дії [1]. Хіноїдні сполуки також володіють широким спектром біологічної активності [2]. У зв'язку з особливою цінністю хінонів та 1,2,4-триазиновмісних сполук безумовний інтерес викликають дослідження щодо синтезу сполук, які містять одночасно 1,2,4-триазиновий фрагмент та хіноїдну систему зв'язків.

Нами була проведена реакція взаємодії 6-R-3-(2-амінофеніл)-1,2,4-триазин-5(2H)-онів та відповідних нафтохінонів в середовищі льодяної оцтової кислоти при кімнатній температурі:



**2a:** R=F, **2b:** R= CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, **3a:** R=F, **3b:** R=CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

Будова синтезованих сполук встановлена комплексом фізико-хімічних методів: ІЧ-, <sup>1</sup>H ЯМР-, хромато-мас-спектрами. Контроль за перебігом реакцій та індивідуальністю речовин здійснювали за допомогою тонкошарової хроматографії.

Проведено *in silico* визначення гострої токсичності синтезованих сполук для щурів за чотирма типами введення субстанції з використанням безкоштовно доступного онлайн-сервісу GUSAR [3]. Імовірно, 1,2,4-триазиновмісні похідні нафтохінонів можна зарахувати до малотоксичних препаратів (4, 5 клас токсичності).

1. Sangshetti J. N., & Shinde D. B. One pot synthesis and SAR of some novel 3-substituted 5, 6-diphenyl-1, 2, 4-triazines as antifungal agents // *Bioorganic & medicinal chemistry letters*. – 2010. 20, Iss. 2. – P. 742-745.

2. López López L. I., Flores N., Daniel S., Silva Belmares S. Y., Sáenz Galindo A. Naphthoquinones: biological properties and synthesis of lawsone and derivatives-a structured review// *Vitae*. – 2014. 21, Iss. 3. – P. 248–258.

3. Lagunin A., Zakharov A., Filimonov D., & Poroikov V. QSAR modelling of rat acute toxicity on the basis of PASS prediction // *Molecular Informatics*. – 2011. – 30, Iss. 2–3. – P. 241–250.

## ІННОВАЦІЙНІ ПОЛІМЕРНІ ІОННІ РІДИНИ ТА ІОННІ РІДИНИ

*Свердліковська О.С., Черваков О.В.*

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,

[o.sverdlikovska@gmail.com](mailto:o.sverdlikovska@gmail.com)

Встановлені [1] закономірності між хімічною будовою мономерних і димерних іонних рідин (МДІР) та їх іонною провідністю дозволяє сформулювати наступні рекомендації для розробки нових полімерних іонних рідин (ПІР) з високою іонною провідністю: іонна провідність іонних рідин (ІР) зменшується із зростанням температури плавлення та зменшенням температури, саме ця залежність дуже важлива для ІР, тому її необхідно встановлювати для кожної індивідуальної полімерної ІР; зменшення радіусу аніону приводить до збільшення провідності ІР – високий рівень іонної провідності мають МДІР з аніоном хлору; введення алільних і  $\beta$ -гідроксietильних груп до четвертинного атома Нітрогену ІР збільшує іонну провідність; введення неоднакових радикалів до четвертинного атома Нітрогену підвищує питому провідність порівняно з ІР, в яких ці радикали однакові.

З метою встановлення впливу полімерної природи синтезованих ПІР на їх іонну провідність було проведено системне дослідження залежностей між температурою, замісниками при четвертинному атомі Нітрогену, відстанню між четвертинними атомами Нітрогену в макромолекулі, довжиною ланцюга макромолекули, типом аніонної частини ПІР та їх іонною провідністю.

Встановлено, що при зниженні температури іонна провідність ПІР зменшується, а в'язкість їх розчинів зростає. Це, ймовірно, обумовлено комплексом внутрішньо- та міжмолекулярних взаємодій макромолекул полімеру.

Аналіз отриманих даних показав, що іонна провідність ПІР залежить і від температури склування полімеру: чим менша температура склування ПІР, тим вища їх питома провідність. Це добре корелює з аналогічною залежністю для МДІР.

Ймовірно така залежність пояснюється тим, що збільшення ентропійного фактору приводить до зниження температури склування, яка визначає, у свою чергу, зменшення впорядкованості та збільшення рухливості сегментів ланцюга макромолекули полімеру з іонними групами.

Визначальним фактором, що впливає на температуру склування та значення іонної провідності ПІР, є все ж таки довжина ланцюга макромолекули полімеру: зі зростанням довжини ланцюга температура склування ПІР зростає, а їх іонна провідність зменшується.

У ряду ПІР з однаковою будовою, але з різним ступенем полімеризації виявлено, що іонна провідність досліджуваних ПІР зменшується зі збільшенням довжини ланцюга макромолекули полімеру. Така залежність підтверджується кореляційним рівнянням  $\sigma = -0,041 \cdot 10^{-4} M + 411,5$  іонної провідності від молекулярної маси ПІР з коефіцієнтом кореляції 0,983. Тобто, зі збільшенням молекулярної маси ПІР зменшується лінійність макромолекули полімеру, зростають просторові перешкодження та кількість зарядів у ланцюзі і, відповідно, зменшується їх рухливість.

Порівняльний аналіз даних показав, що іонна провідність ПІР, що містять аніон хлору значно вища, ніж у ПІР, що містять аніон бром, що пояснюється меншою рухливістю носіїв заряду, а, отже, міжіонної взаємодії в останньому випадку за рахунок зростання розміру іону. Це добре корелює з результатами дослідження їх мономерних аналогів.

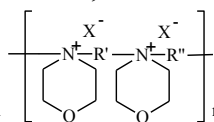
Зазначимо, що іонна провідність досліджуваних ПІР з замісником при атомі Нітрогену алкілароматичної будови вища, ніж в випадку ПІР з замісником аліфатичної будови. Так, питома провідність (при температурі 20<sup>0</sup>С) С-6-7 складає  $0,12 \cdot 10^{-1}$  См·см<sup>-1</sup>, а для С-6-9 –  $0,76 \cdot 10^{-5}$  См·см<sup>-1</sup>. Це пояснюється тим, що макромолекула полімеру із замісником алкілароматичної будови більш жорстка і, відповідно, більш розгорнута порівняно з полімером, який містить замісники аліфатичної будови.

Іонна провідність ПІР (таблиця) на основі диброметану, які містять аніон бром (С-10-10) менша, ніж у ПІР на основі 1,3-дихлорпропанолу-2 (С-6-10), що відповідає

знайденій раніше залежності для МДІР: питома провідність ІР зростає при введенні в молекулу β-гідроксиетильних груп. Це пов'язано, можливо, із збільшенням конформаційної лабільності групи  $\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2$  порівняно з етиленовою, з іншого боку – більшою впорядкованістю полімерів.

Відстань між атомами четвертинного Нітрогену в макромолекулі ПІР також важлива при визначенні іонної провідності ПІР. Так (таблиця), аналіз іонної провідності ряду ПІР з радикалом, що має у будові групи  $-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2-$  (С-6-9, С-6-8, відповідно) показав, що збільшення відстані між атомами кватернізованого Нітрогену в макромолекулі ПІР приводить до зменшення їх іонної провідності. Це, напевно, слід пояснити зменшенням кількості зарядів у ланцюзі макромолекули полімеру.

Таблиця – Температура плавлення, іонна провідність полімерних іонних рідин



іоненового типу загальної формули  $\left[ \begin{array}{c} \text{X}^- \\ | \\ \text{N}^+ - \text{R}' \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_{10} \\ | \\ \text{O} \end{array} \text{---} \begin{array}{c} \text{X}^- \\ | \\ \text{N}^+ - \text{R}'' \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_{10} \\ | \\ \text{O} \end{array} \right]_n$ , де  $\text{R}'$  – залишок третинного діаміну,  $\text{R}''$  – залишок дигалогенопохідних сполук

Шифр сполук и	$\text{R}'$	$\text{R}''$	X	n	$\bar{M}_n$	$\eta_{\text{пит}}/\text{C}$ , дл/г	$\sigma$ , $\text{См} \cdot \text{см}^{-1}$
С-10-10	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Br	33	5412	1,08	$0,215 \cdot 10^{-3}$
С-6-10	$-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Br	28	5432	2,42	$0,473 \cdot 10^{-2}$
С-6-9	$-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-$	**	Cl	8	5336	3,39	$0,401 \cdot 10^{-3}$
С-6-8	$-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-$	***	Cl	10	5210	3,23	$0,394 \cdot 10^{-2}$

Примітка. \*\* –  $-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-(\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_3-\text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-$ ;  
 \*\*\* –  $-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-(\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_2-\text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-$ .

Взагалі, залежність іонної провідності даного ряду ПІР від відстані між четвертинними атомами Нітрогену в макромолекулі полімеру незначна. Можливо, для встановлення характеру зміни іонної провідності переважним є розмір макромолекули досліджуваного полімеру.

Таким чином, встановлено наступні залежності між хімічною будовою синтезованих ПІР та їх іонною провідністю: іонна провідність ПІР зростає зі збільшенням температури, що добре корелює з в'язкістю цих сполук (із зменшенням в'язкості зростає рівень іонної провідності), тобто, обумовлено комплексом внутрішньо- та міжмолекулярних взаємодій макромолекули полімеру; введення до основного ланцюга макромолекули ПІР радикалу алкілароматичної будови «розпушує» пакування полімерного ланцюга та збільшує іонну провідність ПІР порівняно з ПІР аліфатичної будови; заміщення етиленового містка на групу  $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-$  у радикалі катіонної частини ПІР приводить до зростання іонної провідності за рахунок збільшення водневих зв'язків у ланцюзі макромолекули; зі збільшенням довжини ланцюга макромолекули полімеру іонна провідність досліджуваних ПІР зменшується, що пояснюється зростанням кількості позитивних зарядів і, відповідно, зменшенням рухливості аніонів, отже, все це обумовлено більш розгорнутою конформацією макромолекули полімеру; при введенні аніонів хлору замість аніонів бромю іонна провідність ПІР зростає за рахунок зменшення розміру аніону.

1. Сverdlikovska, O.S. Полімерні четвертинні амонієві солі та їх аналоги – перспективні іонні рідини. – ДВНЗ УДХТУ: Дніпропетровськ, 2014. – 264 с.



## КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ СІТОК ІЗ БІСФТАЛОНІТРИЛУ ЗА ПРИСУТНОСТІ НАНОАПОВНЮВАЧІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ

*Старостенко О.М., Мельничук О.Г., Григор'єва О.П., Файнлейб О.М.*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, [o\\_starostenko@ukr.net](mailto:ostarostenko@ukr.net)

Густозшиті гетероциклічні полімерні сітки, синтезовані із бісфталонітрилів (БФН), і композити на їх основі стали новим класом високоефективних матеріалів для використання в екстремальних умовах. Протягом останніх років полімерні композиційні матеріали, ПКМ (наприклад, вуглепластики) на основі фталонітрильних мономерів і олігомерів стали використовуватися провідними компаніями у аерокосмічній галузі у світі завдяки таким унікальним характеристикам як висока вогнестійкість, низьке водопоглинання, стійкість до ультрафіолету, висока хімічна стійкість та ін. Згідно наявних літературних даних фталонітрильні матеріали мають високу термічну стабільність, що робить можливим використовувати їх для заміни традиційних матеріалів, зокрема високоміцних епоксидних смол, термостійких поліімідів, а також бісмалеімідів, густозшитих поліціануратів, які придатні для експлуатації при температурах до 250 °С. Таким чином, полімери на основі БФН є прийнятною альтернативою композитів з високими механічними властивостями за температур понад 300 °С [1]. Нещодавно з'явилися перші публікації щодо синтезу і дослідження полімерних нанокомпозитів на основі бісфталонітрилів і неорганічних наночастинок [2-6]. Такі матеріали демонструють найвищі серед відомих полімерних систем термічні характеристики: температури склування вище 400 °С, температури деструкції вище 500 °С, коксовий залишок після прогріву до 800-900 °С в інертній атмосфері вище 70 %.

Для опрацювання оптимальних режимів ефективного термоотверднення нанонаповнених фталонітрильних мономерів (або олігомерів) необхідно провести кінетичні дослідження процесів формування гетероциклічних полімерних сіток у присутності малих (каталітичних) кількостей нанонаповнювачів.

У даній роботі ми провели дослідження з кінетики тверднення бісфталонітрилу на основі бісфенолу А – БФН, а також БФН за присутності кремнійвмісних нанонаповнювачів різної природи – 3D поліедральних олігомерних сілсесквіоксанів (ПОСС) чи 2D монтморилоніту (ММТ) з амінними чи епоксидними групами на поверхні, а саме амінопропілізобутил ПОСС (АПБ-ПОСС), епоксидциклогексил ПОСС (ЕЦГ-ПОСС) і модифікований аміногрупами ММТ марки Nanomer® I.30E (ММТ I30.E), за допомогою методу ФТІЧ спектроскопії.

Суміші БФН з нанонаповнювачами (0,5 мас.%) готували з розчину у МЕК і полімеризували за ступеневим режимом: повільний підйом температури від кімнатної до 260 °С, потім витримання протягом необхідного часу при різних температурах в області 260-300 °С. ІЧ спектральні дослідження процесу полімеризації БФН виконували з використанням спектрометра Tensor 37 фірми Bruker з Фур'є перетворенням в області (4000-600) см<sup>-1</sup>. Для кожного спектра було усереднено 32 послідовні скани роздільної здатності 4 см<sup>-1</sup>. Спектри були записані в інтервалі, коли зразки витримували в термошафі протягом необхідного часу, і проби із зразками відбирали після проходження наступних точок: 1 – непрогріті (вихідні) суміші, 2 – нагрівання до 260 °С протягом 6 год, 3 – 260 °С/4 год, 4 – 260 °С/8 год, 5 – 280 °С/4 год, 6 – 280 °С/8 год, 7 – 300 °С/2,5 год, 8 – 300 °С/5 год, 9 – 300 °С/7,5 год і 10 – 300 °С/10 год.

Як внутрішній стандарт використовували ІЧ-смугу при 828 см<sup>-1</sup>, яка відповідає площинним маятниковим коливанням С–Н. Конверсію фталонітрилу на основі бісфенолу А визначали шляхом контролю зменшення інтенсивності та зникнення смуг валентних коливань –С≡N-груп при 2230 см<sup>-1</sup> та розраховували за допомогою рівняння:



$$\alpha(t) = 1 - \frac{I_{(t)2230} / I_{(0)2230}}{I_{(t)828} / I_{(0)828}} \times 100\%$$

де  $I_{(t)2230}$  – інтенсивність валентних коливань смуг  $\text{C}\equiv\text{N}$  при  $2230 \text{ cm}^{-1}$  у момент часу  $t$ ;

$I_{(t)828}$  – інтенсивність площинних маятникових коливань  $\text{C}-\text{H}$  при  $828 \text{ cm}^{-1}$  у момент часу  $t$ ;

$I_{(0)}$  – інтенсивність відповідних смуг у початковому мономері/суміші.

На рисунку 1 показано еволюцію ФТІЧ-спектрів для БФН і БФН/АПІБ-ПОСС та БФН/ММТ І30.Е наноккомпозитів у часі під час їхнього синтезу. Видно, що інтенсивність смуги поглинання при  $2230 \text{ cm}^{-1}$ , що відповідає валентним коливанням  $\text{C}\equiv\text{N}$ -груп, зменшується з часом для всіх систем, що досліджувались. Проте, варто відмітити, що для всіх сумішей зниження інтенсивності є більш вираженим у порівнянні з індивідуальним БФН. Одночасно з'являються та стають більш інтенсивними смуги при  $1359 \text{ cm}^{-1}$  і  $1520 \text{ cm}^{-1}$ , що підтверджують формування триазинових циклів, смуги поглинання при  $3394 \text{ cm}^{-1}$  і  $1014 \text{ cm}^{-1}$ , що підтверджують формування фталоціанінових циклів, і смуга при  $1724 \text{ cm}^{-1}$ , яка підтверджує формування ізоіндолінових циклів у процесі тверднення для всіх зразків [5].

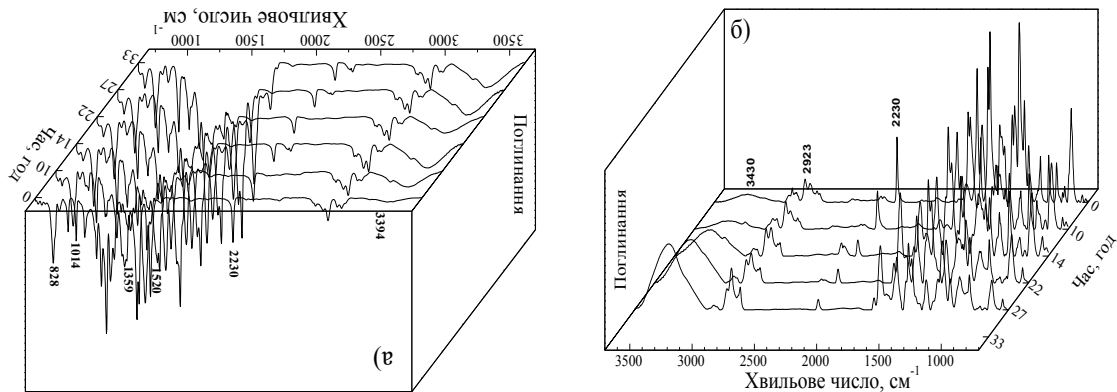


Рисунок 1 – Типова еволюція ФТІЧ спектрів *a* – БФН і *б* – БФН/АПІБ-ПОСС у процесі синтезу

Кінетичні криві конверсії як функції часу для зразків БФН, БФН/АПІБ-ПОСС, БФН/ЕЦГ-ПОСС і БФН/ММТ І30.Е композицій наведені на рисунку 2. Розрахунки показали, що полімеризація БФН у усіх досліджуваних зразках (як індивідуального БФН, так і сумішей із нанонаповнювачами) починається вже при їх нагріванні до температури  $260 \text{ }^\circ\text{C}$  протягом 6 год. Видно, що значення конверсії для індивідуального БФН становить близько 6% при досягненні температури  $260 \text{ }^\circ\text{C}$ , тоді як за присутності нанонаповнювачів вона є значно вищою і становить  $\approx 25\%$ ,  $\approx 35\%$  і  $\approx 71\%$  для БФН/АПІБ-ПОСС, БФН/ЕЦГ-ПОСС і БФН/ММТ І30.Е, відповідно (див. рис. 2). При цьому вже після прогрівання при  $260 \text{ }^\circ\text{C}$  протягом 4 год індивідуальний БФН виходить на плато і ступінь конверсії при цьому досягає значень близько 50%, тоді як суміші БФН/АПІБ-ПОСС, БФН/ЕЦГ-ПОСС і БФН/ММТ І30.Е досягають плато лише після досягнення ними температури  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  із конверсією  $\approx 78\%$ ,  $86\%$  і  $90\%$ , відповідно. Отже, використанні у даній роботі нанонаповнювачі мають каталітичну дію на процес полімеризації і прискорюють конверсію нітрильних груп БФН вже на ранніх стадіях формування полімеру.

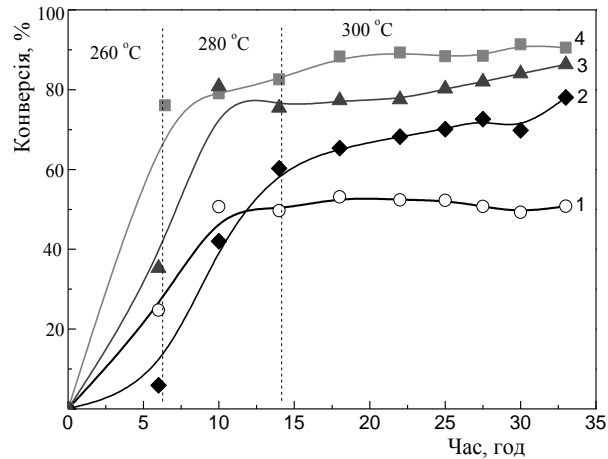


Рисунок 2 – Залежність конверсії нітрильних груп у часі для композицій на основі: 1 – БФН, 2 – БФН/АПБ-ПОСС, 3 – БФН/ЕЦГ-ПОСС і 4 – БФН/ММТ І30.Е.

Таким чином, методом ІЧ-спектроскопії з Фур'є перетворенням було досліджено кінетику процесу полімеризації мономеру бісфталонітрилу бісфенолу А за присутності нанонаповнювачів таких як функціоналізовані ПОСС (з аміно- або епоксидними групами) і аміно-ММТ. Встановлено, що введення навіть незначної кількості нанонаповнювачів (лише 0,5 мас.%) у мономер БФН має каталітичну дію і прискорює конверсію нітрильних груп вже на ранніх стадіях формування полімеру. При чому, за вибраних умов синтезу кінцева конверсія нітрильних груп полімеру БФН за присутності нанонаповнювачів у 1,5-1,8 разів вища у порівнянні з індивідуальним БФН.

1. Derradji M., Wang J., Liu W.B. Phthalonitrile resins and composites. Properties and applications. – William Andrew. New York: Elsevier, 2018. – 404 p. ISBN: 9780128129661.

2. Lei Y., Hu G., Zhao R., Guo H., Zhao X., Liu X. Preparation process and properties of exfoliated graphite nanoplatelets filled Bisphthalonitrile nanocomposites // J. Phys. Chem. Solid. – 2012. – 73, No 11. – P. 1335-1341. <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2012.07.003>

3. Derradji M., Ramdani N., Zhang T., Wang J., Lin Z., Yang M., Xu X., Liu W. High thermal and thermomechanical properties obtained by reinforcing a bisphenol-A based phthalonitrile resin with silicon nitride nanoparticles // Mater. Let. – 2015. – 149. – P. 81-84. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.02.122>

4. Derradji M., Ramdani N., Gong L.-D., Wang J., Xu X., Lin Z., Henniche A., Liu W. Mechanical, thermal, and UV-shielding behavior of silane surface modified ZnO-reinforced phthalonitrile nanocomposites // Polym. Adv. Technol. – 2016. – 27, No 7. – P.882-888. <https://doi.org/10.1002/pat.3744>

5. Bershtein V., Fainleib A., Yakushev P., Kirilenko D., Gusakova K., Markina D., Melnychuk O., Ryzhov V. High temperature phthalonitrile nanocomposites with silicon-based nanoparticles of different nature and surface modification: structure, dynamics, properties // Polymer. – 2019. – 165. – P. 39-54. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2019.01.020>

6. Bershtein V., Fainleib A., Yakushev P., Kirilenko D., Gusakova K., Markina D., Melnychuk O., Ryzhov V. High-temperature hybrid phthalonitrile / amino-MMT nanocomposites: synthesis, structure, properties // EXPRESS Polym. Let. – 2019. – 13, No 7. – P. 656-672.

# ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ХІМІЇ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК-ПОЛІМЕРНИХ ФРАГМЕНТІВ: ОЛІГОЕФІРІВ АРОМАТИЧНОГО ТА АЛІФАТИЧНОГО ТИПУ

*Стасюк А.В., Віленський В.О.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[Alonastasuk@gmail.com](mailto:Alonastasuk@gmail.com)

Встановлення будови і властивостей речовин – одне з основних завдань хімічної науки, вирішення якого дозволяє синтезувати нові сполуки із заданими корисними властивостями.

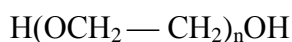
Програмні засоби, які використовують хіміки у своїй діяльності, поділяють на 2 типи. До першого типу належать програми, які використовують двомірне зображення молекул (ISIS Draw 2.5, BKChem 0.13, Symyx Draw 3.1 Orbital Viewer 1.04 (візуалізація молекулярних s, p, d, f-орбіталей для одного або декількох атомів), додатки Microsoft Office для запису хімічних формул і рівнянь Chem4Word, Chemistry & Word (редактор для запису формул органічних і неорганічних речовин, дозволяє створювати електронні моделі атома з використанням квантових комірок або електронних орбіталей).

До другого типу належать програми, що використовують трьохмірне зображення молекул. Вони слугують для отримання даних про сполуку або прогнозування властивостей. Це такі програми як Chemitorium (створення і моделювання молекул), програмні пакети ChemOffice, HyperChem, ACDLabs.

Дана робота присвячена вивченню програм для створення моделей органічних сполук-полімерних фрагментів: олігоефірів аліфатичного та ароматичного циклу і розглянутий такий програмний пакет як ChemOffice. Для дослідження було обрано такі олігоефіри як: поліетилентерефталат та поліетиленгліколь.

Поліетилентерефталат (ПЕТФ, ПЕТ, англ. PET)— термопласт, найпоширеніший представник класу поліефірів, відомий під різними фірмовими назвами. ПЕТФ  $[-(\text{OC})-\text{C}_6\text{H}_4-(\text{CO})\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}-]_n$  — гетероланцюговий поліестер терефталевої кислоти  $(\text{OH})-(\text{CO})-\text{C}_6\text{H}_4-(\text{CO})-(\text{OH})$  і етиленгліколю  $(\text{OH})-\text{C}_2\text{H}_4-(\text{OH})$ . Молекулярна маса 20000-40000 г/моль. Тверда, безбарвна, прозора речовина в аморфному стані і біла, непрозора в кристалічному стані. Переходить в прозорий стан при нагріванні до температури склування і залишається в ньому при різкому охолодженні і швидкому проході через т. зв. «зону кристалізації». Одним з важливих параметрів ПЕТ є характеристична в'язкість, яка визначається довжиною молекули полімеру.

Поліетиленгліколь (ПЕГ) — нейтральний, водорозчинний полімер; неіоногенна поверхнево-активна речовина. ПЕГ представлений лінійним або розгалуженим поліефіром із гідроксильними групами:  $(\text{HOCH}_2-[-\text{CH}_2\text{OCH}_2-]_n-\text{CH}_2\text{OH})$ . Відповідно загальна формула ПЕГ:



де n — кількість m+1 і визначає ступінь полімеризації, яка більше або дорівнює 4, напр., n ПЕГ 200=4,2. Зустрічається інша емпірична формула ПЕГ:  $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_{n+1}\text{H}_2\text{O}$ . Застосування: загущувач для твердих ракетних палив; розчинники, у медицині та косметичі; кріопротектор, основа регуляторів росту рослин; застосовується для імітації посухи в вегетаційних дослідах; як харчова добавка E1521; застосовується при моделюванні вулканічних підводних вивержень.

Програма ChemDraw є інструментом, що допомагає науковцям поводитися з хімічними структурами. Легкість використання, підтримка великої кількості форматів даних, інтеграція з операційними системами і прикладними пакетами програм привели до того, що ChemDraw на сьогодні є одною з найпоширеніших програм редагування хімічних формул.

Таким чином, виявлено що за допомогою даної програми можна як створювати структурні формул хімічних сполук будь-якої складності, так і створювати розрахунки фізичних та термодинамічних властивостей речовин на основі їх структурних формул.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕОКИСЛЕНИЯ ПОЛИПИРРОЛА В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ. ГАЛЬВАНОСТАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

*Ткач В.В.*<sup>\*1,2</sup>, *Кушнир М.В.*<sup>1</sup>, *де Оливейра С.С.*<sup>2</sup>, *Дуж Рейш Л.В.*<sup>3</sup>, *Иванушко Я.Г.*<sup>4</sup>, *Луканева С.М.*<sup>1</sup>, *Ягодинец П.И.*<sup>1</sup>, *Луганская О.В.*<sup>5</sup>, *Кормош Ж.А.*<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Черновицкий национальный университет им. Ю. Фedyковича, Украина

<sup>2</sup>Федеральный университет штата Мату-Гроссу-ду-Сул, Бразилия

<sup>3</sup>Университет Траз-уж-Монтиш и Алту-Доуру, Португалия

<sup>4</sup>Буковинский государственный медицинский университет, Украина

<sup>5</sup>Запорожский национальный университет, Украина

<sup>6</sup>Восточноевропейский национальный университет им. Леси Украинки, Луцк, Украина

[nightwatcher2401@gmail.com](mailto:nightwatcher2401@gmail.com)

Переокисленный полипиррол – продукт необратимого электрохимического превращения нейтрального сопряженного полипиррола [1 – 2]. В зависимости от pH, реакция происходит при потенциале от 1,2 (в кислой среде) до 1,6 (в нейтральной). При этом свойства полипиррола резко меняются, и его поведение становится нехарактерным для обычного полипиррола.

К примеру, переокисленный полипиррол вступает с ионами переходных металлов в реакции комплексообразования. Подобные комплексы становятся более проводимыми, чем переокисленный полипиррол и, соответственно, могут быть использованы в сенсорике (электроды первого рода и кондуктометрические сенсоры), нанотехнологии и при защите от коррозии [3].

Однако, вследствие изменений ионной конфигурации двойного электрического слоя (ДЭС), система предрасполагает к появлению электрохимических неустойчивостей, характерных для аналогичных систем с синтезом и переокислением (включая «политиофеновый парадокс) проводящих полимеров [3]. Поэтому теоретическое описание поведения данной системы является необходимым для более эффективного практического использования синтеза.

Целью данной работы является теоретический анализ системы с переокислением полипиррола в присутствии иона переходного металла, образующего комплексное соединение с переокисленным полипирролом. В зависимости от природы металла и его поведения в присутствии переокисленного полипиррола при потенциале его образования, существует несколько сценариев поведения.

В данной работе мы рассматриваем случай, когда металл, образующий комплексное соединение с переокисленным проводящим полимером, не изменяет валентности при потенциале переокисления полипиррола, но при этом реакция проходит в гальваностатическом режиме. Таким образом, поведение системы описывается системой трёх балансовых дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dz}{dt} = \frac{2}{\delta} \left( \frac{Z}{\delta} (z_0 - z) - r_2 \right) \\ \frac{dp}{dt} = \frac{1}{P} (r_1 - r_2) \\ \frac{dq}{dt} = i - i_F \end{cases} \quad (1)$$

Анализ данной модели показывает, что автоколебательное поведение при переокислении в присутствии иона переходного металла более вероятно, нежели при переокислении при его отсутствии, ввиду изменения ионной силы и емкости ДЭС. Так же, в гальваностатическом режиме устойчивость системы будет менее выраженной, чем в

потенциостатическом. Невзирая на это, стационарный режим в данной системе образуется легко. Иными словами, линейная зависимость между значением плотности тока, проходящего через систему в потенциостатическом режиме и концентрацией иона металла наблюдается в широком диапазоне значений параметров системы.

1. H. Hrichi, L. Monser, N. Adhoum, *Int. J. Electrochem*, 2019(2019), ID: 5394235
2. O. Koyun, H. Gursu, S. Gorduk, Y. Sahin, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 12(2017), 6438
3. O. Koyun, I. L. Kukovska, S. M. Lukanova *et al.*, *Anal. Bioanal. Electrochem.*, 10(2018),

587

### ТЕОРЕТИЧНИЙ ОПИС «ПОЛІТІОФЕНОВОГО ПАРАДОКСУ» ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО СИНТЕЗОВАНИХ МОНОМЕРІВ В УМОВАХ S-ОКИСНЕННЯ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО ПОЛІМЕРУ

*Ткач В.В.<sup>1,2</sup>, Кушнір М.В.<sup>1</sup>, де Олівейра С.С.<sup>2</sup>, Іванушко Я. Г.<sup>3</sup>, Луганська О.В.<sup>4</sup>, Ягодинець П.І.<sup>3</sup>, Іскарія В.В.<sup>5</sup> Кормош Ж.О.<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Україна

<sup>2</sup>Федеральний університет штату Мату-Гроссу-ду-Сул, Бразилія

<sup>3</sup>Буковинський державний медичний університет, Україна

<sup>4</sup>Запорізький національний університет, Україна

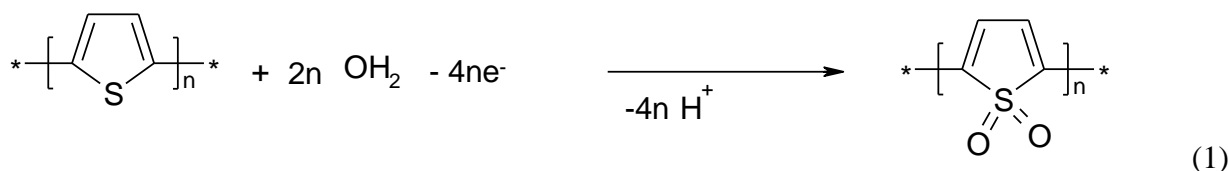
<sup>5</sup>Східноєвропейський національний університет, Україна

[nightwatcher2401@gmail.com](mailto:nightwatcher2401@gmail.com)

Політіофен (ПТ) є одним із найбільш використовуваних провідних полімерів [1]. Його сфера застосування є достатньо широкою, починаючи від протикорозійних захисних покриттів і закінчуючи сенсорами та біосенсорами. Варто зазначити також, що політіофен був першим із провідних полімерів, який почав комерційно застосовуватися фірмою «Херох®» в електростатичних щітках [2].

Політіофен може бути синтезованим як хімічно, так і електрохімічно. Існують також і специфічні синтези з використанням біохімічних методів [3] (ензимна полімеризація). Електрохімічна полімеризація при цьому призводить до більш якісних та більш провідних покриттів. При цьому сам мономер може бути синтезованим як хімічно, так і електрохімічно [4].

Однак, електрохімічна полімеризація тіофенового мономеру може супроводжуватися переокисненням відповідного полімеру. Окрім цього, за певних потенціалів і в присутності певних речовин може відбуватися і S-окиснення, за якого деякі тіофенові кільця перетворюються через тіофен сульфоксид на тіофенсульфон.



На противагу неокисненим тіофеновим фрагментам, тіофенсульфонові є сильними акцепторами електронів. Атом Сульфуру в них віддає обидві неподілені пари електронів і перестає бути копланарним тіофеновому кільцю, іншими словами, буквально «вивертається» відносно площини циклу. Відтак, провідність полімеру знижується – так само, як і при переокисненні полімеру. Мало того, такий сценарій робить більш імовірним прояв осциляторної та монотонної нестійкостей, які вже спостерігалися для електрополімеризації тіофену [5 – 7]. Відтак, для виявлення всіх закономірностей процесу електрополімеризації в умовах політіофенового парадоксу із паралельним S-окисненням полімеру потрібно

розробити і проаналізувати математичну модель, здатну адекватно описати поведінку в цій системі. Це і є метою нашої роботи.

Для політіофенового парадоксу, супроводжуваного S-окисненням, в разі електрохімічного синтезу мономеру у гальваностатичному режимі можна описати модель із трьох диференціальних рівнянь (2).

$$\begin{cases} \frac{dm}{dt} = \frac{1}{M}(r_m - r_p) \\ \frac{dp}{dt} = \frac{1}{P}(r_p - r_o - r_s) \\ \frac{dq}{dt} = i - i_F \end{cases} \quad (2)$$

Поведінка в даній системі у гальваностатичному режимі буде динамічнішою, ніж у потенціостатичному. При цьому фарадеївський струм включатиме аж чотири електрохімічні стадії, кожна із яких впливатиме на ємність подвійного електричного шару, що призведе до осциляторної поведінки. Додатковим фактором впливу, за наявності, буде і прояв автокаталізу на будь-якій із стадій процесу.

1. Th. P. Kaloni, P. K. Giesbrecht, G. Schreckenbach, M. S. Freund, Chem. Mat., 29(2017), 10248
  2. S. Das, D. P. Chatterjee, R. Ghosh, A. Nandi, RSC Adv., 5(2015), 20160
  3. N. German, A. Ramanaviciene, A. Ramanavicius, Polymers, 11(2019), 377
  4. С. Г. Майрановский, Электросинтез мономеров, М.: Наука, 1980, 330 с.
  5. I. Das, N. R. Agrawal, S. A. Ansari, S. K. Gupta, Ind. J. Chem, 47(2008), 1798
  6. K. Aoki, I. Mukoyama, J. Chen., Russ. J. Electrochem., 40(2004), 280
- V. V. Tkach, V. V. Nechporuk, P. I. Yagodynets', Georgia Chem. J., 11(2011), 387

## ДЕЯКІ ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕЛЕКТРОПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ФЕРОЦЕННИХ ПОХІДНИХ НАФТОХІНОНУ

*Ткач В.В.<sup>1,2</sup>, Кушнір М.В.<sup>1</sup>, де Олівейра С.С.<sup>2</sup>, Листван В.В.<sup>3</sup>, Дитинченко І.М.<sup>3</sup>, да Сілва А.О.<sup>4</sup>, Ю. Акинай<sup>5</sup>, Ягодинець П.І.<sup>1</sup>, Ж. О. Кормош<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Україна

<sup>2</sup>Федеральний університет штату Мату-Гроссу-ду-Сул, Бразилія

<sup>3</sup>Житомирський державний університет ім. І. Франка, Україна

<sup>4</sup>Федеральний університет Заходу штату Пара, Бразилія

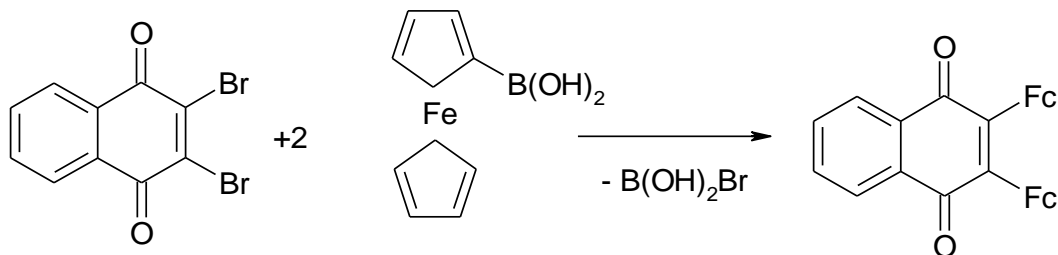
<sup>5</sup>Університет «Юзюнджю Йил», м. Ван, Туреччина

<sup>6</sup>Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, Луцьк, Україна

[nightwatcher2401@gmail.com](mailto:nightwatcher2401@gmail.com)

Хімічно модифіковані електроди (ХМЕ) є одним із сучасних інструментів для електрохімічного аналізу [1 -2]. Вони дозволяють покращити ефективність, швидкість та чутливість методів електрохімічного аналізу, з огляду на покращення спорідненості між модифікатором електроду та аналітом. Одним із ефективних методів модифікації електродів є електрополімеризація існуючих та спеціально синтезованих мономерів.

У роботі [3] було показано синтез специфічного фεροценового похідного 1,4-нафтохінону. Для цього 2,3-дигалогено-1,4-нафтохінон було введено в реакцію Судзукі з фεροценілборною кислотою. В результаті утворився модифікатор електроду, чутливий до присутності Гідроген пероксида.



Окрім цього, при електроокисненні похідного фероцену не виключається можливість його електрополімеризації з внутрішньо та міжмолекулярним депротонуванням. Однак, при електрополімеризації із виділенням протонів знижується рН у системі і, рано чи пізно, він досягає значення, за якого фероценові фрагменти піддаються протонуванню аж до руйнування координаційного зв'язку між катіоном Феруму та циклопентадієніл-йоном. Відтак, електрополімеризація подібних фероценових похідних вже не може описуватися класичними моделями [4 – 5] і поведінка системи зазнає суттєвих змін. З їх врахуванням, модель електрополімеризації такого похідного фероцену запишеться як:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dc}{dt} = \frac{2}{\delta} \left( \frac{\Delta}{\delta} (c_0 - c) + r_1 - r_1 - r_H \right) \\ \frac{dm}{dt} = \frac{1}{M} (r_1 - r_1 - r_2) \\ \frac{dh}{dt} = \frac{2}{\delta} (r_2 - r_H) \end{array} \right. \quad (1)$$

Дана модель показує більш динамічну поведінку, ніж найпростіша модель електрополімеризації, з огляду на визначальний вплив протонів на стійкість мономеру та полімеру. Щоби уникнути даних впливів електрополімеризацію фероценілнафтохінону рекомендується проводити у підлужненому середовищі. Відтак полімерне покриття буде більш стабільним та більш провідним.

1. M. Pardo, C. Navarrete, A. Ramírez *et al.*, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 12(2017), 3982
2. D. Kul, Ch. Brett, *Electroanalysis*, 26(2014), 1320
3. N. A. Ertas, E. Kavak, F. Salman *et al.*, *Electroanal.*, 32(2020), 1



## АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІРИДИНІЙ-ЗАМІЩЕНИХ 1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ТІОЛІВ ІЗ ДОВГОЛАНЦЮГОВИМИ ЗАМІСНИКАМИ

*Фізер М.М.<sup>1</sup>, Фізер О.І.<sup>1</sup>, Григорка Г.В.,<sup>1</sup> Сливка М.В.<sup>1</sup>*

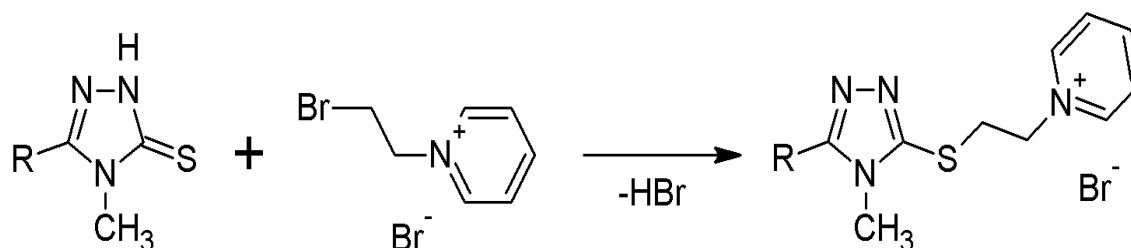
<sup>1</sup>ДВНЗ «Ужгородський національний університет», [mar.fizer@uzhnu.edu.ua](mailto:mar.fizer@uzhnu.edu.ua)

Розробка синтетичних методів одержання та функціоналізації 1,2,4-триазольного ядра, є актуальним завданням сучасної препаративної органічної хімії, так як, сполуки даного класу володіють широким спектром біологічної активності, і є цікавими з точки зору дослідження їх фізичних властивостей.

Функціоналізовані похідні 1,2,4-триазолів вже знайшли широке застосування в різних галузях промисловості та медицини. Ряд триазол-вмісних систем використовуються як ефективні добавки до фотоемульсій, активні компоненти гербіцидних, фунгіцидних та пестицидних препаратів. У багатьох представників цього класу сполук було виявлено антикорозійні властивості і показано, що композити на їх основі можуть використовуватися в якості інгібіторів корозії металів.

Відомими інгібіторами корозії сталі в кислому середовищі є вищі піридинові основи з декількома кільцями піридину, а також, їх сульфовані аналоги, тобто, сульфовані вищі піридинові основи та їх сірчаноокислі солі. Проте, ряд дослідників відмічають, що такі інгібітори є часто технологічно непридатними і володіють порівняно низькою захисною ефективністю.

Нашим колективом активно досліджується можливість синтетично простого молекулярного дизайну 1,2,4-триазольних систем, із отриманням перспективних біологічно-активних та функціональних матеріалів [1-4]. Було відмічено можливість простого введення піридинієвого кільця до складу 1,2,4-триазол-3-тіольної системи в умовах реакції алкілювання полізаміщених 1,2,4-триазол-3-тіонів 2-бромоетилпіридиній бромідом (див. схему 1).



Антикорозійну активність синтезованих сполук досліджували на модельних зразках сталі Ст5кп розміром 50x20x0,8 мм. В якості корозійного середовища використовували 3-, 6-, та 12-% водні розчини сірчаної кислоти. Швидкість корозійного руйнування визначали гравіметричним методом на п'яти паралельних зразках. Сполуки із довгими алкільними замісниками у п'ятому положенні триазольного циклу ( $R = C_5H_{11}-C_{17}H_{35}$ ) проявили високі антикорозійні властивості при активних концентраціях  $10^{-5}-10^{-4}$  моль/л.

1. Fizer M., Slivka M., Mariychuk R., Baumer V., Lendel V. 3-Methylthio-4-phenyl-5-phenylamino-1,2,4-triazole hexabromotellurate: X-ray and computational study // J. Mol. Struct. – 2018. – 1161. – С. 226–236.

2. Korol N., Slivka M. Fizer M., Baumer V., Lendel V. Halo-heterocyclization of butenyl(prenyl)thioethers of 4,5-diphenyl-1,2,4-triazol-3-thiole into triazolo[5,1-b][1,3]-thiazinium systems: experimental and theoretical evolution // Monatsh. Chem. – 2020. – 151. – С. 191–198.

3. Fizer M.M., Slivka M.V., Lendel V.G. Peculiarities of 4-methyl-5-methylamino-1,2,4-triazole-3-thione halogenation // Chem. Het. Compnd. – 2019. – 55, №4/5. – С. 478–480.

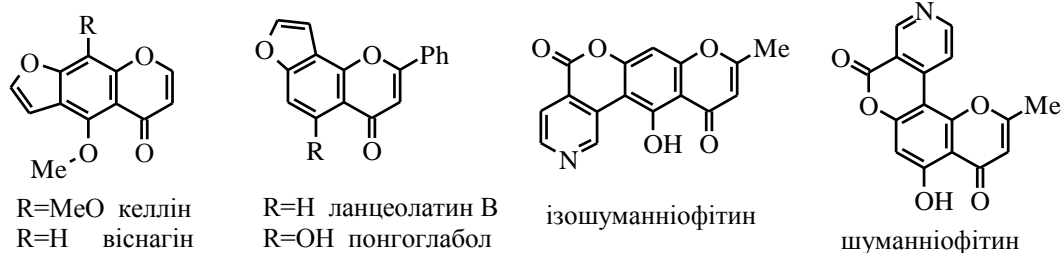
## СИНТЕЗ ГЕТАРЕНОХРОМОНІВ НА ОСНОВІ ПРИРОДНИХ ІЗОФЛАВОНІВ

*Шокол Т.В.<sup>1</sup>, Горбуленко Н.В.<sup>1</sup>, Фрасинюк М.С.<sup>2</sup>, Хиля В.П.<sup>1</sup>*

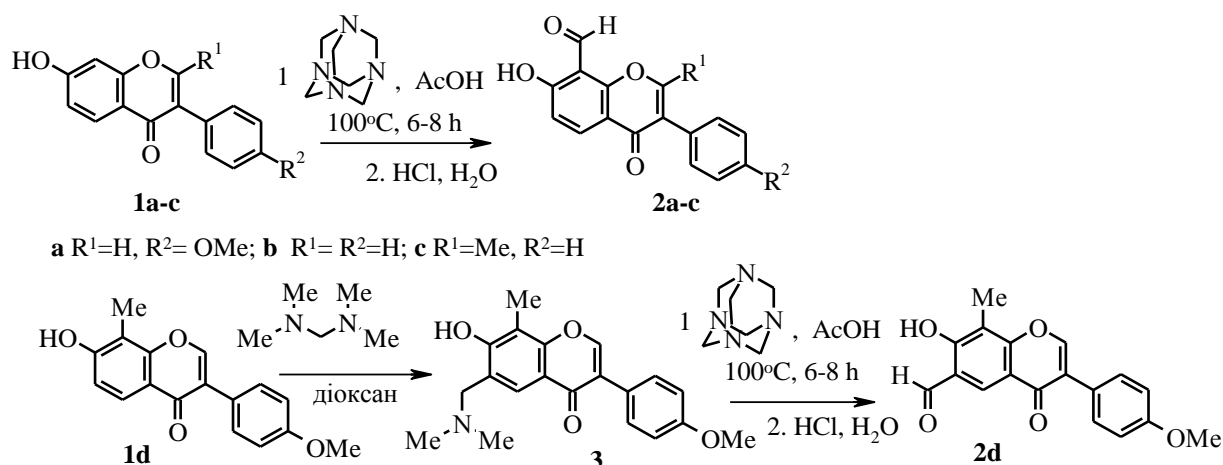
<sup>1</sup>Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, [shokol\\_tv@univ.kiev.ua](mailto:shokol_tv@univ.kiev.ua)

<sup>2</sup>Інститут біорганічної хімії і нафтохімії ім. В. П. Кухаря НАН України

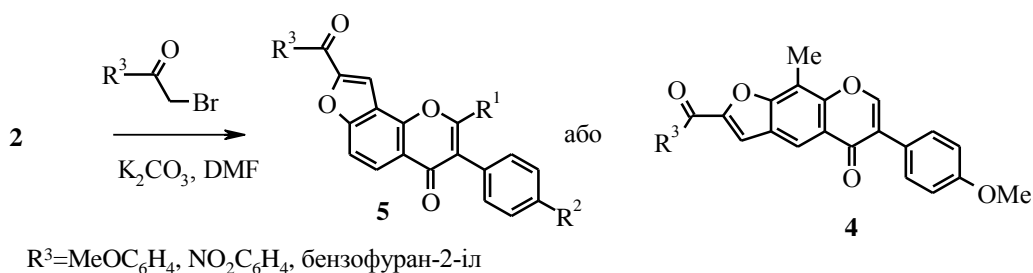
Конденсовані хромони привертають увагу завдяки поширенню таких структур серед природних флавоноїдів і деяких видів алкалоїдів та широкому спектру біологічної активності, що властиві природним сполукам цього типу та їх синтетичним аналогам. Значне місце серед них займають хромони з анельованим оксигеновмісним циклом. Це в першу чергу фуорохромони і піранохромони лінійної та ангулярної будови. Відомо, що фуоро[3,2-*g*]хромони келлін і віснагін, які виділені з насіння *Ammi visnaga* (*Umbelliferae*), виявляють спазмолітичну дію, а фуоро[2,3-*h*]флавоїди з рослин роду *Pongamia* (*Fabaceae*), мають антибактеріальну, протигрибкову і цитотоксичну активність. Алкалоїди шуманніофітін та ізошуманніофітін, виділені з кори *Schumanniohyton magnificum* (*Rubiaceae*), проявляють антивірусну активність.



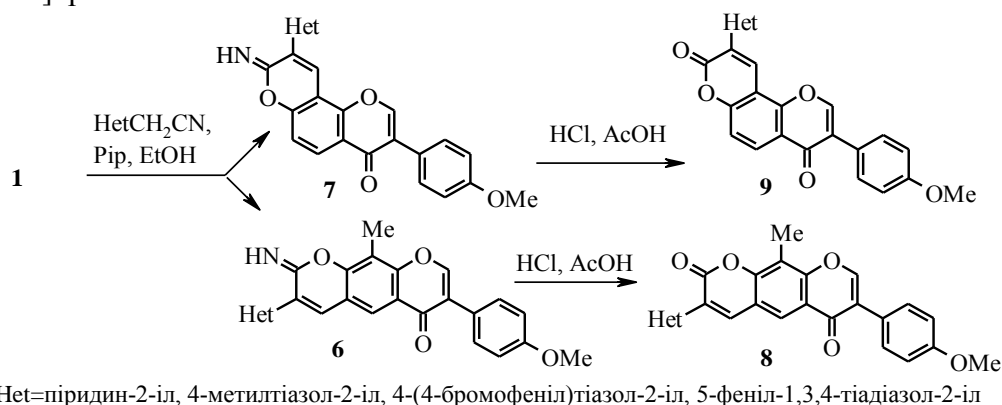
Наше дослідження присвячене синтезу лінійних та ангулярних гетаренохромонів на основі природних ізофлавоїдів **1a-c** та 8-метилізофлавоїду **1d**. Шляхом формілювання ізофлавоїдів **1a-c** уротропіном в оцтовій кислоті за реакцією Даффа отримані 7-гідрокси-8-формілізофлавоїди **2a-c**, які виявились зручними синтонами для анелювання оксигеновмісного гетероциклу до хромонового ядра. Оскільки формілювання у положення 6 утруднене через його низьку активність до електрофільної атаки, 8-метилізофлавоїд **1d** переводили на основу Манніха **3**, з якої в умовах реакції Даффа одержали 7-гідрокси-6-формілізофлавоїд **2d**.



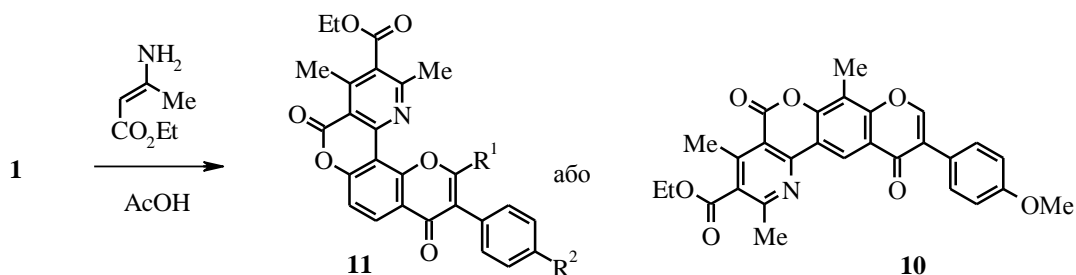
При взаємодії 7-гідрокси-6(8)-формілізофлавоїдів **2** з фенацилбромідами або бромацетилбензофураном в ДМФА в присутності поташу в результаті одночасного алкілювання гідроксильної групи і конденсації за карбонільною групою відбувається анелювання фуранового цикла до ядра хронону і утворюються фуоро[3,2-*g*]хромони **4**, та фуоро[2,3-*h*]хромони **5**.



Для анелювання піранового цикла до ядра ізофлавоноу використали реакцію Кневенагеля. При взаємодії сполук **1** з 2-азагетарилацетонітрилами в етанолі в присутності піперидину були виділені 2-імінопірано[3,2-*g*]хромони **6** та 2-імінопірано[2,3-*h*]ізофлавонони **7**, які гідролізуються в кислому середовищі до відповідних  $\alpha$ -піроно[3,2-*g*]хромонів **8** та  $\alpha$ -піроно[2,3-*h*]хромонів **9**.



Введення продуктів **1** в реакцію Ганча з надлишком етил 3-амінокротонату при нагріванні в оцтовій кислоті дозволило здійснити анелювання системи  $\alpha$ -піронового і піридинового циклів до ядра хронону в одну стадію і отримати системи пірано[3',2':6,7]хромено[4,3-*b*]піридин-5,11-діону **10** та пірано[2',3':5,6]хромено[4,3-*b*]піридин-5,9-діону **11**, що є ізомерними до природних алкалоїдів.



Таким чином в даній роботі на основі природних ізофлавононів отримані 6- та 8-форміл-7-гідроксиізофлавонони і показані їх потенційні можливості в синтезі лінійних та ангулярних гетаренохромононів.

1. Шокол Т.В., Туров В.А., Семенюченко В.В., Хиля В.П. Азагетероциклические производные  $\alpha$ -пирано[2,3-*f*]изофлавонов // Химия природн. соед. – 2006. – 42, № 6. – С. 544–547.
2. Шокол Т.В., Горбуленко Н.В., Фрасинюк М.С., Хиля В.П. Фурано[2,3-*h*]хромоны и пирано[2',3':5,6]хромено[4,3-*b*]пиридины на основе природных изофлавонов // Химия природн. соед. – 2018. – 54, № 6. – С. 904–906.
3. Шокол Т.В., Горбуленко Н.В., Фрасинюк М.С., Хиля В.П. Синтез 7-гидрокси-8-метил-4-метокси-6-формилизофлавона и линейных гетаренохромонов на его основе // Химия природн. соед. – 2020. – 56, № 3. – С. 364–366.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНО-МАСОВОГО РОЗПОДІЛУ ФЛУОРЕСЦЕЇНВІСНИХ КОПОЛІЕСТЕРІВ

Яковів М.В., Борденюк О.Ю., Остапів Д.Д., Варваренко С.М.

Національний університет «Львівська політехніка», [vorven08@meta.ua](mailto:vorven08@meta.ua)

Створення систем доставки ліків на основі нанорозмірних частинок є актуальним завданням на сучасному етапі розвитку хімії. Аналіз досліджень в області створення систем доставки ліків показав, що основна увага зосереджується на кополімерах амфіфільної природи, які дають можливість створювати агрегатно стійкі нано- та мікророзмірні колоїдні системи з заданими властивостями. Однак, властивості полімерів значною мірою визначаються їх молекулярною масою та молекулярно-масовим розподілом. При цьому середня молекулярна маса полімеру, зазвичай характеризує його недостатньо повно, особливо для полімерів спеціального призначення створених для застосування у якості систем доставки та вивільнення лікарських засобів в організмі для яких є необхідною точна оцінка властивостей.

За реакцією активованої естерифікації Стегліха нами було отримано та охарактеризовано ряд амфіфільних кополіестерів, які відрізняються замісником R- в N-заміщеній глутаміновій кислоті, молекулярною масою поліоксиетилендіолу (PEG 600, 1000) та вмістом флуоресцеїну, які є привабливими об'єктами для створення багатофункціональних дисперсних систем доставки ліків. Використання ліпофільних (N-стеароїл або N-лауроїл глутамінової кислот) та гідрофільних поліоксиетиленгліколів, які поєднані в одній макромолекулі забезпечує амфіфільні властивості отриманих кополіестерів. Вони здатні понижати поверхневий натяг на межі розділу вода-повітря до 35÷45 мН/м та утворювати у воді самостабілізовані дисперсні середовища. Молекулярно-масовий розподіл таких кополіестерів (який характерний для всіх досліджених полімерів цього типу), представлений декількома дискретними фракціями з різною молекулярною масою (Рис.1).

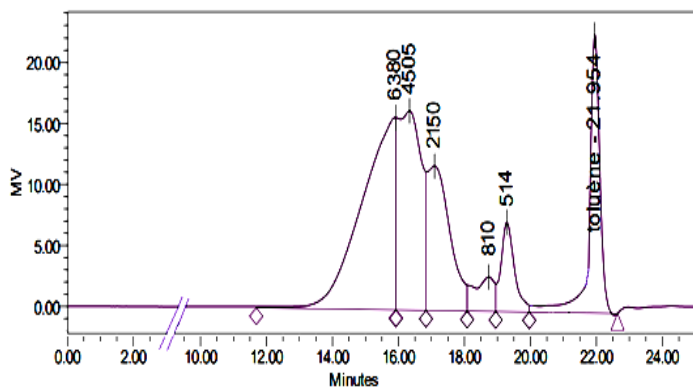


Рис. 1. Гель-проникна хроматограма кополіестеру GluLa-PEG1000-DPG-F з вмістом флуоресцеїну 1,87%

Тому на особливу увагу заслуговує дослідження однорідності фракцій за складом та функціональністю.

Завдяки доволі високій молекулярній масі мономерних ланок та використанню ефективної ексклюзійної хроматографії, була проведена кількісна оцінка вмісту кожної з фракцій у кополіестерах. Методом діалізу, використовуючи мембрану з пропускну здатністю 2,5 кДа, проведено фракціонування кополіестерів за молекулярною масою. Отримані полімери та їх фракції охарактеризовано методами гравіметрії, функціонального аналізу, динамічного світлорозсіювання та визначенням поверхневого натягу.

Проведений аналіз показав, що фракції різної молекулярної маси флуоресцеїнівмісних кополіестерів є однорідними за складом. Встановлено також, що для кополіестерів в цілому та окремих їх фракцій молекулярна маса не є чинником, який визначає їх колоїдно-хімічні характеристики. Отримані результати, а також сукупність властивостей таких як, біодеградабельність, здатність утворювати самостабілізовані дисперсії та солубілізувати у воді малорозчинні ліпофільні сполуки, наявність ковалентно зв'язаного маркеру – флуоресцеїну, дозволяють використовувати їх як основу для дисперсних засобів доставки ліків в організм, які одночасно дають можливість легко виявляти їх накопичення в окремих органах.

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ**

**ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ**

# УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОФЕСІЙНО-МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПОЗАКЛАСНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*Авдєєва О.Ю.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка, [olia\\_kl@i.ua](mailto:olia_kl@i.ua)

Науково-технічний прогрес кардинально змінив вимоги до рівня професійно-методичної підготовки майбутнього вчителя хімії та здатності застосовувати знання в сучасному освітньому просторі. В умовах новітнього закладу загальної середньої освіти вчитель має бути активним, творчим, адаптованим до швидких змін в системі освіти, готовим вирішувати складні педагогічні проблеми, однією з яких є організація позакласної роботи з учнями закладів загальної середньої освіти. Адже позакласна робота є засобом розширення, поглиблення і вдосконалення знань учнів, формування у них навичок дослідницького характеру. Вона сприяє подоланню хемофобії, організації дозвілля, розвитку здібностей та схильностей учнів, розширює їх кругозір, формує стійкий інтерес до вивчення предмета. Тому актуальною проблемою сучасної вищої педагогічної школи є удосконалення професійно-методичної підготовки майбутнього вчителя хімії до організації позакласної діяльності.

На думку Г. М. Чернобельської, позакласна робота з хімії – це «особлива організаційна форма занять зі школярами, яка має сильну емоційну дію. Вона розвиває кругозір і уяву школярів, стимулює їх до самоосвіти, поповнення своїх знань, сприяє розвитку винахідливості і творчості. Ця робота дуже різноманітна за видами і змістом, носить у всіх випадках відтінок цікавості, формує інтерес до предмета. Вона потребує ретельної організації» [2].

Як зазначає М. С. Пак, позакласні заняття не обмежені жорсткими часовими рамками навчального розкладу, проводяться в позаурочний час, зверх навчального плану і програми. При цьому позакласна робота виконується учнями добровільно, відповідно до їх інтересів та бажань та під керівництвом учителя [1].

У нашому дослідженні під позакласною роботою з хімії ми будемо розуміти навчально-виховну діяльність учнів, організовану вчителем з урахуванням їх інтересів та нахилів у позаурочний час, зверх навчального плану та програми, поза звичайними класними заняттями під безпосереднім або опосередкованим керівництвом учителя. Позакласні заняття сприяють розвитку в школярів творчої самостійності і винахідливості, формуванню практичних умінь і навичок, самореалізації особистості учнів.

З метою вивчення стану організації та використання позакласної роботи в закладі загальної середньої освіти, а також визначення основних її недоліків ми провели опитування учителів хімії, які були слухачами курсів підвищення кваліфікації в Житомирському державному університеті імені Івана Франка. В дослідженні прийняли участь 40 учителів.

Так, відповідаючи на запитання анкети, більшість учителів (67,5%) зазначили необхідність систематичного проведення позакласних заходів, організацію позакласної роботи на всіх етапах вивчення хімії системно.

Достатню увагу позакласній роботі з хімії приділяють лише 55% опитаних, а 45% не вважають це нагальною потребою.

Власну готовність проводити цікаві хімічні експерименти в усіх формах позакласної роботи оцінили як високу лише 20% учителів тоді, як 42,5% взагалі не вважають себе підготовленими до проведення таких дослідів і не виявляють бажання їх реалізувати.

Про недостатність методичного супроводу організації позакласної роботи з хімії з учнями різних класів наголошують 65% учителів.

Впевненими у послідовності, безпечності та результаті «ефектних» хімічних експериментів відчувають себе лише 42,5% учителів, а 57,5% – невпевнені і нерішучі під час їх проведення. Основними причинами цього є: відсутність методичної літератури, яка докладно описує проведення «ефектних» експериментів та включення їх як у навчальний, так і в позанавчальний процес; недостатня експериментальна та методична підготовка

вчителів ще під час навчання у вищій школі; відсутність мотивації до використання цих експериментів та організації позакласної роботи як такої.

Отже, на основі отриманих в ході дослідження результатів можна зазначити, що професійна підготовка учителів до проведення позакласної роботи з учнями досягає середнього рівня, що унеможливорює активізацію пізнавальної діяльності учнів, формування їх гностичних та дослідницьких умінь і навичок високого рівня, пізнавального інтересу до вивчення хімії, усвідомлення значення хімії в житті людини.

Ми вважаємо, що недостатність уваги, приділеної організації та проведенню позакласної роботи з хімії у вищій школі та слабка готовність майбутніх учителів до реалізації такої діяльності є основними причинами даних результатів дослідження.

Тому, на сьогодні, нагальною потребою вищої педагогічної школи є удосконалення професійно-методичної підготовки майбутнього вчителя хімії для здійснення професійної діяльності вчителя та навчальної діяльності учнів як у класній, так і в позакласній роботі в закладі загальної середньої освіти.

На нашу думку, для забезпечення організації та ефективного проведення різних форм позакласної роботи з учнями закладів загальної середньої освіти майбутній учитель хімії має бути готовим до здійснення такої різнопланової діяльності, а саме:

1. володіти вміннями і навичками проведення хімічних експериментів із яскравим зовнішнім ефектом (цікаві «ефектні» досліди), що сприятиме засвоєнню закономірностей, які виявляються під час проведення експериментів, збуджуватиме цікавість пізнати хімізм таких дослідів;

2. розробляти зміст хімічного гуртка з орієнтацією на хімічний експеримент та здійснювати його аналіз, що сприятиме розширенню кругозору учнів, формуватиме стійкий інтерес до вивчення хімії;

3. планувати, організовувати та проводити масові позакласні заходи з хімії з обов'язковим використанням хімічного експерименту, що сприятиме формуванню пізнавального інтересу учнів;

4. володіти технікою та методикою проведення домашніх хімічних експериментів із використанням ужиткових речовин, що сприятиме формуванню гностичних умінь учнів у позакласній діяльності та заохоченню їх до пошуку нових знань, підвищуватиме інтерес до вивчення хімічної науки, активізуватиме мислення та створюватиме умови для пошукової навчально-пізнавальної діяльності з метою набуття нових знань та практичного їх застосування, формуватиме бажання і здатність самостійно вчитися;

5. використовувати інноваційні технології навчання у різних формах позакласної роботи, в тому числі, проектної діяльності, що сприятиме тісному поєднанню теорії та практики, розвиватиме творчі здібності та логічне мислення, вироблятиме вміння спостерігати, аналізувати, досліджувати та узагальнювати, розвиватиме гностичні вміння експериментально-дослідницького характеру, формуватиме вміння наслідувати вчителя.

Таким чином, удосконалення професійно-методичної підготовки майбутнього вчителя хімії до організації та проведення позакласної діяльності в закладі загальної середньої освіти забезпечить набуття ним педагогічної майстерності, популяризацію хімічної науки серед учнівської молоді та стане запорукою успішного здійснення ефективної практичної діяльності.

1. Внеурочная работа по химии в современной школе: учеб. пособие / М.С. Пак [и др.]. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2004. – 49 с.

2. Чернобельская Г.М. Основы методики обучения химии: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. № 2122 «Химия». – М.: Просвещение, 1987. – 256 с.: ил.



## ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ I-A ТА II-A ГРУП НА ПРОФІЛЬНОМУ РІВНІ В ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

*Акішева Л.В., Анічкіна О.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка  
[akisheva121980@gmail.com](mailto:akisheva121980@gmail.com)

Хімічна компонента є обов'язковою складовою системи загальної природничо-наукової освіти. Разом з іншими предметами хімія покликана реалізувати мету загальної середньої освіти, розв'язувати завдання розвитку особистості, формування наукового світогляду, життєвої і соціальної компетентностей учня, відповідно до обраних напрямків і профілів навчання.

У профільних закладах загальної середньої освіти передбачається опанування змісту базових предметів на трьох рівнях: на загальнокультурному – обов'язковий мінімум змісту навчального предмета без подальшого його вивчення (наприклад, хімія у філологічному профілі); загальноосвітньому – обсяг змісту достатній для вивчення предмета у ЗВО – застосовується тоді, коли навчальний предмет – непрофільний, але базовий або близький до профільного (наприклад, загальноосвітній курс хімії у фізико-технічному профілі); профільному – зміст навчального предмета поглиблений, передбачає орієнтацію на майбутню професію (наприклад, курс хімії у хіміко-біологічному профілі) [2].

Навчання в класах хімічних профілів забезпечує, крім загальноосвітньої підготовки та виховання особистості, здатної до самоосвіти і самореалізації, початкову допрофесійну підготовку учнів, які мають бажання обрати майбутню професію, пов'язану з використанням хімічних знань. Передбачається глибше й повніше, порівняно з рівнем державного стандарту, опанування знань про речовини та їх перетворення, хімічні закони, методи пізнання в хімії та формування на цій основі наукового світогляду, вироблення екологічного стилю мислення й поведінки, розвиток експериментальних умінь, дослідницької проектної діяльності учнів, формування їхніх ключових компетентностей.

Одним із завдань наукових досліджень, пов'язаних із педагогічною діяльністю, є розвиток у майбутніх учителів умінь пошукової, дослідницької діяльності, вирішення шляхів творчого розв'язання навчально-виховних задач під час роботи у школі, а також формування вмінь застосовувати методи науково-педагогічних досліджень на практиці. Опрацювання навчально-методичного комплексу навчання школярів хімії старшої школи вказує на наявність відповідних програм, підручників рівня стандарту, академічного рівня О.Г. Ярошенко [4] та профільного рівня авторського колективу під керівництвом Н.М. Буринської [3] та робочих зошитів і зошитів для практичних робіт, які вивчають хімію на рівні стандарту та академічному. Досить повно представлені у методичній пресі розробки уроків творчих учителів, зокрема, вивчення металічних елементів та їх сполук. Що стосується робочих зошитів, підручників та досвіду роботи вчителів у класах поглибленого вивчення хімії, то вони практично відсутні, що можна пояснити й об'єктивними причинами – малою кількістю таких класів. Саме недостатня методична розробленість підручників, уроків із хімії для поглибленого її вивчення у старшій профільній школі і слугувала однією з причин вибору теми нашого наукового дослідження.

Сучасна програма з хімії для закладів загальної середньої освіти передбачає вивчення неорганічної хімії у 11 класі. З основної школи учні вже мають певні знання про неорганічні речовини, й метали зокрема, їхні основні класи, закономірності хімічних реакцій, розчини. Проте цих знань недостатньо для того, щоб розкрити особливості хімічних елементів та їх сполук, пояснити залежність між складом, будовою, властивостями, способами добування і застосування речовин. Тому, перш ніж розпочати вивчення неорганічної хімії, програмою передбачено як повторення основних хімічних понять, так і поглиблення їх змісту й розширення обсягу, а також введення деяких нових хімічних понять [1].

Таким чином, вивчення теми «Елементи I-A та II – A груп» на профільному рівні передбачає опанування як теоретичним змістом навчального матеріалу так і практичною частиною.

Теми «Металічні елементи I – A групи» та «Металічні елементи II –A групи» мають подібне структурування матеріалу, що забезпечує однакову логічну послідовність розгляду хімічних елементів і речовин за алгоритмом: положення елемента в періодичній системі – будова атома та його характеристики – будова простої речовини та її фізичні й хімічні властивості – склад, будова, фізичні та хімічні властивості найважливіших сполук – поширення у природі та біологічна роль елементів – добування і застосування, вплив елементів та їх сполук на організм людини і довкілля.

Практична частина представлена рубриками «Розрахункові задачі», «Демонстрації», «Лабораторні дослідження», «Практичні роботи», а також рубрикою «Навчальні проекти».

Особливе значення для формування результатів навчання з теми має використання наочності, оскільки більшість речовин, які утворені виучуваними елементами є широкоживаними людиною в побуті.

Виникає потреба в ілюструванні властивостей речовин і вивченні їх зовнішніх ознак, можливих реакцій. Допомогти молодому вчителю в реалізації професійної діяльності з даної теми можуть як реальні (зразки речовин), так і електронні засоби навчання: кібер-колекції, віртуальні лабораторії, експериментаріуми тощо. З одного боку це значно збагачує можливості вчителя ознайомити учнів із властивостями та зовнішнім виглядом речовин, а з іншого – виступає потужним мотивуючим засобом, оскільки дозволяє використовувати гаджети в навчальному процесі.

Таким чином, сучасний вчитель хімії в професійній діяльності повинен поєднувати здатності використовувати сучасні як реальні так і віртуальні засоби вивчення хімії, модернізувати та оновлювати методику їх включення в навчальний процес закладу загальної середньої освіти та забезпечувати досягнення результатів навчання навіть у дистанційній формі з урахуванням індивідуальних можливостей і потреб.

1. Навчальна програма з хімії (профільний рівень) для 10-11 класів загальноосвітніх шкіл, затверджена Наказом Міністерства освіти і науки № 1407 від 23 жовтня 2017 року.

2. Профільне навчання з хімії / Упоряд. Г. Мальченко. – К.: Вид. дім «Шкіл. світ»: вид. Л. Галіцина, 2005. – 128 с. – (Б-ка «Шкіл. Світу»).

3. Хімія: Підручник для 10 класу загальноосвітніх навчальних закладів (профільний рівень) / [Буринська Н. М., Депутат В. М., Сударева Г. Ф., Чайченко Н. Н.] – К.: Педагогічна думка, 2010. – 352 с.

4. Ярошенко О. Г. Хімія: Підручн. для 10 кл. загальноосвіт. Навч. закл. (рівень стандарту, академічний рівень). – К.: Грамота, 2010. – 224 с.

## ТЕОРЕТИЧНИЙ ВИКЛИК СУЧАСНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ

*Анічкіна О.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[eva\\_kvitka@meta.ua](mailto:eva_kvitka@meta.ua)

Інтеграція середньої та вищої освіти в сучасних умовах зазнає значних проблем і утруднень. Реформування хімічної освіти триває надзвичайно бурхливо протягом останніх 15 років. Відбувається постійне оновлення системи, змісту, методів, форм, засобів навчання, проте доцільність проведених реформ ще не доведена, їх ефективність не визначена, а ряд проблем гостро потребують розв'язку саме зараз.

Так, в результаті модернізації змісту середньої хімічної освіти відбулося суттєве збіднення навчальної програми з хімії для закладів загальної середньої освіти [2], що стає зрозумілим з кількості годин відведених на вивчення (таблиця 1).

Таблиця 1

**Кількість годин відведених на вивчення хімії в програма закладів загальної середньої освіти різних років**

Програма (рік)	1987	1997	2006	2015	2017
Класи	8-11	8-11	7-11	7-9 програма 2015 р., 10-11 програма 2006 р.	7-9 програма 2015, 10-11 програма «Природничі науки» або рівень стандарту
Кількість, годин	350	272	245	262	243-306

Проведений аналіз дозволяє констатувати, що чинна програма з хімії передбачає найменшу кількість годин на вивчення навчального предмету за останні 33 роки. Результатом такого скорочення виступає фрагментарність знань учнів (редукція тем, їх обсягів), елементарність практичних умінь (найпростіші, в незначному обсязі), накопичення теоретичних фактів без експериментального підтвердження, обґрунтування, ілюстрування (схоластичний характер вивчення експериментальної науки), збагачення форм роботи без відповідного методичного супроводу (навчальні проекти, домашній хімічний експеримент, наскрізні змістові лінії) тощо.

Проведений аналіз змісту діяльності учнів у ході вивчення хімії за програмами для закладів загальної середньої освіти [2], дозволив отримати наступні результати (таблиця 2).

Таблиця 2

**Порівняння видів діяльності за програмами хімії для закладів загальної середньої освіти 2001 та 2017 років**

Рік	Демонстраційні досліді	Лабораторні досліді	Практичні роботи	Домашній експеримент	Проекти	Розрахункові задачі
1997	108	42	16	0	0	12
2017	58+9	39	17	5	94	19

\*- віртуальні демонстрації

Аналіз результатів свідчить про значне зменшення кількості демонстраційних дослідів, майже вдвічі, та загальну тенденцію зменшення використання експерименту як провідного методу навчання в сучасній програмі (61,03% проти 46,93%).

Таким чином, відбувається теоретизація надзвичайно ефектної, експериментальної, яскравої, важливої для кожної людини хімічної науки, що є неприпустимим. Оскільки, безпечне життя людини в сучасному світі неможливе без елементарних хімічних знань і, що значно важливіше, вмінь поводження з хімічними речовинами. Розуміння кожною людиною значення хімії для промисловості, людства і окремої людини можливе за умови базової хімічної грамотності, подолання хемофобії, пропагування важливості раціонального використання хімічних речовин.

Надзвичайна теоретизація підтримується ще й способом оцінювання результатів навчання. Результативність навчання в закладі загальної середньої освіти та подальший вступ до закладу вищої освіти реалізуються через складання зовнішнього незалежного оцінювання. Це сприяє прозорості здобування місця навчання абітурієнтом але разом із тим, формує усвідомлення необхідності здобуття значних хімічних знань і вмінь виконувати лише тестові завдання певних видів. Адже ЗНО перевіряє наявність виключно хімічних знань і жодним чином не перевіряє сформованість експериментальних умінь. Аналіз навчальних програм минулих років дозволив зробити висновок, що сучасний Державний стандарт середньої освіти хоч і вимагає від учням досягнення значного рівня хімічних знань і формування достатніх експериментальних умінь, не забезпечує першокурсникам потрібний рівень навченості до якого звикла вища школа.

Це зрозуміло з огляду на вимоги Держави до професійної підготовки сучасного фахівця-хіміка. Якщо раніше від студента – випускника закладу вищої освіти вимагалось

володіти достатньою кількістю хімічних знань, експериментальних умінь і навичок. Зараз Стандарт вищої освіти України спеціальності 102 Хімія вимагає формування значної кількості компетентностей і набуття програмних результатів навчання пов'язаних із проведенням саме хімічного експерименту як основного методу професійної діяльності хіміка та методу творення хімічної науки в цілому.

Таким чином, програми закладів загальної та вищої хімічної освіти орієнтовані протилежно: ЗЗСО – на теоретичні знання, а ЗВО – на експериментальну діяльність.

Сприяє теоретизації середньої хімічної освіти й значна абстрактність хімічної науки та наявна складність ілюстрування теоретичного матеріалу. Адже представлення природних об'єктів, їх властивостей в школі дуже збіднене, а якщо демонстрація і відбувається, на незначній кількості об'єктів, то передбачає вивчення конкретних, окремих властивостей з недостатнім рівнем їх узагальнення та систематизації.

Так, більшість студентів – першокурсників нездатні переносити отримані хімічні теоретичні знання в власну практику життя, вони не здатні навести приклади пересичених розчинів, періодичних явищ, екзотермічних і ендотермічних процесів, визначити смакові якості різних кислот, навести приклади побутових речовин, що належать до певних класів.

Таким чином, експеримент у ЗЗСО ілюструє слова вчителя й інформацію підручника не виступаючи засобом наукового доведення явищ. Хімічний експеримент у ЗВО виступає джерелом знання, мотиватором експериментального доведення наукового припущення, засобом реалізації індивідуальної експериментальної діяльності, що забезпечує виникнення гностичного потягу, набуття досвіду доводити хімічні закономірності експериментальним шляхом, планувати, організовувати, виконувати і аналізувати результати хімічного експерименту.

Вирішення проблеми теоретизації хімічної освіти має відбуватися терміново на всіх рівнях в результаті синергії сил науковців, методистів, вчителів і чиновників, адже, як ніколи актуально сьогодні звучать слова Магатма Ганді «...я дуже добре пам'ятаю уроки хімії в школі. Мені здавалося, що це — найнудніший предмет. Сьогодні я знаю, що це зовсім не так, але тоді...» [1].

Махатма Ганди [Текст] : Сборник: Перевод / М. Ганди; Сост. В. А. Василенко. - Москва : Изд. дом Ш. Амонашвили, 1998. – С.134-135.

## **МОЖЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ВУГЛЕВОДНІВ І СПИРТІВ У СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

*Бабушкіна Л.О., Анічкіна О.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[lyudababushkina2@gmail.com](mailto:lyudababushkina2@gmail.com)

Сучасна освіта України потребує оновлень у змісті, формах і методах навчання та виховання майбутніх фахівців. Тому на сьогоднішній день одним з основних завдань педагогічної науки є впровадження інноваційних технологій в освітній процес, створення умов для дистанційного навчання в закладах загальної середньої та вищої освіти.

Вивчення хімії в 10 класів передбачає опанування темою «Початкові поняття про органічні сполуки», основне змістове навантаження якої представлено вивченням будови, властивостей, добування та застосування таких речовин як вуглеводні та спирти [2]. На вивчення такого матеріалу відводиться 20 годин. Організація вивчення матеріалу з даної теми має багато різновидів, в ході нашого дослідження ми обрали наступну схему вивчення теми, яка дозволить домогтися формування результатів навчання.

Опанування теми розпочинається з вивчення вуглеводнів, їх номенклатури, будови молекули, ізомерії, фізичних властивостей. На початковому етапі вивчення вуглеводнів доцільним є використання методу експрес-опитування, суть якого полягає в проекції основних понять і термінів на дошку, а учні (за бажанням або за викликом вчителя) відповідають, дають визначення, наводять хімічні формули речовин тощо. Після отриманої

відповіді на дошку проектується вірна відповідь і учні, використовуючи метод взаємоконтролю та самоконтролю можуть оцінити правильність і повноту відповіді.

Доцільним в ході вивчення теми є використання мультимедійних презентацій, наприклад «Поширення вуглеводнів в природі. Природні джерела вуглеводнів» яка дозволяє коротко описати класифікацію вуглеводнів, їх поширеність та фізичні властивості, способи використання людством.

Для кращого ознайомлення із будовою молекул вуглеводнів необхідно використати відео-демонстрації 3D моделей молекул [3] та зображення з доповненою реальністю, які значно збуджують цікавість до вивчення органічної хімії та дозволяють учням інтегрувати хімічні знання та цифрові вміння.

Практична частина теми передбачає предметне моделювання – виготовлення учнями самостійно кулестержневої моделі метану, етану інших вуглеводнів.

Вивчення хімічних властивостей вуглеводнів потребує використання хімічного експерименту, який може бути як реальним так і віртуальним. При цьому слід зауважити, що віртуальний хімічний експеримент виступає додатковим тренажером для підготовки до реального або, в умовах карантину, відсутності можливості навчатися аудиторно, заміняє його повністю. Так, вивчити хімічні властивості вуглеводнів можна за допомоги віртуальної хімічної лабораторії, яка відтворює відеофрагменти реальних хімічних експериментів із можливістю наближення, зміщення зображення. Це дає можливість школах де застаріле обладнання та відсутні реактиви, реалізувати спостереження за хімічним експериментом хоч в віртуальному просторі, але наближеному до реальних умов, вивчити хімічні властивості вуглеводнів спостерігаючи за справжнім хімічним експериментом, хоч і дистанційно.

Для закріплення пройденого матеріалу можливо використати ігровий підхід. Наприклад, гра «Третій зайвий», «Хімічне лото», «Хімічний кросворд», «Перегони» [1, 4].

На завершення теми пропонується провести віртуальну екскурсію на виробництво поліетилену, який є продуктом полімеризації етену – алкену (ненасиченого вуглеводню).

Наступними вивчаються спирти, як гідроксипохідні вуглеводнів. Дану тему можливо вивчати з допомогою тих самих засобів навчання: просторову будову молекул вивчаємо за допомогою 3D моделей [3]; фізичні властивості спиртів з допомогою гри «Впізнай мене» (порівняння властивостей вуглеводнів та спиртів); фізичні та хімічні властивості – з допомогою віртуальної лабораторії; виробництво спиртів – електронна екскурсія.

Закріплення матеріалу можна провести в формі виконання проекту, презентацію результатів якого можна зробити в вигляді мультимедійної презентації, друкованої публікації, веб-сайту. Особливу увагу при вивченні даної теми слід приділити пропагуванню здорового способу життя та протидії алкоголізму серед молоді, розкриттю згубної дії алкоголю (в будь-якому вигляді) на молодий організм, наслідкам надмірного вживання алкоголю в молодому віці.

Таким чином, використання інновацій, а саме електронних засобів навчання, аудіо-записів, відео-матеріалів дозволяє вчителю хімії врахувати індивідуальні потреби та можливості кожного учня, мотивувати учнів до вивчення предмета та співпраці в малих групах, а також інтенсифікувати освітній процес модернізувавши його.

1. Анічкіна, О. В. Можливості використання ігрового підходу на заняттях із методики навчання хімії. Ключові питання наукових досліджень у сфері педагогіки та психології у XXI ст. : міжн. наук.-практ. конф. (29–30 січня 2016 р.) : [зб. наук. праць]. – Львів : ГО “Львівська педагогічна спільнота”, 2016. – С. 108–110. Режим доступу: <http://eprints.zu.edu.ua/30327/>

2. Навчальна програма з хімії для 7-9-х класів для загальноосвітніх навчальних закладів [Електронний ресурс]- Режим доступу до ресурсу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/onovlennya-12-2017/10-ximiya-7-9.doc>

3. Попель П. П., Крикля Л.С. Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / — Київ: ВЦ «Академія», 2017. — 240 с.

4. Інтерактивні методи навчання у старшій школі / упоряд. О. М. Кондратюк. — К.: Шкільний світ, 2011. — 104 с. — (Бібліотека «Шкільного світу»)

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОСВІТНІХ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧОГО НАПРЯМУ

*Бардадим О. В.*

Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького

[bardadym\\_oleh@ukr.net](mailto:bardadym_oleh@ukr.net)

Інноваційні зміни, які відбуваються на п'ятому технологічному укладі, впливають на систему освіти. Завдяки науково-технічній революції вчителі отримали нові можливості навчання, через впровадження у навчальне середовище технічних та програмних засобів навчання.

У навчальній літературі у незначній мірі приділяється увага використанню технології Web. Існує декілька поколінь даної технології, що надають можливості роботи з інформацією користувачам: у Web 1.0 – читати, шукати; у Web 2.0 – публікувати та слідкувати за новинами (наприклад Facebook, Wiki), у Web 3.0 – створювати та взаємодіяти з контентом (технології блокчейну, машинного навчання, штучного інтелекту) [1]. Паралельно з цим у мережі Інтернет почали з'являтися онлайн-сервіси для освіти, які потрібно дослідити. Перш за все необхідно зрозуміти, які існують електронні ресурси і для яких вони цілей. Дослідник А. Каррінгтон [2] класифікував сервіси за типом мислення (згідно з таксономією Б. Блума). Оскільки ринок освітніх ресурсів постійно поповнюється новими розробками (дослідження [2] опубліковано у 2016 році), тому виникає потреба, щоб дослідити нові сервіси, які будуть використовуватися вчителями у своїй щоденній роботі. У таблиці 1 згруповано електронні онлайн-сервіси для практичного використання вчителем.

Слід виокремити: стратегічну ціль – навчити вчителів природничого напрямку користуватися електронними засобами навчання у педагогічній діяльності; тактичну ціль – розробити методичні матеріали для здобуття вчителями відповідних компетентностей.

Отже, використання онлайн-сервісів дає можливість для вчителя: організувати групову, дистанційну, проектну, дослідну роботу за допомогою цифрових засобів; впроваджувати сучасні педагогічні технології, такі як перевернутий клас, що збільшує ефективність учнів.

Таблиця 1

### КЛАСИФІКАЦІЯ ОСВІТНІХ ОНЛАЙН-РЕСУРСІВ

<b>ГРУПИ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ</b>	<b>МОЖЛИВОСТІ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ</b>	<b>ІДЕЇ ДЛЯ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ</b>
Офісні інструменти	Створювати, редагувати документи, презентації, таблиці; генерувати шаблони листів з розміткою; використовувати хмарні сховища; конвертувати у різні формати файли: аудіо, відео, документи, книги, архіви, зображення, електронні таблиці та презентації; редагувати зображення; розпізнавати текст із зображення; скорочувати гіперпосилання; організувати роботу вчителів за допомогою органайзерів (блокноти, календарі, нагадування, планування, складання розкладів уроків)	При роботі з документами та файлами
Для створення дидактичного контенту	Створення: дидактичних вправ та ігор за готовими шаблонами; онлайн-карток; пазлів; ребусів; кросвордів; головоломок; інтерактивних зображень та відео; закодованого медіаконтенту з	Для інтерактивної взаємодії з учнями, при роботі зі старт-дошкою

	використанням технології qr-коду; web-квестів.	
Для опитування та тестування	Створення і проведення: швидкого опитування, голосування та тестування	Використання під час: технологій перевернутого класу, формувального оцінювання (проведення вікторин, тестувань, опитувань як на уроці так і на сторінках: блогів, сайтів, у соціальних мережах) перевірки отриманих знань, організації групової роботи з учнями із залученням мобільних засобів
Візуалізації інформації	Редагувати зображення; створювати: діаграми; анімаційні фільми та історії (відеоскрайбінг); ментальні карти; схеми; блок-схеми; плакати; постери; графіки; колажі; інфоргафіки; банери; стрічки часу; хмари слів; логотипи; комікси; демотиватори; використовувати віртуальні екскурсії та 3-d стимулятори	Створення графічної інформації до уроків
Для комунікації	Управління класом на відстані через інструменти: відеозв'язку (проведення відеотрансляції), віртуальні робочі столи (робота як на відстані, так із залученням віртуальної дошки), сайти, блоги, соціальні мережі, групові чати, системи управління навчанням; робота з скрінкастами, подкастами, суфлерами, стенограмами	Організовувати: вебінари, конференції, групові чати, онлайн-уроки, керівництво проектами, дистанційне навчання; мозковий штурм; онлайн-опитування запис алгоритмів за допомогою скрінкастів.
Для науково-методичної діяльності	Роботи з віртуальними: словники, енциклопедіями, довідниками, бібліотеками, журналами, газетами, видавничими платформами, електронними підручниками, каталогами, інформаційно-довідниковими ресурсами, освітніми порталами та платформи, Wiki-інструменти та оформлення згідно ДСТУ списку використаних джерел	Для самоосвіти, самовдосконалення, наукової та методичної діяльності вчителя

1. Web 3.0: Теорія [Електронний ресурс] : – Режим доступу <https://forklog.com/sp/web3-0/theory/>

2. Allan Carrington The Pedagogy Wheel – It's Not About The Apps, It's About The Pedagogy [Електронний ресурс] : – Режим доступу [https://designingoutcomes.com/assets/PadWheelV5/PWENG\\_V5.0\\_Android\\_SCREEN.pdf](https://designingoutcomes.com/assets/PadWheelV5/PWENG_V5.0_Android_SCREEN.pdf)



## ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЕКТНОГО НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН СТУДЕНТАМИ ВИЩИХ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ

Бойко Ю.В., Токар А.В., Шапошнікова Г.С.

Дніпровський державний аграрно – економічний університет

[gulia.boyko@gmail.com](mailto:gulia.boyko@gmail.com)

Сучасні вимоги до майбутніх фахівців потребують застосування більш ефективних методик їх підготовки під час навчання. Крім того, концепція дуальної освіти передбачає, що сучасним студентам необхідно знайомитись з основами майбутньої професійної діяльності вже з першого курсу.

З метою активізації навчального процесу з точки зору стимулювання самостійної роботи показав високу продуктивність **метод проектного навчання**. Численні дослідження вказують на те, що після його успішного впровадження у студентів підвищується мотивація до навчання та зростає рівень досягнень. Також застосування такої форми роботи серед студентів допомагає реалізувати їх власні ідеї стосовно майбутньої професійної діяльності, підтвердити правильність вибору майбутньої професії, окреслити сферу професійних інтересів.

Метод проектів завжди орієнтований на самостійну діяльність студентів - індивідуальну, парну, групову, яку студенти виконують протягом певного відрізка часу. Цей метод органічно поєднується з груповим підходом до навчання. Метод проектів завжди припускає рішення якоїсь проблеми. А рішення проблеми передбачає, з одного боку, використання сукупності різноманітних методів і засобів навчання, а з іншого - необхідність інтегрування знань і умінь з різних сфер науки, техніки, технології, творчих областей. Метод передбачає певну сукупність навчально-пізнавальних прийомів, що дозволяють вирішити ту чи іншу проблему в результаті самостійних дій студентів з обов'язковою презентацією цих результатів.

Суть методу полягає в тому, що студенти виконують навчальні проекти, під якими слід розуміти самостійно розроблені та подані результати роботи над проблемою (від ідеї до її виконання), що володіють суб'єктивною або об'єктивною новизною і виконані під контролем і з консультуванням викладача. Навчальне проектування можна розглядати як навчально-виробничий експеримент, що зв'язує дві сторони процесу пізнання. З одного боку, воно є методом навчання, з іншого - засобом практичного застосування засвоєних знань і умінь.

Технологічний характер проектування зумовлений, на наш погляд, його діяльністю природою, що дозволяє уявити процес проектування у вигляді детально розписаного алгоритму дій по його здійсненню, який включає основні компоненти діяльності від формування задуму до його втілення в практиці і аналізу результатів.

Для студентів навчальний проект цікавий насамперед тим, що дає можливість робити щось цікаве самостійно, у групі або створити команду; максимально проявити свої здібності та можливості; цей вид діяльності дозволяє їм вирішувати ті проблеми, які є для них найбільш цікавими, створює ситуацію, коли розв'язання проблеми носить практичний характер.

Так, на лабораторних заняттях з дисципліни «Хімія» для студентів спеціальності «Агрономія» при вивченні тем, які стосуються якісного та кількісного аналізу, студентами були запропоновані об'єкти досліджень, які представляли інтерес саме для них. Доцільно цю роботу було здійснювати у командах. Таким чином, студенти розділились на три команди та самостійно визначили, чим вони планують займатися: першою командою був зроблений аналіз ґрунту з дослідного поля; друга команда робила аналіз води для зрошення поля, а третя – аналіз мінеральних добрив, які планувалося вносити на поле. За результатами досліджень команди робили висновок, якими біоелементами збагачений ґрунт, а яких, навпаки, не вистачає. Також вони повинні були сумісно визначити, якими культурами варто засіювати дослідне поле, як вносити добрива, чи придатна вода для зрошення поля.

Якщо мова йде про індивідуальну роботу у проектному методі навчання, то її також можна застосовувати на лабораторних заняттях по вивченню хімічних властивостей будь-якого класу хімічних сполук. Студенти спочатку розглядають теоретичний матеріал, а потім пропонують лабораторні досліди, які б вони хотіли провести для підтвердження хімічних властивостей тієї або іншої сполуки. Кожен зі студентів обирає певний дослід, який він буде проводити, пояснює, які умови йому необхідні та записує рівняння реакції. Наприклад, студенти вивчають тему «Окисно-відновні реакції». Вони вивчають теоретичний матеріал, висувають гіпотезу, яку хотіли би підтвердити (наприклад, концентрована та розведена нітратна кислота проявляє окисні властивості по-різному), обирають для себе окисник або відновник, властивості якого вони хочуть дослідити, готують посуд та реактиви, проводять дослід, записують рівняння хімічної реакції та спостереження, розставляють коефіцієнти, у кінці заняття обмінюються результатами та підводять підсумки.

Завершується здійснення навчального проекту презентацією отриманих результатів, підведенням підсумків. Оскільки діяльність студентів в проекті в основному самостійна, то саме наприкінці заняття викладач може дізнатися, що було зроблено під час самостійної проектної роботи.

Отже, метод проектів підходить для розвитку навчальної компетентності, сприяє кращому засвоєнню матеріалу, формує здатність до самостійного та критичного мислення та надає змогу студентам поверхнево ознайомитись з основами майбутньої професійної діяльності.

## **СТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ОНЛАЙН-ТЕСТІВ НА БАЗІ ОСВІТЬНОГО ПРОЕКТУ «НА УРОК» ЯК ЕЛЕМЕНТ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

*Бондарчук Т.О.*

Пісківська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів, [ezevikaa@meta.ua](mailto:ezevikaa@meta.ua)

З активним темпами зростання інформаційних технологій та інформаційних компетенцій вчителів та здобувачів освіти стає можливим стрімкий розвиток дистанційної освіти. В даний час кожен здобувач освіти має гаджет з можливостями виходу в Інтернет, що провокує цей розвиток. Періодично дистанційне навчання стає надзвичайно актуальним, наприклад під час епідемій, коли учні знаходяться вдома на карантині. Сучасна дистанційна освіта – це система передачі знань з використанням різноманітних засобів і технологій на відстані та сприяє отриманню здобувачем освіти необхідної інформації для використання її на практиці. Це форма організації навчального процесу та технологія навчання, під час якої здобувач освіти самостійно працює під контролем вчителя та використовує для цього інформаційно-комунікативні технології. [2]

Засобом перевірки знань здобувачів освіти може бути застосування онлайн-тестування. Крім того онлайн-тестування може бути застосоване як елемент закріплення або являтися онлайн-тренажером для здобувача освіти. Тестування виконує діагностичну, навчальну та виховну функцію.[1] Освітній проект «На Урок» дає можливість педагогу створювати та застосовувати онлайн-тести для дистанційної роботи зі здобувачами освіти.

Освітній проект "На Урок" - це український освітній онлайн-портал для вчителів, що є результатом роботи групи однодумців, які мають на меті об'єктивно висвітлити сучасний навчальний процес та вивести його на новий рівень. [4]

Одним з розділів даного сайту є тести. Це інтерактивні завдання для контролю знань і залучення учнів до активної роботи в класі та вдома. Тести можна створювати самому або ж використовувати уже створені іншими вчителями. В пошуковому вікні можна обрати тему тесту, а також клас і предмет, що значно спрощує пошук. Вчитель може вибрати готовий тест з тих, що є на сайті або ж розробити свій. Будь-який тест можна додати в збережені, щоб не загубити, скачати в форматі PDF, поширити в соціальній мережі або покаржитись на

нього. Також, при відкритті будь-якого тесту сайт одразу пропонує схожі тести та рекомендовані тести, щоб полегшити пошук необхідного.

Створений вчителем чи обраний з запропонованих на сайті, тест можна застосовувати на уроці або в якості домашнього завдання. Учні можуть самостійно працювати з ними вдома. Під час відкриття будь якого тесту з'являється ряд вкладок: домашня робота, в реальному часі, тестування, флеш-картки, роздрукувати.

У вкладці «Домашня робота» вчитель може задати завдання обраного тесту певному класу, в певний часовий проміжок. Можна обрати додаткові налаштування: перемішати запитання, перемішати варіанти відповідей, одразу показувати правильну відповідь, показувати відповіді учням після тестування, показати рейтинг учнів. Тест може містити одну або декілька вірних відповідей. Після того як учитель натискає посилання «Задати домашнє завдання», з'являється код доступу, що необхідно повідомити учням, а також посилання [join.naurok.ua](http://join.naurok.ua), де потрібно його ввести. Після того, як учень виконує завдання вчитель бачить хто виконував, оцінку, середній результат по класу. Онлайн сервіс економить час і сили педагога, звільняє від перевірки кожної роботи.

Роботу з учнями можна виконувати в реальному часі. Наприклад, як елемент закріплення знань або перевірки домашнього завдання в класі. Для цього педагогу необхідно обрати певний тест, створити сесію для учнів, передати їм код доступу та розпочати тест. Перед тим, як створити сесію можна обрати налаштування: перемішати варіанти відповідей, одразу показувати правильну відповідь, показати відповіді учням після тестування.

Будь який учень може працювати самостійно. Для цього він обирає потрібний йому тест і обирає вкладку «Тестування». Необхідно зазначити своє ім'я і можна проходити тестування. Обравши варіант відповіді, він одразу бачить чи правильно відповів. Після завершення тесту здобувач освіти бачить свій загальний результат.

Самостійно учень може тренуватись, використовуючи флеш-картки. Він має обрати тест, вкладку «Флеш-картки». Перед здобувачем освіти з'являється запитання, на яке необхідно відповісти усно чи в умі. Після натискання на кнопку «перевернути картку» з'являється вірна відповідь.

Будь-який тест можна роздрукувати, якщо в класі або в учня вдома немає доступу до Інтернету.

Під час відкриття розділу тестів, на сторінці можна побачити підказки для вчителя, щоб ознайомити його з деякими аспектами роботи. Це кнопки-гіперпосилання на відео, що розміщені на відеохостингу YouTube. Там розміщені лаконічні відеоуроки по роботі з тестами освітнього проекту «На Урок»:

- як створити та відредагувати тест;
- як використати тест колеги;
- як роздрукувати тест;
- як використовувати спеціальні символи;
- що таке флеш-картки і як з ними працювати;
- як задати домашню роботу;
- як працювати з тестами в режимі реального часу;
- де знайти результати роботи з учнями;
- принципи оцінювання роботи з тестами.[3]

Отже, розділ тестів освітнього проекту «На Урок» має ряд позитивних сторін для вчителя і його учнів в умовах дистанційного навчання. Це безкоштовність, україномовний інтерфейс, автоматична перевірка тестів, можливість самостійного створення завдань і використання тестів, створених колегами. На сайті присутня велика колекція тестів з завданнями різного рівня складності, які легко знайти завдяки пошуку по категоріям. Вчителю легко контролювати виконання завдань, а також є можливість використання тестів як тренажеру для учнів. А в здобувача освіти формуються і розвиваються навички використання інформаційно-комунікативних технологій, поглиблюється інтерес до предмету

і навчання, виховується відповідальність. Учень розвивається, вчиться самостійності та має змогу займатися самоосвітою.

1. Биков В.Ю. Дистанційний навчальний процес: навч. посіб. / В.Ю. Биков, В.М. Кухаренко. – Київ: Міленіум, 2005. – С. 292.

2. Долинський Є.В. Дистанційне навчання – одна з прогресивних форм підготовки фахівців / Є.В. Долинський // Теоретичні питання культури, освіти та виховання: Збірник наукових праць. Вип. 42/ За заг. ред. проф. Матвієнко О.В. – К.: Вид. центр КНЛУ, 2010 – С. 202-207.

3. Онлайн-тести «На Урок». Інтерактивні завдання для контролю знань і залучення учнів до активної роботи в класі та вдома [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://naurok.com.ua/test>

4. Про проект [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://naurok.com.ua/page/about>

## ОРГАНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Євдоченко О.С.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[evdochenko\\_lena@ukr.net](mailto:evdochenko_lena@ukr.net)

Базова фахова підготовка студентів в закладах вищої освіти відбувається на лабораторних і практичних заняттях. Лабораторні заняття тісно пов'язані з іншими формами навчання і взаємодоповнюють їх. Теоретичні знання, отримані студентами на лекціях краще засвоюються під час виконання лабораторних робіт. Головна функція лабораторних занять як організаційної форми навчання полягає у наданні теорії експериментального характеру.

Лабораторні заняття у сучасних закладах вищої освіти, відповідно до статті 43 Закону України «Про вищу освіту», належать до основних видів навчальних занять. На них студенти засвоюють методiku організації та проведення експериментальної роботи в лабораторних умовах, пізнають методи наукових досліджень дисципліни, що вивчається, опановують навички роботи з приладами та обладнанням, набувають первинного професійного досвіду [3].

Основними завданнями лабораторних занять є:

- формування практичних умінь відповідно до вимог щодо рівня підготовки студентів, встановлених робочою програмою дисципліни із конкретних розділів (тем);
- узагальнення, систематизація, поглиблення, закріплення отриманих теоретичних знань;
- вдосконалення умінь застосовувати отримані знання на практиці, реалізація єдності інтелектуальної і практичної діяльності;
- розвиток інтелектуальних умінь у майбутніх фахівців: аналітичних, проектувальних, конструктивних та ін;
- вироблення під час вирішення поставлених завдань таких професійно значущих якостей, як самостійність, відповідальність, точність, творча ініціатива;
- залучення до науково-дослідної роботи кафедр з метою набуття первинного професійного досвіду [2].

Лабораторні заняття класифікують за декількома ознаками, з урахуванням кількості студентів, змісту та обсягу навчального матеріалу, розміру та оснащення лабораторії. За формою проведення розрізняють фронтальні, циклічні, індивідуальні, комбіновані та практикуми, за дидактичною метою – ознайомлюючи, експериментальні, проблемно-пошукові, ілюстративні, дослідницькі, за рівнем пізнавальної діяльності – за інструкціями та проблемні, за призначенням – обов'язкові та додаткові [1].

Проаналізувавши методичну літературу та досвід роботи кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка зазначимо, що в навчальному процесі

найчастіше застосовуються фронтальні, циклічні та індивідуальні лабораторні заняття. Коротко схарактеризуємо кожну із форм та виділимо основні переваги та недоліки.

Фронтальна форма проведення лабораторних робіт передбачає об'єднання студентів у групи по 3-4 особи, вони виконують одну і ту саму роботу одночасно. Робота проводиться за спеціальними програмами та інструкціями. Проведення таких робіт не вимагає значних зусиль з боку викладача щодо її організації, проте потребує достатньої кількості лабораторного обладнання. Водночас спостерігається низька пізнавальна самостійність студентів та запозичення прийомів і техніки виконання, часто завдання виконуються без глибокого розуміння явищ чи процесів.

Виконання так званих циклічних лабораторних практикумів передбачає розділення всіх лабораторних робіт начального курсу на декілька циклів, що відповідають її розділам. Позитивним є те, що одночасно проводяться різні роботи певного циклу. Недолік полягає в тому, що лабораторні роботи випереджають лекційний курс, це призводить до неправильного і неточного розуміння явищ чи процесів.

Індивідуальна форма проведення лабораторних робіт полягає у тому, що кожен студент виконує визначену лабораторну роботу за тематичним планом на занятті. Передбачає індивідуальне виконання студентами однакових дослідів самостійно. Реалізує особистісно-орієнтований підхід, сприяє індивідуалізації та диференціації навчання. Складність організації індивідуалізованих практикумів полягає в особливій їх організації, вимагає індивідуального керівництва і контролю з боку викладача. Індивідуальні роботи доречно використовувати на початкових етапах навчання при засвоєнні студентами експериментальної роботи в хімічній лабораторії.

До основних принципів побудови лабораторних практикумів навчальних дисциплін циклу професійної підготовки студентів напряму 102 Хімія в закладах вищої освіти віднесемо: цілісність курсів, поступовість розвитку умінь, навичок та професійної компетентності.

Таким чином, лабораторні роботи є важливою складовою навчального процесу, вони є найефективнішою формою пізнавальної діяльності студентів. Вони дають можливість в лабораторних умовах особисто відтворювати та спостерігати хімічні явища, самостійно перевіряти на дослідах основні хімічні закони та їх наслідки, оволодівати принципами будови та роботи різних приладів. Виконання правильно підібраних лабораторних робіт різних навчальних дисциплін з циклу підготовки студентів спеціальності 102 Хімія відіграє важливу роль у їх професійній підготовці, сприяє активізації пізнавальної діяльності, підвищує інтерес до навчання, формує навички застосування теоретичних знань та експериментальних умінь у майбутній професійній діяльності.

1. Грищенко І. С. Організація та проведення лабораторних, практичних та семінарських занять: метод. рек. для викладачів / І. С. Грищенко, С. В. Огарь, В. М. Кутепова, І. І. Светочева. – Х.: НФаУ, 2014. – 28 с.

2. Мачинська Н.І., Стельмах С.С. Сучасні форми організації навчального процесу у вищій школі: навчально-методичний посібник / Н.І. Мачинська, С.С. Стельмах. – Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2012. – 180 с.

3. Про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах: Положення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minagro.gov.ua/page/?4943> (дата звернення 28.03.2020 р.).

## ПРО ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИЧНОЇ ХІМІЇ ЗА ЦИКЛОВИМ ЛАБОРАТОРНИМ ПРАКТИКУМОМ

*Камінський О.М.<sup>1</sup>, Чайка М.В.<sup>1</sup>, Чумак В.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Житомирський державний університет ім.І.Франка, [alexkamin@ukr.net](mailto:alexkamin@ukr.net)

Формування професійної компетентності сучасного фахівця – хіміка неможливе без оволодіння ним основами фізичної хімії. Саме фізична хімія забезпечує формування програмних результатів навчання з розуміння особливостей будови речовин, термодинамічних і термохімічних досліджень, вчення про швидкість хімічних реакцій і хімічну рівновагу, гетерогенних рівноваг у конденсованих системах, молекулярних розчинах, розчинах електролітів, електропровідності речовин і розчинів, електролізу тощо. Знання основ фізичної хімії також забезпечують майбутнього хіміка практичними вміннями та навичками професійної діяльності, в тому числі, вміннями графічно оформлювати одержані результати досліджень і проводити необхідні фізико-математичні розрахунки та обчислення.

Особливістю лабораторного практикуму з фізичної хімії є те, що практична підготовка включає два великі різнопланові, але надзвичайно важливі, блоки: перший становлять складні математичні обчислення при вивченні хімічних процесів, явищ, законів, а другий - застосування низки приладів та установок для вивчення фізичних закономірностей хімічних процесів. Викликом такого практикуму є необхідність достатньої кількості обладнання для забезпечення кожного студента можливістю набути необхідні професійні вміння.

Враховуючи сучасну матеріальну забезпеченість більшості закладів вищої освіти та надзвичайно стрімкий технічний розвиток приладобудування в Світі, а, відповідно, швидке старіння лабораторних приладів; викладачі фізичної хімії ЗВО покликані вирішити проблему недостатньої кількості в навчальних лабораторіях приладів, які використовуються в сучасних лабораторіях, тобто на робочих місцях сьогоdnішніх студентів - майбутніх хіміків. Особливо ця проблема загострюється за наявності підгруп, які містять в своєму складі більше десяти чоловік.

**Метою даної роботи** є: вивчення можливості використання циклового лабораторного практикуму при викладанні фізичної хімії для студентів спеціальності 102 Хімія.

При цикловій формі проведення лабораторних робіт вони поділяються на тематичні цикли, які відповідають модулям і змістовим модулям робочої програми з дисципліни. Студенти виконують лабораторні роботи за графіком, який розроблений і розміщений у робочому журналі з дисципліни. Кожен модуль ділиться на п'ять лабораторних робіт, а контингент навчальної підгрупи викладач ділить на декілька мікрогруп (як правило по 2, інколи 3 особи). Мікрогрупа виконує на кожному занятті одну з лабораторних робіт циклу. До кінця циклу всі студенти встигають виконати всі п'ять лабораторних робіт, тобто повною мірою оволодіти необхідними професійними компетентностями з теми. Така форма організації лабораторних робіт дозволяє забезпечити їх проведення при мінімальних матеріальних витратах, але можливості постійно оновлювати парк приладів, адже необхідним є придбання лише одного комплекту обладнання. З іншого боку реалізація циклового практикуму вимагає від викладача ґрунтовної організації групової діяльності студентів. Відсутність організації роботи в групі найчастіше призводить до утриманської поведінки частини студентів [1]. Щоб цього не відбувалося, студенти протягом одного циклу повинні виконати експериментальну роботу в мікрогрупі, але в індивідуальному порядку оволодіти теоретичним матеріалом з теми та здати викладачу винесені завдання контролю.

При цикловій формі організації лабораторних робіт загальний інструктаж обмежується організаційними вказівками, а функції формування освітньої діяльності кожної мікрогрупи на занятті виконують інструкції до окремої лабораторної роботи, зазначені в робочому журналі. Виконання лабораторних робіт студентами при цикловій формі та їх організація пов'язана з управлінням навчальною діяльністю в мікрогрупах [1].



Так, наприклад, організація роботи студентів за цикловою системою при вивченні Модуля «Агрегатні стани речовин. Газові закони» дозволяє виділити наступні лабораторні роботи:

**Лабораторна робота № 1. Експериментальне вивчення закону Бойля-Маріотта.**

**Лабораторна робота № 2. Визначення молярної маси леткої рідини.**

**Лабораторна робота № 3. Визначення молекулярної маси та густини газу методом відкачування.**

**Лабораторна робота № 4. Визначення рефракції і перевірка правила адитивності.**

**Лабораторна робота № 5. В'язкість рідин.**

**Завершення вивчення модуля відбувається в ході занять присвячених розв'язуванню задач із теми та написанню модульної контрольної роботи.**

Спочатку студенти працюють за цикловим практикумом, виконуючі лабораторні роботи № 1 – 5 за інструкціями, зазначеними в лабораторному практикумі та виконуючи необхідні розрахункові завдання.

Викладач виконує на такому занятті роль консультанта та контролює в індивідуальному порядку готовність кожного до проведення заняття.

Вивчення кожного наступного модулю відбувається в такому ж порядку.

Експериментально встановлено, що використання циклової системи у викладанні фізичної хімії підвищує ефективність засвоєння навчальної дисципліни студентами в середньому на 18,25 %, в порівнянні з класичною системою організації лабораторного практикуму та дозволяє раціонально використовувати матеріальні ресурси для підтримання парку приладів у актуальному для техніки стані.

Таким чином, використання циклової системи організації практикуму з фізичної хімії, зокрема, дозволяє наблизити матеріальну базу закладу вищої освіти до умов праці хіміків у сучасних лабораторіях і домогтися формування програмованих результатів навчання на достатньому рівні.

1. І. О. Казак. Теорія і методика викладання в вищій школі. Практикум з навчальної дисципліни [Електронний ресурс]. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 38 с.

Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25126/1/Kazak\\_I.O.-Teor.i.metod.navch.VSh.Prahytum2018.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25126/1/Kazak_I.O.-Teor.i.metod.navch.VSh.Prahytum2018.pdf)

## **ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ**

*Кардашева О. С., Анічкіна О.В.*

Житомирський Державний університет імені Івана Франка

[olgakardasevakapets@gmail.com](mailto:olgakardasevakapets@gmail.com)

Зміни, які відбуваються сьогодні в суспільстві, кардинально впливають на освіту. Розвиваються сучасні технології, інтерактивне та дистанційне навчання, відбувається модернізація змісту освіти. Але поряд із технічним розвитком все ж актуальною залишається проблема застосування інноваційних освітніх технологій у навчальному процесі для досягнення результатів навчання, імплементація технічної інноватики в педагогічний процес, створення методичного супроводу для використання гаджетів і девайсів із освітньою метою. Особливу цікавість цифровізація освіти становить для молодого вчителя – предметника, адже він і є інтегруючою ланкою між значним педагогічним досвідом вчителів і революційними засобами доступу до інформації учнів.

Вивчаючи тему «Хімічні реакції» учень повинен опанувати наступні результати навчання: визначати ступені окиснення елементів у сполуках за їхніми формулами; розрізняти реакції сполучення, заміщення, обміну, розкладу; окисно-відновні та реакції без зміни ступеня окиснення; екзо- та ендотермічні, оборотні й необоротні реакції; окисники і



відновники; валентність і ступінь окиснення елемента; складати хімічні формули бінарних сполук за ступенями окиснення елементів; рівняння найпростіших окисно-відновних реакцій на основі електронного балансу, термохімічні рівняння; рівняння оборотних і необоротних реакцій; характеризувати процеси окиснення, відновлення, сполучення, розкладу, заміщення, обміну; вплив різних чинників на швидкість хімічних реакцій; роль окисно-відновних процесів у довкіллі [3].

Такі знання дозволять учням наводити приклади основних типів хімічних реакцій; відновників і окисників із якими людина зустрічається в житті. Поряд із цим вони зможуть обґрунтовувати процеси окиснення й відновлення з погляду електронної будови атомів та висловлювати судження про значення хімічних реакцій та знань про них у природі, промисловості, побуті.

Понятійним ядром вивчення теми виступає поняття про хімічну реакцію та їх багаточисельні класифікації, тому надзвичайно важливим є доступне, зрозуміле та чітке формулювання цього поняття. Ураховуючи що учні вже стикалися з цим поняттям неодноразово при вивченні хімії і мають певні фрагментарні уявлення про нього особливу увагу слід приділити систематизації та узагальненню існуючих знань. Допомогти в вирішенні такого завдання на етапі вивчення нового матеріалу може метод групового дослідження. Так, клас ділиться на 5 груп (4 навчальні й 1 група експертів) у кожній із яких обирається керуючий. Групам надаються тексти з навчальною інформацією, що стосується ознак поняття «хімічна реакція» та класифікації хімічних реакцій за кількістю і складом реагентів та продуктів реакцій. Кожна навчальна група протягом 10 хвилин визначається в обговоренні щодо достовірності наданих даних. Група експертів працює з підручником та додатковою літературою й готує узагальнюючу інформацію. Після закінчення роботи кожна навчальна група звітує про результати проведеного аналізу, а група експертів оцінює отримані навчальними групами результати. Цей метод дає змогу учням навчитися працювати в команді, досліджувати та шукати нову інформацію, доповнювати наявну та самовиражатися.

Також важливим є і демонстрування експериментів, але на жаль нам добре відомо, що з об'єктивних і суб'єктивних причин проведення експерименту буває неможливим. У таких випадках можливе застосування відеодемонстрації з обов'язковим коментуванням вчителя всіх етапів експериментальної роботи. Мультимедійні засоби не можуть зовсім замінити справжньої, «живої» експериментальної роботи, але можуть стати ефективним засобом формування досвіду спостереження за хімічним експериментом [1].

Екран монітора комп'ютера, є віртуальним світом. У той час як учням надзвичайно важливо, якщо не спробувати на дотик, то хоча б побачити своїми очима не на екрані, а в дійсності. Але в тих випадках, коли на уроці справжній експеримент із різних міркувань неможливий, то для безпосереднього спостереження на уроці цю недостатність інформації може замінити відеодемонстрація [2]. Наприклад відеодемонстрація реакції розкладу, сполучення, заміщення, обміну, екзо- та ендотермічні реакції.

Вивчаючи ступінь окиснення учні навчаються складати хімічні формули бінарних сполук за ступенями окиснення елементів, таке вміння дозволяє усвідомити різницю між окисно-відновними реакціями та реакціями без зміни ступеня окиснення, тому актуальним є повторення такого пройденого матеріалу. Повторення можна провести з допомогою методу «мікрофон». Він дає змогу кожному висловити свою думку з того, як потрібно складати формули сполук, але питання для «мікрофону» ями пропонуємо відображати на мультимедійній дошці, з допомогою якої буде цікавіше проводити даний тип повторювання пройденого матеріалу. Також можна застосувати метод «мозковий штурм». Цей метод базується на використанні знань учнів, здобутих на попередніх уроках, він потребує від них короткої, швидкої точної відповіді, передбачає вислуховування ідей без їх обговорення. Цей метод можна провести у вигляді відео-вікторини.

Зазвичай вивчення екзотермічних і ендотермічних реакції відводиться незначна кількість часу, тому необхідно інтенсифікувати такий метод показавши навчальний фільм на

цю тему, адже навчальні фільми відтворюють ті чи інші процеси як у вигляді реальних спеціальних зйомок, так і тривимірної комп'ютерної графіки. А домашнім завданням із цієї теми буде реалізація одного з проєктів: «Ендотермічні реакції на службі людині», «Екзотермічні реакції в життєдіяльності живих організмів», «Енергетичний обмін людини – екзо- чи ендо-?» [3]. Спосіб презентування результатів проєктної діяльності учні обирають на власний розсуд.

Узагальнення знань можна провести в вигляді екскурсії на водоочисну станцію, реальної або віртуальної, де діти зможуть своїми очима побачити, які реакції відбуваються при очистці води [4].

Отже, нові методи, засоби, форми навчання, сучасні освітні технології допомагають учням у вивченні хімії, збільшуючи цікавість до процесу оволодіння знаннями, а вчителю – дозволяючи зробити урок яскравим, технологічним, інтенсивним. Вони допомагають зробити оволодіння таким надзвичайно абстрактним предметом, як хімія цікавим і наочним.

1. Анічкіна О.В. Можливості використання віртуальної хімічної лабораторії у формуванні експериментально-методичних вмінь студентів проводити шкільний хімічний експеримент / Актуальні проблеми державного управління, педагогіки та психології : збірн. наук. праць Херсонського національного технічного університету. – Херсон : Вид-во ПП “Олді-плюс”, 2015. – Вип. 1 (12). – С. 7–11. Режим доступу: <http://eprints.zu.edu.ua/19439/1/Anichkina1.pdf>

2. Баханов К. Інноваційні системи, технології та моделі навчання в школі: Монографія / К. Баханов.- Запоріжжя: Просвіта, 2000.-160 с.

3. Хімія : підруч. для 9 кл.загальноосвіт.навч.закл./М.М Савчин – К : Грамота , 2017 – 256с.

4. Програма для загальноосвітніх навчальнихзакладів. Хімія. 7-9 класи (оновлена) - К.:Видавничий дім «Освіта», 2013 зі змінами.

## **ДО ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «РОЗЧИНИ» В ЗАКЛАДІ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

*Ковальчук В.В., Анічкіна О.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[tinochka20kovalchuk@gmail.com](mailto:tinochka20kovalchuk@gmail.com)

Вивчення теми «Розчини» в закладі загальної середньої освіти вимагає значної теоретичної та практичної роботи як від вчителя, так і від учнів, адже тема є об'ємною та має ключове значення в оволодінні вміннями використовувати розчини різноманітних речовин і в навчальній, майбутній професійній, та навіть, в щоденній побутовій діяльності кожної людини.

При вивченні теоретичних відомостей про розчини особлива увага приділяється розгляду відомостей про будову молекули води, її властивостей; водних розчинів кислот, основ і солей та реакціям між ними з позиції електролітичної дисоціації; оволодінню поняттям про рН розчину, як показника якості харчової та іншої продукції. Тобто, тема «Розчини» покликана не лише озброювати учнів необхідними для вивчення хімії знаннями, а формувати вміння поводження з розчинами речовин, їх виготовлення та використання в побуті кожною людиною, тому є надзвичайно важливою та необхідною.

Досягнення результатів вивчення теми потребує раціонального застосування способів дій, методів і засобів навчання. Застосування різноманітних освітніх технологій: практикоорієнтованої, групової, проблемної, ігрової, тренінгової дозволяє раціональним шляхом досягти поставленої мети. У сучасних умовах важливим методичним орієнтиром є формування в учнів уміння вчитись і його реалізація в самостійній навчальній діяльності. Пріоритетний вибір методики навчання належить учителям [4].

Значний теоретичний матеріал про дисперсні системи, їх різновиди, класифікацію розчинів, компоненти розчину потрібно максимально унаочнити, оскільки, кожна людина контактує з величезною кількістю розчинів інколи навіть не усвідомлюючи цього. Для того, щоб проілюструвати теоретичний матеріал зоровими образами можна використати електронні засоби навчання: відеодемонстрації, презентації, навчальні фільми тощо. Наприклад, на початку вивчення теми можна показати фільм про дисперсні системи, їх класифікацію. Також можна запропонувати учням самостійно зробити фільм про розчини (в межах виконання навчального проекту) та їх використання людиною. Тоді матеріал сприймається краще, учні не лише опрацьовують теоретичний матеріал, а й самостійно шукають необхідну інформацію, інтегрують вміння використовувати комп'ютери та реалізовувати опановані хімічні знання, набувають досвід презентування результатів власної діяльності перед аудиторією.

Особливе місце в ході вивчення теми відводиться вивченню водневого зв'язку. Потрібно щоб учні засвоїли будову водневого зв'язку, механізм його утворення, його характеристики та те, як він впливає на властивості речовини [2]. Для покращення процесу засвоєння складного та достатньо абстрактного матеріалу можна використати різноманітні творчі завдання. Наприклад, запропонувати учням попрацювати в групах. Клас ділиться на три групи. Одна група досліджує спільні та відмінні властивості водневого та ковалентного зв'язків, друга – водневого та йонного зв'язків, третя – водневого та металічного зв'язків, наводячи конкретні приклади речовин і з кожним типом зв'язку. Потім кожна група представляє результати роботи перед усім класом й учні мають можливість прийняти участь у дискусії. Такий метод згуртовує клас, формує вміння працювати в команді.

Наступним етапом є вивчення кристалогідратів. У багатьох учнів виникають проблеми при розв'язуванні задач на кристалогідрати. Особливість розрахункових задач із кристалогідратами полягає в тому, що в розчині розчиненою речовиною є сіль – складова кристалогідрату. Тобто, необхідно робити перерахунок з маси кристалогідрату на масу безводної солі, яка й буде розчиненою речовиною [3]. Для того, щоб матеріал був краще засвоєний можна використовувати метод проектів. Проекти розробляються учнями індивідуально або в групах, учитель може надавати консультацію щодо планування, визначення мети, завдань і методики дослідження, пошуку інформації, координувати хід виконання проекту.

Слід звернути увагу на те, що бажано щоб проектна робота була експериментальною, тобто мала втілення в роботі з реальними об'єктами в навчальній або домашній хімічній лабораторії. Тривалість проекту – різна: від уроку (міні-проект), кількох днів (короткотерміновий проект) до року (довготерміновий). Результати досліджень учні представляють у формі мультимедійної презентації, доповіді (у разі необхідності – з демонстрацією хімічних дослідів), моделі, колекції, буклету, газети, статистичного звіту, тематичного масового заходу, наукового реферату (із зазначенням актуальності теми, новизни і практичного значення результатів дослідження, висновків) тощо. Презентація й обговорення (захист) проектів відбувається на спеціально відведеному уроці або під час уроку з певної теми [4].

Розв'язування розрахункових задач у темі «Розчини» є значним блоком навчального матеріалу. Для формування вмінь розв'язувати такі задачі можна застосувати роботу в групах і творчі завдання. Наприклад, можна влаштувати змагання на швидкість і правильність розв'язування задач «Хто швидше», запропонувати учням самостійно скласти задачі та розв'язувати їх, а також можна організувати змагання на найкоротший або найоригінальніший спосіб розв'язку задачі. Ці методи допоможуть закріпити знання та навички, розвинути логіку і математичні здібності.

Вивчення даної теми розвиває практичні навички, адже програмою передбачено велику кількість демонстрацій та лабораторних експериментів. Учні навчаються виконуючи лабораторні дослідження готувати розчини, визначати рН середовища, визначати речовини та досліджують чинники, які впливають на розчинність речовин. Також необхідно приділити

увагу дослідям, які демонструють теплові явища при розчиненні речовин [4]. Аналіз сучасного стану експериментальної роботи в школі дозволяє визначити його як незадовільний, а це є неприпустимим, особливо при вивченні розчинів. Вчителі називають велику кількість причин невиконання експерименту при вивченні розчинів: недостатність реактивів, посуду, обладнання; недостатність часу на вивчення теми; можливість самостійного перегляду учнями віртуальних експериментів; потреба в часі для інтенсифікації роботи з розв'язування розрахункових задач; відсутність методичної літератури з експериментальної роботи тощо. Але найактуальнішою залишається проблема незабезпеченості закладів загальної середньої освіти реактивами, посудом і обладнанням.

Проведене нами дослідження дозволяє стверджувати, що більшість реактивів необхідних для виконання всіх демонстраційних експериментів можна замінити доступними, ужитковими речовинами. Також, це дозволяє урізноманітнити учнівський домашній експеримент, який є обов'язковим для виконання учнями закладу загальної середньої освіти [1]. У такому випадку учні побачать, що дивовижні перетворення можна зробити і вдома, а реактивами можуть бути навіть продукти харчування, хімія знаходить навколо нас повсюди.

1. Анічкіна О. В. Використання домашнього експерименту з хімії у підготовці майбутніх вчителів / О. В. Анічкіна // Матеріали V регіон. наук.-практ. конф. "Житомирські хімічні читання – 2016". – Житомир. – 2016. – С.108-112. <http://eprints.zu.edu.ua/21865/1/%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BA%D1%96%D0%BD%D0%B0.pdf>

2. Григорович О. В. Хімія : підруч. для 9 класу загальноосвіт. навч. закл. — Харків : Вид-во «Ранок», 2017.

3. Савчин М. М. Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. — К. : Грамота, 2017.

4. Хімія. Навчальна програма з хімії для загальноосвітніх навчальних закладів.

## **МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ПОЧАТКОВІ ПОНЯТТЯ ПРО ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ (КАРБОНОВІ КИСЛОТИ, ЖИРИ, ВУГЛЕВОДИ)» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

*Ковальчук Н.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[Kovalcukn1998@gmail.com](mailto:Kovalcukn1998@gmail.com)

Основними методологічними основами підчас навчання хімії у закладі загальної середньої освітньому надалі залишається формування ключової та предметної хімічної компетентності. Компетентісний потенціал даного предмета досі залишається у формі переліку знань, умінь і навичок, які відповідають ключовим компетентностям, які були розкриті у програмі навчання. Цей перелік стосується і рівня навчання у середній школі для таких тем як: карбонові кислоти, жири і вуглеводи. Змістові лінії не повністю відображають ключові компетентності, хоча і тісно пов'язані з ними. Питання, які залишаються змістовою основою для формування цих компетентностей у 9 класі [1].

В сучасному закладі середньої освіти найпоширеніший це Рівень стандарту, адже не всі школи в даний час були перекваліфіковані у профільні школи. Дані теми мають описовий характер, вони набувають лише теоретичного підґрунтя завдяки ознайомленню з теорією хімічної будови органічних сполук, також структурною ізомерією, новими функціональними групами. В даній темі розширюється основна база змісту: хімічні властивості речовин, методи добування речовин і галузі застосування їх в побуті та в промисловості. Дана структура розділу дає змогу учням скласти повне цілісне уявлення про органічні сполуки, їхні реакції, а також усіх галузей органічної хімії в загальному, на основі теоретичних знань встановлюються зв'язки між будовою і властивостями речовин.

**Відповідність навчального змісту ключовим компетентностям тем**

<b>Ключова компетентність з даних тем</b>	<b>Предметний зміст, що відповідає ключовим компетентностям даних тем</b>
<b>Виклад матеріалу державною мовою</b>	Тлумачення хімічних термінів, символів, понять; класифікація і номенклатура карбонових кислот, жирів, вуглеводів
<b>Математична компетентність</b>	Усі розрахункові задачі, що використовуються у темах; правильність написання структурних формул; також пояснення усіх таблиць, графіків а також діаграм.
<b>Інформаційно-цифрова компетентність</b>	Віртуальні хімічні експерименти які визначені темою; Презентації з тем; 3D-моделі молекули органічних сполук
<b>Уміння вчитися впродовж життя</b>	Новий матеріал як об'єкт пізнання учнями; текст і позатекстовий матеріал підручника; додаткова інформація; навчальні проекти які учні можуть самостійно виконати; допоміжні тренувальні вправи
<b>Комунікабельність учнів</b>	Спільні навчальні проекти між учнями; екскурсії які стосуються даних тем
<b>Соціальна та громадська компетентність</b>	Відповідальність за збереження довкілля від шкідливих викидів органічних речовин під час зберігання; також соціально значущі проекти які учні можуть виконати в групах
<b>Екологічна грамотність і здорове життя</b>	Правила безпечного поводження з органічними сполуками й матеріалами в лабораторії і в побуті; навчити учнів до збереження природних ресурсів; збереження довкілля під час добування і застосування органічних сполук; біологічне значення жирів та вуглеводів

**1.Тема: Карбонові кислоти ( етанова кислота):** Дана тема має значне навантаження для учнів, адже в цій темі вивчається велика кількість функціональних груп, а також їхнього впливу на властивості речовин. З допомогою цієї теми учні можуть збагатити своє уявлення про структурну ізомерію, реакції окиснення й відновлення органічних сполук, а також міжмолекулярна взаємодію, хімічну рівновагу.

Було встановлено внутрішньопредметні зв'язки між карбоновими кислотами та вуглеводнями, близькими значеннями молекулярних мас речовин; властивостями одноосновних та багатоосновних карбонових кислот.

Можна використати презентацію про «Властивості етанової кислоти в побуті і в промисловості », додавши до неї демонстраційні досліди: виявлення властивостей етанової кислоти; взаємодія етанової кислоти з харчовою содою; виявлення кислотних властивостей етанової кислоти.[2]

**2. Тема: Жири:** По-перше, з курсу біології учні вже знають про важливу роль жирів у життєдіяльності організму, по-друге в курсі хімії учні можуть вивчити відмінності між рідкими та твердими жирами, також учні впродовж вивчення теми можуть дізнатися про властивості жирів і що таке мило.

Учням можна пояснити матеріал за допомогою презентації про Властивості жирів. Перевірити хімічні властивості за допомогою демонстраційних дослідів таких як: омилення жирів, а також гідроліз жирів. Також учням представлена класифікація жирів, у вигляді схем. За допомогою 3D-моделей можна показати будову молекул жиру.[4]

**3. Тема: Вуглеводи:** на уроці біології учні вже почали розглядати властивості вуглеводів в основному на прикладі: глюкози, сахарози, крохмалю і целюлози. Під час вивчення даної теми учні матимуть змогу розрізнити основних представників вуглеводів. Методичної уваги в основному потребують хімічні властивості глюкози, а також реакції гідролізу сахарози, крохмалю, целюлози. В даній темі було б доречним розглянути

міжпредметні зв'язки, процес окиснення в клітинах організму, а також розглянути презентацію як добувають цукор з цукрового буряка.

Потрібно розглянути за допомогою таблиць застосування вуглеводів у різних галузях промисловості, де найчастіше зустрічається у природі, представити учням виготовлення проекту наприклад в яких галузях використовуються вуглеводи. З усіх цих питань учні також можуть самостійно підготувати низку різних повідомлень які можна представити потім на уроці [3].

Через скорочення хімічних експериментів у програмі, було запропоновано замінити їх на віртуальні експерименти. Також для учнів можна використати додаткові завдання, щоб вони могли тренуватися і запам'ятовувати при написанні рівнянь з даних тем. Також для учнів можна запропонувати навчальні проекти за які вони можуть отримати додаткові бали. Такими проектами можуть бути: друге життя паперу; виготовлення мила з мильної основи; склад жувальної гумки; джерела органічного забруднення території .

Методичні орієнтири навчання хімії на рівні стандарту повинні формувати ключові компетентності з використанням навчального предмету; формування предметної цілісності в сукупності з навчальною діяльністю і знанням; використання інформаційних технологій; організація проектної діяльності учнів.

1. Стаття Величко Л.П. «Про навчання хімії в старшій школі у 2018/2019 навчальному році». Режим доступу: <https://mobiologisolom.jimdofree.com/app/>

2. Савчин-М.-М. Хімія : під руч. для 9 кл. за галь но ос віт. навч. закл. / М. М. Сав- чин. — К. : Гра мо та, 2017. С. 174-178.

3. Хімія: підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закладів / О. Г. Ярошенко. — К. : УОВЦ «Оріон», 2017. С.178-186.

4. Хімія : підручник для 9 кл. загальноосвітніх навчальних закладів з українською мовою навчання. / О. Березан. — Тернопіль : Підручники і посібники, 2017. С. 168-173.

## **МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ВУГЛЕВОДНІ (ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ)» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ СЕРЕДНЬОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ**

*Левків А.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[andriilevkiv@gmail.com](mailto:andriilevkiv@gmail.com)

Навчання хімії зорієнтовано на досягнення державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів. Ідеться не лише про засвоєння хімічних понять, законів, теорій, а й осмислене використання знань учнями, формулювання ними оцінних суджень, виявлення власного ставлення у різних життєвих ситуаціях. Реалізувати завдання, можна за умови, якщо навчально-виховний процес в школі буде «спрямовано на розвиток активності, самостійності, творчих можливостей кожного школяра, оскільки суспільство потребує особистостей, здатних свідомо діяти, приймати власні рішення, швидко адаптуватися до змін. Сьогодні актуалізується поняття «діяльнісний підхід». Зокрема, у новому Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти вказано [1], що діяльнісний підхід спрямований на розвиток умінь і навичок учня, застосування здобутих знань у практичних ситуаціях, пошук шляхів інтеграції до соціокультурного та природного середовища.

Тема «Вуглеводні» є дуже об'ємною і складною для пояснення, проте вона відіграє важливу роль у нашому повсякденному житті. Для викладання даної теми учням, потрібно дотримуватись низки стандартів та вимог. Необхідно створити і нові умови для продуктивного навчання, результатом якого є учень, який набуває ключові життєві та професійні компетентності і в цьому повинен йому допомогти компетентний педагог, який має високий рівень педагогічної майстерності.



Приступаючи до вивчення розділу «Вуглеводні», необхідно звернути увагу на те, що цей клас органічних сполук є фундаментом всього курсу органічної хімії; тому від засвоєння кожної групи вуглеводнів залежить засвоєння всіх класів органічних сполук: спиртів, кислот, ефірів, жирів, вуглеводів та ін. Вчителю слід мати на увазі, що в даному розділі формуються багато теоретичних понять, необхідних для успішного засвоєння всього курсу органічної хімії. Тому матеріал про вуглеводні необхідно ретельно відпрацьовувати, привертаючи різні наочні засоби, використовуючи велике число вправ.

Вивчення теми «Вуглеводні» починають з повторення первинних відомостей, отриманих по теорії хімічної будови органічних сполук; це ж стосується електронної природи хімічного зв'язку. Разом з тим продовжується розвиток знань про теорію будови: вводиться поняття про гомологи (гомолог, гомологічний ряд, гомологічна різниця), уявлення про  $sp^3$ -гібридизацію, тетраедричну будову атома Карбону, характерну для всіх насичених вуглеводнів; розвивається ідея залежності властивостей речовин від будови, використання речовин в залежності від їх властивостей; взаємний вплив атомів одержує свій розвиток на прикладі органічних речовин – галогенпохідних насичених вуглеводнів. Розгляд залежності будова – властивості – використання на прикладі насичених вуглеводнів дозволяє розкривати причинно-наслідкові зв'язки. Власне, в самій структурі викладу теми закладені причинно-наслідкові зв'язки, які повинні засвоїти учні. Знання цих зв'язків дозволить уникнути зубріння.

Учні повинні зрозуміти зв'язок між кількісними і якісними змінами в гомологічному ряду та провести аналогію з вивченим матеріалом з неорганічної хімії. Подібно тому, як в періодичній системі хімічних елементів у міру збільшення заряду ядра атома змінюються властивості елемента, так і у випадку насичених вуглеводнів накопичення однакових груп атомів  $CH_2$  веде до появи нового вуглеводня, нової якості.

Отже, пріоритетним напрямом, який має бути при вивченні органічної хімії, а саме теми «Вуглеводні» – це розвиток логічної пам'яті, який базується на розумінні, передбаченні, осмисленні інформації, тобто на свідомому засвоєнні матеріалу, що ґрунтується на узагальнених і систематизованих асоціаціях, які відображають найбільш важливі і суттєві сторони та відношення об'єктів.

1. Методика викладання хімії: методичні вказівки та завдання для самостійної роботи / О. Е. Марцинко. Под.ред. проф. І. Й. Сейфулліної – Одеса: «Одеський національний університет імені І. І. Мечникова», 2015. – 60 с.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ III-A ГРУПИ НА ПРОФІЛЬНОМУ РІВНІ В ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

*Мельник Н.С., Анічкіна О.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[melnyknataliya10@gmail.com](mailto:melnyknataliya10@gmail.com)

Хімічні знання створюють підґрунтя реалістичного ставлення до навколишнього світу, в якому вагоме місце посідає взаємодія людини і речовини, сприяють розкриттю таємниць живого через пізнання процесів життєдіяльності організмів на молекулярному рівні. Разом з іншими предметами хімія покликана реалізувати мету загальної середньої освіти, розв'язувати завдання розвитку особистості, формування наукового світогляду, життєвої і соціальної компетентностей учня, відповідно до обраних напрямків і профілів навчання.

Профільне навчання хімії забезпечує загальноосвітню та початкову допрофесійну підготовку випускників спеціалізованих класів, які мають бажання обрати майбутню професію з використанням хімічних знань (у тому числі на інженерні й робітничі професії хімічного та споріднених виробництв) і сприяє вихованню особистості, здатної до самоосвіти і творчої самореалізації



За такими хімічними профілями: агрохімічний, фізико-хімічний, біолого-хімічний, хіміко-технологічний, передбачене навчання. Опанування знань, порівняно з рівнем державного стандарту, глибше й повніше. Учні забезпечуються високим рівнем хімічної підготовки як у теоретичному, так і в прикладному аспекті. Основним способом забезпечення останнього є хімічний експеримент, для проведення якого необхідна добре обладнана лабораторія, набір хімічних реактивів, підведення води та електричного струму тощо.

Важлива роль у забезпеченні науковості змісту і методів профільного навчання хімії належить науковим ресурсам Інтернет.

Використання комп'ютерних моделей дозволяє розкрити істотні зв'язки об'єкту, що вивчається, глибше виявити його закономірності, що, в результаті, призводить до кращого засвоєння матеріалу. Досліджувати явище, змінюючи параметри, порівнювати отримані результати, аналізувати їх, робити висновки. Наприклад, у лабораторній роботі, віртуальній хімічній лабораторії, відеопрезентації. Реалізація принципу систематичності та послідовності в профільному навчанні хімії можлива у тих засобах навчання, що передбачають покрокове подання навчального матеріалу, насамперед – мультимедійних засобів (електронні підручники, презентації та ін.).

Програмою передбачено підготовку учнів з хімії на рівні, що забезпечує наступність між загальною середньою та професійною освітою.

Тому, перш ніж розпочати вивчення неорганічної хімії, програмою передбачено як повторення основних хімічних понять, так і поглиблення їх змісту й розширення обсягу, а також уведення деяких нових хімічних понять. Зміст програми складають три розділи.

### III розділ “Металічні елементи та їхні сполуки”.

Тема “Металічні елементи III – A групи” представником цієї групи є Алюміній. Розглядається за такою структурою: загальна характеристика хімічного елементу, поширення в природі, фізичні та хімічні властивості, взаємодія з неметалами, водою, кислотами, та оксидами металічних елементів, гідроксид Алюмінію та застосування сполук Алюмінію Вплив елемента та його сполук на організм людини і довкілля [1].

Практична частина представлена рубриками “Розрахункові задачі”, “Демонстрації”, “Лабораторні досліді”, “Практичні роботи”, а також рубрикою “Навчальні проекти”.

Отже, освоєння теми “Металічні елементи III – A групи” орієнтовано на розширення, та поглиблення знань учнів здобутих у процесі навчання, а накопичені знання дозволять краще аналітично мислити, аналізувати та розв'язувати нестандартні хімічні, екологічні, токсикологічні проблеми, які нині все частіше виникають, а також розробляти пріоритетні напрямки подолання негативних антропогенних чинників.

1. Програма з хімії для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти. Профільний рівень (затверджена наказом МОН України від 10.2017 № 1407). Програму розміщено на офіційному веб-сайті Міністерства (<https://goo.gl/fwh2BR>).

2. Профільне навчання з хімії / Упоряд. Г. Мальченко. – К.: Вид. дім “Шкіл. світ”: вид. Л. Галіцина, 2005. – 128 с. – (Б-ка “Шкіл. Світу”).

3. Хімія: Підручник для 10 класу загальноосвітніх навчальних закладів (профільний рівень) / [Буринська Н. М., Депутат В. М., Сударева Г. Ф., Чайченко Н. Н.] – К.: Педагогічна думка, 2010. – 352 с.

## МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ОКСИГЕНОВМІСНІ СПОЛУКИ: ЕСТЕРИ, ЖИРИ, МИЛО, ВУГЛЕВОДИ (ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ)» В СУЧАСНИХ ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ

*Надзьон Е.І., Бойчук І.Д.*

Житомирський державний університет ім.І.Франка

[elyanadzen16@gmail.com](mailto:elyanadzen16@gmail.com)

Національна доктрина розвитку освіти України в ХХІ сторіччі одним із пріоритетних напрямів удосконалення освітньої системи визначила «оновлення її змісту та форм організації навчально-виховного процесу» [4].

Сучасний стан розвитку хімічної науки та теорії і методики навчання хімії висувають підвищені вимоги до оновлення змісту хімічної освіти, удосконалення програм і підручників, доповнення навчальної літератури посібниками, призначеними розвивати в учнів інтерес до цієї дисципліни, проведення інтеграції та диференціації знань, формування у школярів цілісних знань про хімічні явища і роль хімії. Особливе місце в сучасних дослідженнях займає методичне забезпечення викладання цього предмета.

Знання основ органічної хімії необхідні сучасній освіченій людині. Вивчення органічних речовин поглиблює розуміння учнями навколишнього світу, процесів, завдяки яким існує життя на Землі, оскільки сполуки вуглецю становлять основу живих організмів. Знання про органічні сполуки важливі і для розуміння завдань, висунутих науково-технічним прогресом, адже досягнення в галузі органічної хімії багато в чому визначають розвиток промисловості синтетичних матеріалів, лікарських препаратів, агропромислового комплексу тощо. Ознайомлення з основними принципами сучасного промислового виробництва органічних речовин вводить учнів у курс проблем економіки народного господарства, раціонального використання природних багатств, охорони навколишнього середовища, сприяє вихованню учнів.

Вивчення органічних речовин сприяє розумовому розвитку учнів, формуванню таких прийомів розумової діяльності, як аналіз, синтез, узагальнення. На основі теоретичних знань учні мають змогу не лише описувати і пояснювати структуру і властивості речовин, а й висловлювати судження прогностичного характеру, тобто, виходячи з будови невідомої сполуки, робити висновок про її властивості та можливості застосування і навпаки.

Відповідно до програми з хімії для закладів загальної середньої освіти за 2017 р. тема «Оксигеновмісні сполуки» розглядається у 9 класі після вивчення таких тем: «Розчини», «Хімічні реакції», «Початкові поняття про органічні сполуки» та продовжується вивчатись в профільній школі в 10 класі [2, 3]. Аналіз навчальної програми для закладів загальної середньої освіти з хімії 10-11 клас профільного рівня дає можливість стверджувати, що значну увагу приділено вивченню біологічно активних речовин – жирам, вуглеводам, білкам, нуклеїновим кислотам, взаємозв'язку їхніх складу, будови, рівнів структурної організації з біологічними функціями [3].

Поняття про оксигеновмісні сполуки формується у темі «Початкові поняття про органічні сполуки» [2]. Вивчення теми «Оксигеновмісні сполуки» розпочинається із вивчення етанолу, гліцеролу та етанової кислоти. Далі вивчаються жири, вуглеводи, глюкоза, сахароза, крохмаль та целюлоза. Опіраючись на отримані знання учні роблять висновки, що оксигеновмісні сполуки відіграють визначальну роль у функціонуванні живих організмів — рослин і тварин, входять до складу їжі (це відомі нам жири і вуглеводи), є основою деревини, з них виготовляють папір, волокна, вони є складниками мила та інших мийних засобів, ліків тощо.

Важливим джерелом знань, засобом формування експериментальних умінь і дослідницьких навичок, створення проблемних ситуацій, розвитку мислення, спостережливості та допитливості є хімічний експеримент і розв'язування задач. Виходячи з можливостей кабінету хімії та беручи до уваги токсичність речовин і правила безпеки,

учитель на свій розсуд може доповнити хімічний експеримент, як демонстраційний, так і лабораторний.

Тема «Оксигеновмісні сполуки: естери, жири, мило, вуглеводи» є дуже об'ємною і складною для пояснення, також вона відіграє важливу роль у нашому повсякденному житті. Для викладання даної теми учням, потрібно дотримуватись низки стандартів та вимог. Необхідно створити і нові умови для продуктивного навчання, результатом якого є учень, який набуває ключові життєві та професійні компетентності і в цьому повинен йому допомогти компетентний педагог, який має високий рівень педагогічної майстерності [1].

В даній темі учням пропонується для виконання ціла низка цікавих проєктів:

Хімія запаху;

Створення колекцій (з описом-рефератом до них):

а) жири природні та синтетичні,

б) мило та мийні засоби,

в) вуглеводи.

Вуглеводи у харчових продуктах: виявлення і біологічне значення.

Збалансоване харчування.

Волокна натурального рослинного походження: їхні властивості, дія на організм людини, застосування [3].

Метод проєктів завжди зорієнтований на самостійну діяльність учнів — індивідуальну, парну, групову, яку вони виконують протягом визначеного часу. Діти вчаться на власному досвіді й досвіді своїх товаришів, бачать результати своєї власної діяльності.

У цій темі учні застосовують набуті знання про реакції складних ефірів, властивості кратних зв'язків. А тому вивчення матеріалу можна побудувати у вигляді бесіди. Звертається увага на залежність властивостей жирів від складу і хімічної будови кислот, з яких вони утворені.

У цілому, викладання теми Оксигеновмісні сполуки: естери, жири, мило, вуглеводи має важливе значення для формування знань і практичних навичок з хімії в учнів. Воно базується на цілісному комплексі взаємопов'язаних етапів формування знань і навичок щодо вивчення естерів, жирів, мила та вуглеводів.

1. Методика викладання шкільного курсу хімії: Посібник для вчителя / Н. М. Буринська, Л. П. Величко, Л. А. Липова та ін.; За ред. Н. М. Буринської. – К. : Освіта, 1991. – 350 с.

2. Навчальна програма з хімії для загальноосвітніх навчальних закладів 7-9 клас // База даних «Міністерство освіти і науки України» // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas> (дата звернення 01.04.2020).

3. Навчальна програма з хімії для загальноосвітніх навчальних закладів (провільний рівень, 10-11 клас) // База даних «Міністерство освіти і науки України» // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas> (дата звернення 01.04.2020).

4. Національна доктрина розвитку освіти : затверджена Указом Президента України від 17 квітня 2002 р. № 347/2002 // Освіта України. – 2002.

## МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ЕЛЕМЕНТИ IV-A ГРУПИ (ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ)» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ СЕРЕДНЬОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ

*Піддубний В.В.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[vadum11061998@ukr.net](mailto:vadum11061998@ukr.net)

Відповідно до навчальної програми з хімії для учнів 10-11 класів закладів середньої профільної освіти, що затверджена наказом МОН України від 23.10.2017 № 1407, тема «Елементи IV-A групи» вивчається в 11 класі в розділі «Неметалічні елементи та їхні сполуки». Дана навчальна програма позбавлена поурочного поділу, тому вчитель відповідно до методичних особливостей викладання зазначеної теми самостійно розподіляє навчальні години і визначає послідовність пояснення навчального матеріалу, але так, щоб не порушувалась логіка його викладу [1].

З основної школи учні вже мають певні знання про неорганічні речовини, їх основні класи, закономірності перебігу хімічних реакцій, розчини. Проте цих знань недостатньо для того, щоб розуміти всі особливості теми «Елементи IV-A групи». Отже, методично правильно буде розпочати з повторення основних хімічних понять та поглибити їх зміст й розширити обсяг знань, а також вводити деякі нові хімічні поняття. Тому зміст програми з хімії для 11 класу за профільним рівнем складається з трьох розділів. В першому розділі повторюються та поглиблюються найважливіші теоретичні питання з курсу хімії основної школи, знання про будову атома, збуджений стан атома, електронну конфігурацію атомів елементів IV періоду Періодичної системи, про будову речовини та окисно-відновні реакції, їх типи, а також вивчення нового поняття «гідроліз солей», а в другому та третьому розділах вивчаються «Неметалічні елементи та їхні сполуки», «Металічні елементи та їхні сполуки» [1, 2].

Особливостями методики викладання навчального матеріалу з теми «Елементи IV-A групи» є структурування, і забезпечення логічної послідовності викладу за алгоритмом:

- ✓ положення елемента в періодичній системі;
- ✓ будова атома та його характеристики;
- ✓ будова простої речовини та її фізичні й хімічні властивості;
- ✓ склад, будова, фізичні та хімічні властивості найважливіших сполук;
- ✓ поширення у природі та біологічна роль елементів;
- ✓ добування і застосування, вплив елементів та їх сполук на організм людини і довкілля.

Саме тому особливістю вивчення даної теми є ознайомлення учнів спочатку з розділом «Загальна характеристика елементів IV-A групи», який розглянемо більш детально. Під час вивчення тем учні повинні знати: що до елементів IV-A групи Періодичної системи Менделєєва належать: Карбон C, Силіцій Si, Германій Ge, Станум Sn та Плюмбум Pb, і що в основному стані в атомів електронна конфігурація зовнішнього шару  $ns^2np^2$ . Розуміти, що у ряду C – Si – Ge – Sn – Pb атомні радіуси збільшуються, енергія іонізації і відносна електронегативність зменшуються, відбувається послаблення неметалічних, посилення металічних властивостей, тому Карбон і Силіцій є типовими неметалами, Германій – перехідний елемент, Станум і Плюмбум є типовими металами. Стійкість сполук із вищим ступенем окиснення максимальна для Si та поступово зменшується в ряду Ge – Sn – Pb і навпаки, стійкість сполук зі ступенем окиснення +2 збільшується. Це відбувається тому, що у групі зверху донизу міцність ковалентних зв'язків зменшується і призводить до того, що валентність II стає більш характерною. Учні повинні знати, що неорганічні сполуки Pb (IV) є сильними окисниками, тоді як сполуки Si (IV) практично не проявляють окиснювальних властивостей і навпаки, сполуки Si(II), Ge(II), Sn(II) є сильними відновниками, тоді як для Pb (II) відновні властивості не характерні. Кількість валентних електронів в атомі Карбону дорівнює кількості валентних орбіталей і зв'язок C–C виходить міцним, але подвоєні та

потроєні значення енергії одинарних С–С  $\sigma$ -зв'язків значно перевищують енергії подвійних та потрійних зв'язків, тому Карбон має здатність до утворення ланцюгових, лінійних, розгалужених та циклічних молекул. До утворення ланцюгів здатні й інші елементи цієї підгрупи, однак із ростом атомного радіуса перекриття  $p$  зв'язків послаблюється, а міцність одинарних зв'язків Е–Е та довжина ланцюгів  $E_n$  зменшуються. Саме тому для кремнію та інших елементів відсутні модифікації зі структурою графіту, а також сполуки, подібні ацетилену  $HC\equiv CH$  та етилену  $H_2C=CH_2$  [3, 4].

Наступним етапом методики викладання є ознайомлення учнів з розділами: знаходження у природі елементів IV – А групи; фізичні властивості та алотропія простих сполук елементів IV – А групи; способи добування простих сполук елементів IV – А групи; хімічні властивості простих сполук елементів IV – А групи; властивості складних сполук елементів IV – А групи; застосування сполук елементів IV – А групи.

Профільне навчання хімії повинно орієнтувати учнів на вибір професії, у тому числі й на інженерні та робітничі спеціальності хімічного та споріднених виробництв, що потребує використання спеціальних хімічних знань. Саме тому однією з найважливіших особливостей методики викладання теми «Елементи IV – А групи» є правильний розподіл часу на вивчення окремих тем і вдало вибраний алгоритм викладання [5].

1. Міністерство освіти і науки України : Навчальні програми для 10-11 класів [Електронний ресурс]: <https://goo.gl/fwh2BR>

2. Хімія: довідник для абітурієнтів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів: навчально-методичний посібник / М. В. Гриньова, Н. І. Шиян, Ю. В. Самусенко [та ін.]. – К.: Літера ЛТД, 2012. – 464 с.

3. Неорганічна хімія. Конспект лекцій : [Електронний ресурс]: [https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg\\_him\\_konspekt/80.html](https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/80.html)

4. Загальна характеристика - Subject.Com.Ua : [Електронний ресурс]: <https://subject.com.ua/chemistry/zno1/140.html>

5. Анічкіна О.В. Формування вмінь проведення хімічного експерименту в школі майбутніми вчителями природничих дисциплін [Текст] : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Анічкіна Олена Василівна ; Ін-т педагогіки НАПН України. – Київ, 2016. – 20 с. : рис., табл.

6. Анічкіна О.В. На шляху до хімічної старт-освіти // Інноваційна педагогіка. – 2019. – Том 1. – Випуск 12. – С. 9-13

## **МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «РОЗЧИНИ (ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ ДИСОЦІАЦІЇ)» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДЬОЇ ОСВІТИ**

*Серветник А.М., Бойчук І.Д.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[an\\_netii@ukr.net](mailto:an_netii@ukr.net)

Учбовий процес у сучасній школі відповідно до вимог суспільства повинен виконувати три найважливіші функції: освітню, виховну і розвиваючу. Вчитель хімії повинен озброїти учнів знаннями основ хімічної науки, розвивати їх здібності, формувати науковий діалектичний світогляд. Для цього потрібно застосовувати знання і вміння в області педагогіки, психології, хімії і методики її викладання з метою вирішення конкретних навчально-виховних задач. Ці професійні вимоги до вчителя визначають методичні особливості викладання хімії в сучасному закладі середньої базової освіти [1].

Курс хімії 9-го класу починається темою «Розчини», яка становить його теоретичну основу. Вивчення цієї теми спрямоване на логічний взаємозв'язок з попереднім матеріалом, на узагальнення знань про види хімічного зв'язку і типи кристалічних решіток, на

встановлення залежності електролітичної дисоціації різних речовин від їх будови і природи розчинника, на поглиблення поняття про електроліти і неелектроліти. Під час вивчення теми учні ще раз переконуються в об'єктивно існуючій закономірності – залежності властивостей речовин від їх складу і будови.

Освітня мета теми - сформулювати поняття про сутність, механізми, умови процесу дисоціації, поняття про речовини-електроліти, про поведінку іонів в розчині і про реакції між ними. В процесі вивчення даної теми глибше розкривається суть процесу розчинення речовин як складного фізико-хімічного явища, поглиблюються знання учнів про основні класи неорганічних сполук на електронно-іонному рівні узагальнення. Засвоївши основи теорії електролітичної дисоціації, учні глибше зрозуміють механізм перебігу реакцій між розчинами електролітів і суть хімічних процесів. Відбувається поглиблення знань про типи хімічних реакцій, розвиваються знання про хімічні рівняння іонного обміну і окиснення – відновлення. Тема слугує теоретичною платформою, що сприяє розвитку вчення про періодичність, вносить додаткові уявлення в систему знань про будову речовини і базується на вже відомій учням теорії хімічного зв'язку. У ній показано, під впливом яких причин може статися розрив зв'язків і як це відбувається, а також якими властивостями володіють водні розчини електролітів і чому.

Зміст теми складають її поняття. Основним поняттям є поняття про речовину, яке під час вивчення процесу електролітичної дисоціації набуває нового якісного змісту залежно від особливостей складу і будови речовини. Проаналізувавши навчальну програму з хімії для загальноосвітніх навчальних закладів виділимо основні поняття, на які слід спиратися при формуванні нових. Поняття подані у таблиці з урахуваннями послідовності їх формування у ході викладання даної теми (Таблиця 1) [2].

Методика вивчення теми зумовлюється метою, завданнями та її змістом, про що дає уявлення таблиця понять і уявлень.

Зміст теми, а також особливості пізнавальної діяльності учнів дають можливість використовувати різні форми і методи організації їх навчальної діяльності. Одне із завдань теми полягає в тому, щоб показати залежність властивостей електролітів від властивостей іонів, на які дисоціюють їхні молекули у водному розчині. Найбільш ефективно реалізується це завдання у процесі розв'язання питань, які мають міжпредметний і внутрішньопредметний характер. При цьому доцільно використовувати проблемний підхід.

Під час вивчення теми доцільно виділяти певні смислові блоки, складати за ними узагальнюючі схеми, таблиці, які дають змогу концентрувати увагу учнів на головному, вивільнюють час на повторення матеріалу і на формування умінь застосовувати добутий знання для пояснення фактичного матеріалу, написання відповідних рівнянь реакцій і розв'язування задач.

Для успішного вивчення теорії електролітичної дисоціації необхідний демонстраційний і лабораторний експеримент, яким ця тема дуже багата. Експеримент - найважливіший шлях здійснення зв'язку теорії з практикою при навчанні хімії, перетворення знань в переконання. Тому розкриття пізнавального значення кожного досліду - основна вимога до хімічного експерименту. В учнівському експерименті відбувається поєднання розумової діяльності з практикою. Водночас, виконання дослідів дає змогу познайомити учнів з методами дослідження в хімічній науці, стимулює розвиток логічного мислення [3].

Таблиця 1. Поняття в темі «Розчини»

Опорні поняття		Поняття, що формуються
Міжпредметні	Внутрішньопредметні	
Електроліти. Неелектроліти.	Речовина. Молекули, атоми, йони. Типи хімічного зв'язку. Типи кристалічних граток.	Електроліти та неелектроліти. Стан електролітів у розчині. Процес електролітичної дисоціації (механізм, умови). Ступінь електролітичної дисоціації. Сильні та слабкі електроліти. Дисоціація основ, кислот, солей.
Електричний струм. Електрична провідність. Позитивні та негативні заряд. Атоми, молекули.	Оксиди, кислоти, основи, солі. Реакції обміну. Ступінь окиснення. Реакції окиснення- відновлення.	Іонні пронеси. Реакції іонного обміну Реакції оборотні і необоротні. Хімічні властивості кислот, основ, солей у світлі уявлень про електролітичну дисоціацію. Гідроліз солей

Особливе місце серед всіх засобів навчання застосуванню знань займають задачі. При підборі задач, як експериментальних, так і інших, важливо визначати навчальну мету кожної задачі: які знання вдосконалюються її вирішенням, які інтелектуальні вміння і технічні навички виховуються. Однією з вимог, що пред'являються до учня, що розв'язує експериментальні задачі, полягає в тому, що практичним діям має передувати теоретичний розв'язок.

Отже, викладання теми «Розчини (теорія електролітичної дисоціації)» в школі потребує значного застосування усіх можливих методів та засобів навчання. Потрібно пам'ятати, що хімія – наука експериментальна, яка вимагає наочності та застосування засвоєних знань на практиці, передбачає розв'язування різних експериментальних задач та виконання експериментів.

1. Методика викладання хімії: методичні вказівки та завдання для самостійної роботи / О. Е. Марцинко. Под. ред. проф. І. Й. Сейфулліної – Одеса: «Одеський національний університет імені І. І. Мечникова», 2015.– 60 с.

2. Навчальна програма з хімії для загальноосвітніх навчальних закладів 7-9 клас // База даних «Міністерство освіти і науки України» // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas> (дата звернення 01.04.2020).

3. Чернобельская Г.М.. Методика обучения химии в средней школе: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. — 336 с.



# ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ: ДОСВІД, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

*Солдаткіна Л.М.*

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова,  
[soldatkina@onu.edu.ua](mailto:soldatkina@onu.edu.ua)

Сучасне реформування в галузі української вищої освіти привело до значного скорочення кількості аудиторних годин в закладах вищої освіти (ЗВО) при практично повному збереженні обсягів знань і умінь, які студентам потрібно засвоїти. В таких умовах, для запобігання труднощів, які студенти відчують при навчанні, головним завданням викладача ЗВО стає не передача студентам суми знань з навчальної дисципліни, а формування у них умінь самостійно здобувати і опрацьовувати нову інформацію, а також формування у студентів умінь аналізувати, узагальнювати та критично оцінювати здобуту інформацію.

Досвід багатьох університетів світу показав [1], що застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в навчальному процесі ЗВО є сучасним засобом підвищення ефективності навчального процесу, який допомагає студентам зрозуміти зміст навчальної дисципліни, підвищити мотивацію і розвинути їх соціальні, комунікативні навички. Використання ІКТ в навчанні також є корисним й для майбутньої професійної діяльності. Вважається [2], що покоління молодих людей, які були оточені гаджетами з самого раннього дитинства, відрізняється від попередніх поколінь молодих людей з точки зору організації навчання в сучасній системі вищої освіти. Крім того, використання ІКТ в практиці викладання в ЗВО розглядається [1] як необхідність в адаптації до Європейського простору вищої освіти.

Безумовно, що на підготовку одного заняття з використанням ІКТ викладачем ЗВО витрачається значно більше часу, ніж на підготовку декількох звичайних занять. Це обумовлено тим, що викладачеві потрібно ознайомлюватися із можливостями різних комп'ютерних засобів, готувати презентації, завдання комп'ютерного тестування і ще багато чого іншого. У зв'язку з цим, ІКТ стають засобами підвищення ефективності навчального процесу в ЗВО тільки за умови систематичного і системного використання, а також формування у викладача готовності до застосування таких технологій на занятті.

В наш час найбільшою проблемою для широкого впровадження ІКТ в ЗВО України є недостатня кваліфікація більшості викладачів для використання ІКТ в навчанні. Слід також враховувати іншу проблему: простота і швидкість добування нової інформації підштовхують студентів до простого завантаження інформації, здобутої в Інтернеті, без посилання на її джерела, а також без її аналізу та узагальнення.

Розуміючи, що ІКТ не створюються спеціально для вирішення освітніх задач, треба відзначити, що інтенсивність впровадження ІКТ в ЗВО залежить від рівня володіння викладачем ІКТ-компетенціями і від політики впровадження дистанційних освітніх технологій, яка проводиться на рівні ЗВО.

Таким чином, враховуючи тенденцію швидкого розвитку ІКТ в більшості країн світу, важливо широко впровадити такі технології в ЗВО України, забезпечивши умови, при яких ІКТ повинні стати стандартом вищої школи в процесі викладання і навчання в українських ЗВО. Важливими складовими для успішного впровадження ІКТ є позитивне відношення керівників українських ЗВО, технічні можливості закладів і підвищення кваліфікації для викладачів в галузі ІКТ.

1. Duřaa N., Martınez-Riverab O. Between theory and practice: the importance of ICT in Higher Education as a tool for collaborative learning // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2015. – 180. – P. 1466 – 1473.

2. Slechtova P. Attitudes of undergraduate students to the use of ICT in education // ProcedSocial and Behavioral Sciences. – 2015. – 171. – P. 1128 – 1134.

## ПОЧАТКОВІ ПОНЯТТЯ ПРО ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ (АМІНОКИСЛОТИ, БІЛКИ, НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ) В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ СЕРЕДНЬОЇ БАЗОВОЇ ОСВІТИ

Сташкевич О.І.

Житомирський державний університет імені Івана Франка, [olkastashkevich98@ukr.net](mailto:olkastashkevich98@ukr.net)

Навчальний процес у сучасному закладі середньої базової освіти є одним із найважливіших етапів у житті сучасної молоді. Цей період пов'язаний із знайомством нових друзів, із специфікою та особливостями засвоєння нових знань та практичних вмінь.

Органічна хімія-наука, що вивчає сполуки вуглецю з іншими елементами. Назви «органічна хімія», «органічні» речовини походять від слова «організм». Ці назви ввів у науку в 1806 р. відомий шведський хімік Я. Берцеліус. На його думку, органічна хімія повинна вивчати речовини рослинного і тваринного походження, які він назвав органічними речовинами. Надзвичайно важливе значення для дальшого розвитку органічної хімії мав синтез сечовини (речовини тваринного походження), який був проведений також Ф. Велером у 1828 р.

Розпочинається знайомство з органічними сполуками, у тому числі з тими які містяться в живих організмах у 9 класі. В 11 класі знання з органічної хімії будуть узагальнені. Органічні речовини відомі людству з давніх-давен – це олії, винний спирт, оцтова кислота, цукор, крохмаль тощо. Але тривалий час ці речовини могли виділяти тільки з живих організмів (рослин і тварин) або продуктів їхньої життєдіяльності й не могли самостійно їх синтезувати. Це пояснювали теорією віталізму (від латин. *vita*-життя), згідно з якою органічні речовини можуть утворюватися тільки в живих організмах під впливом якоїсь «життєвої сили». Саме тому 1807 року шведський хімік Йенс-Якоб Берцеліус запропонував назву «органічні» для позначення речовин, що одержують із живих організмів. Переворот в уявленні про органічні речовини стався після відомого досліду Фрідріха Велера. 1828 року Велер з неорганічної сполуки у звичайній пробці синтезував сечовину, яку до цього часу виділяли лише із сечі й тому вважали винятково органічною речовиною. І хоча сечовина була не такою вже й важливою речовиною, але дослід Велера довів, що органічні речовини можуть утворюватися і без «життєвої сили». Це було крахом теорії віталізму. Після повідомлення Велера багато хіміків почали здійснювати досліди з добування органічних речовин. Розпочався бурхливий розвиток нового напрямку-органічної хімії [4, 132]. Хімія органічних сполук для учнів дев'ятого класу полягає у підготовці школярів до засвоєння знань про найважливіші класи органічних сполук. Основне завдання показати і довести учням те, що органічні сполуки присутні у їхньому повсякденному житті, більшість із них входять до організму людини, а тому вивчення властивостей цих речовин є необхідною умовою для забезпечення і підтримки нормального функціонування організму людини. Вивчення амінокислот [2, 119] базується на тому, що учні вже знають про існування поліфункціональних сполук, тому засвоєння нової функції у складі карбонових кислот не становить труднощів. Амінокислоти можна розглядати, з одного боку, як похідні аміаку, в якому заміщений один атом Гідрогену, з іншого боку – як карбонові кислоти, у яких Гідроген вуглеводневої групи заміщений на аміногрупу. Електронна формула амінокислоти вказує на наявність електронної пари у атома Нітрогену, що зумовлює його лужні властивості. У підручнику наводяться приклади різних амінокислот, що підтверджує тезу стосовно різноманітності амінокислот. Властивості амінокислот розглядаються на прикладі амінооцтової кислоти, а для тренувальних вправ можна використовувати формули й інших амінокислот.

Основні питання, на які слід звернути увагу при вивченні теми «Білки» – це: чим зумовлюється структура білків; у чому полягає складність їх вивчення; як позначається будова білків на їх функціях; як відбувається гідроліз білків. Доцільно узагальнити ці відомості у вигляді таблиці та продемонструвати малюнки. При цьому бажано пригадати роль білків гемоглобіну й міоглобіну. Виявляється, вони мають подібну третинну структуру,

завдяки цьому виконують подібну функцію – перенос кисню в організмі. Під час виконання і спостереження дослідів з білками треба з'ясувати, що при цьому відбувається зі структурою білка. Зокрема, під час розчинення й осадження первинна структура не порушується, а в результаті нагрівання може зруйнуватися структура всіх порядків, у тому числі й первинна. Окремого пояснення потребують кольорові реакції білків. Учні повинні усвідомити, що за допомогою кольорових реакцій неможливо виявити якийсь певний білок, а лише наявність у ньому пептидних зв'язків чи радикалу фенілу. Наприклад, із желатином не відбувається ксантопротеїнова реакція, оскільки у складі цього білка немає ароматичних амінокислот [1, 121].

Особливу увагу будові органічних сполук необхідно приділити в 11 класі, оскільки відбувається поєднання знань з кількох природничих дисциплін. У темі «Нуклеїнові кислоти» важливо донести до учнів, що нуклеїнові кислоти за своєю структурною організацією перебувають на вищому рівні організації речовини. Теоретичне обґрунтування складу, структури та функцій нуклеїнових кислот як біополімерів наближує учнів до розуміння того, що зовнішні прояви цих функцій на біологічному рівні мають причинно-наслідкові зв'язки з фізико-хімічним рівнем. Доцільно приділити увагу історії відкриття та вивчення нуклеїнових кислот. Поглиблюючи знання учнів, можна запропонувати їм самостійно відповісти на запитання про вид зв'язку між нуклеотидами в полімерному ланцюзі нуклеїнових кислот, оскільки на попередніх уроках вони записували хімічне рівняння утворення естеру між пентозами та фосфатною кислотою. Учитель наголошує, що при частковому гідролізі нуклеїнових кислот утворюється суміш нуклеотидів, а продукти повного гідролізу учні називають самостійно. Важливим є питання взаємозв'язку структури ДНК з її функціями в організмі. Подвійна спіраль ДНК є сховищем спадкової інформації. Інформація записана (закодована) у вигляді послідовності нітрогеновмісних основ у полінуклеотидному ланцюзі. Кожна трійка (триплет) їх є, так би мовити, «буквою» генетичного коду, одиницею інформації та називається кодоном. Кількість кодонів учні можуть обчислити самостійно. Оскільки в кожній ДНК міститься чотири нітрогеновмісні основи, то кількість сполучень (із повторенням) по три становитиме 64. Під час вивчення цієї теми доцільно якнайширше використовувати наочність. [1, 3 121, 122]

Органічні речовини пов'язують у єдиний ланцюг усі рівні організації матерії – від неживої до живої, а органічна хімія як галузь науки є важливою ланкою у зв'язках між природничими науками. На завершальному уроці з вивчення органічних сполук повинно йтися про їх значення, про роль органічної хімії в науково-технічному прогресі. Такий урок доцільно провести у формі бесіди.

1. Березов Т. Т., Коровкин Б. Ф. Биологическая химия. – М.: Медицина, 1983. – 752 с.
2. Кучеренко Н. Е., Бабенюк Ю. Д., Васильев А. Н. и др. Биохимия. – К.: Вища шк. Изд-во при КГУ, 1988. – 432 с.
3. Ленинджер А. Основы биохимии. В 3-хт. – М.: Мир, 1985. – 1056 с.
4. Губський Ю. І. Біологічна хімія. – Київ - Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. – 508 с

## ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ ТА ЗАГАЛЬНОПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ НА УРОКАХ ХІМІЇ У КОНТЕКСТІ НОВОГО ДЕРЖАВНОГО СТАНДАРТУ

*Ткач В.В.<sup>1,2</sup>, Кушнір М.В.<sup>1,3</sup>, Іксариця В.В.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 58001, вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, Україна

<sup>2</sup>Федеральний університет штату Мату-Гроссу-ду-Сул, Інститут Хімії, 79090-900, просп. Сен. Фелінту Мюллера, 1555, Віла Іпіранга, Кампу-Гранді, Мату-Гроссу-ду-Сул, Бразилія

<sup>3</sup>Чернівецька гімназія №5, 58001, вул. Д. Загула, 8, Чернівці, Україна

<sup>4</sup>Державна гімназія – інтернат з посиленою військово – фізичною підготовкою “Кадетський корпус”, м. Харків

Хімія в новій українській школі – не тільки основна природничо - наукова дисципліна, але й один із важливих компонентів освітнього інструментарію для розвитку та соціалізації особистості учнів, формування їх громадянської та ключових компетентностей, загальної культури, світоглядних орієнтирів, екологічного стилю мислення і поведінки, творчих здібностей, дослідницьких навичок і навичок життєзабезпечення, здатності до колективної діяльності та самоосвіти в умовах глобальних змін і викликів. Хімія – наука, яка вимагає точних знань. Треба розуміти, як складати формули чи писати рівняння хімічних реакцій.

Концепція шкільної освіти, згідно з якою старша ступінь середньої школи стала профільною, вимагає ретельної фундаментальної підготовки учнів.

Завдання оновлення шкільного курсу хімії полягає в тому, щоб знайти оптимальне співвідношення фундаментального і прикладного в шкільному курсі хімії, зробити його сучасним, цікавим, що враховує схильності і здібності кожного учня в межах особистісно зорієнтованого підходу, спрямованим на виховання природничої культури, інтелектуальний розвиток особистості, формування уявлень учнів про хімію, її місце і роль в сучасному світі.

Для цього в шкільний курс хімії необхідно включати питання філософського та світоглядного характеру, історії розвитку хімії, знайомити учнів з деякими сучасними напрямками її розвитку і додатками. При цьому особливе значення, на думку автора, слід приділяти формуванню просторових уявлень учнів, розвитку предметної інтуїції. Необхідно ефективно використовувати матеріал (це стосується сучасних розділів хімії), що має історичні та прикладні аспекти, і, безумовно, наближений до практики, і, безперечно, який викликає підвищений інтерес учнів. Для того, щоб урок був цікавим, часто використовувати ігрові ситуації, інтерактивні вправи, активно використовувати сенсорні можливості мультимедійної дошки. Особливу увагу приділяти практичному застосуванню хімічних знань, доводити дітям, що хімію необхідно знати сучасній людині, разом з тим працювати над побудовою міжпредметних зв'язків.

Особливі труднощі виникають у класах гуманітарного профілю (загальнокультурний рівень), в умовах якого скорочення навчального матеріалу до 1 години на тиждень не повинно призвести до порушення логіки викладання, взаємозв'язків між попередніми і наступними темами, а застосування методів і форм навчання повинно здійснюватися і з урахуванням психологічних особливостей учнів. Навчання ж у класах хімічних профілів забезпечує, крім загальноосвітньої підготовки та виховання особистості, здатної до самоосвіти і самореалізації, початкову допрофесійну підготовку учнів, які мають бажання обрати майбутню професію, пов'язану з використанням хімічних знань. На уроках хімії необхідно глибше й повніше, порівняно з рівнем державного стандарту, опановувати знання про речовини та їх перетворення, хімічні закони, методи пізнання в хімії та формування на цій основі наукового світогляду, вироблення екологічного стилю мислення й поведінки, розвиток експериментальних умінь, дослідницької проектної діяльності учнів, формування їхніх ключових компетентностей.

Інтелектуальний розвиток і фундаментальність освіти – ось основа прикладних умінь, які набуває людина в результаті вивчення хімії. І проявляються, і перевіряються ці вміння не в побуті, і тим більше не під час відповіді, а при вирішенні технічних, економічних, військових та інших проблем, які ставить суспільство.

Хімія, як навчальний предмет, має унікальні можливості для вирішення головного завдання загальної хімічної освітньої галузі – цілісного розвитку і становлення особистості засобами хімії.

Розвиток учнів засобами хімії повинен бути направлений на досягнення наукових, прикладних і загальнокультурних цілей хімічної освіти, що в першу чергу сприяє всебічному розвитку мислення дітей, вчить їх культурі логічного і алгоритмічного мислення, умінню застосовувати хімічні методи для вирішення прикладних завдань у різних сферах діяльності, здатності до розуміння і використання простих хімічних моделей, умінню будувати такі моделі для вирішення проблем.

Виходячи з цього, до підручників і програм з хімії висувається низка вимог стосовно структури викладу навчального матеріалу, зокрема педагогічна доцільність фундаментальної частини і системи прикладних задач підручника, точності, стислості та ясності мови, жвавості, цікавості викладу, якості ілюстративного матеріалу.

1. Про затвердження Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти [Електронний ресурс]: Державний стандарт базової та повної загальної середньої освіти затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 23.11.2011р. №1392. Законодавство України // Платформа LIGA:ZAKON. URL: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/MF13052.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MF13052.html).

2. Нова українська школа: порадник для вчителя / Під заг. ред. Бібік Н. М. — К.: ТОВ “Видавничий дім “Плеяди”, 2017. — 206 с.

3. Кремень В.Г. Філософія людиноцентризму в стратегіях освітнього простору / В.Г. Кремень. - К.: Педагогічна думка, — 2008. — 424 с.

## **КОМБІНОВАНІ ЗАДАЧІ «У БРАЗИЛЬСЬКОМУ СТИЛІ». ЦІКАВИЙ СПОСІБ ПОЄДНАТИ ХІМІЮ ТА МАТЕМАТИКУ**

*Ткач В.В.<sup>1,2</sup>, Кушнір М.В.<sup>3</sup>, Мінакова Т. Г.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 58001, вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, Україна

<sup>2</sup>Федеральний університет штату Мату-Гроссу-ду-Сул, Інститут Хімії, 79090-900, просп. Сен. Фелінту Мюллера, 1555, Віла Іпіранга, Кампу-Гранді, Мату-Гроссу-ду-Сул, Бразилія

<sup>3</sup>Чернівецька гімназія №5, 58001, вул. Д. Загула, 8, Чернівці, Україна

У 2018 році Україна вперше взяла участь у міжнародному тесті знань учнів PISA. Дане тестування, з-поміж іншого, дало можливість порівняти реальний рівень знань школярів з різних країн за такими показниками, як читання, знання природничих наук та математики. І якщо за першими двома показниками українські школярі проявили себе на достатньо пристойному рівні, то за математичною компетентністю віддали між середнім балом України та країн ОЕСР склала 36 балів, що вказує на те, що якість викладання математики у школах залишає бажати кращого. Відтак, указом Президента України 2020 - 2021 навчальний рік було оголошено роком математики, а проходження ЗНО з математики з 2021 року стане обов'язковим.

Одним із педагогічних прийомів часто застосовуваних вчителями для покращення сприйняття учнями нового матеріалу є активізація міжпредметних зв'язків, яка при вивченні математики, апарат якої широко використовується у природничих науках, набуває вирішальної ролі в активізації учнів.

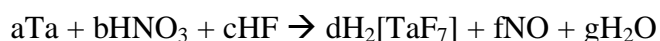
Особливо тісний зв'язок математика має із хімією. Адже хімічні речовини реагують між собою не абияк, а у певних відношеннях, які описуються коефіцієнтами при речовинах в записі рівняння реакції. Та і зміни концентрацій речовин під час реакцій теж підлягає певним специфічним математичним залежностям. Відтак, розвиток міжпредметного зв'язку хімії з математикою може бути легко показаним і розвинути з допомогою комбінованих завдань.

У даній роботі показано приклад комбінованої задачі з хімії та алгебри на теми «Окисно-відновні реакції» та «Квадратична функція». Завдання побудоване на основі вступних іспитів з хімії, заданих у різні роки у федеральних університетах Бразилії. В них формулювання умови задачі здійснюється через прикладне застосування знань з тем «Окисно-відновні реакції» та «Квадратична функція», опис цікавих фактів та активізацію міжпредметних зв'язків.

Приклад завдання:

1. Однією із найвідоміших окисних сумішей кислот є так звана «царська вода» (лат. “*aqua regia*”). Вона складається із нітратної та хлоридної кислот у співвідношенні 1:3. Нітратна кислота окиснює метал, а хлоридна переводить його у стійку комплексну сполуку.

В разі заміни хлоридної кислоти на флуоридну, утворюється суміш кислот, здатна окиснювати навіть метали, на які царська вода не діє. Одним із таких металів є тантал, який взаємодіє з такою кислотною сумішшю за реакцією:



1.1. Збалансуйте реакцію та розв'яжіть рівняння

$$ax^2 + (c+b)x - 7(d+f+g-a) = 0.$$

Для функції  $y=ax^2 + (c+b)x - 7(d+f+g-a)$  знайдіть:

- Область визначення функції
- Область значень функції
- Точки перетину осей абсцис та ординат
- Координати вершини параболы
- Інтервали додатніх та від'ємних значень функції

1) Чи є зведеним отримане квадратне рівняння. Якщо так, проілюструйте дію теореми Вієта.

2) Знайдіть значення аргументу, при якому значення даної квадратичної функції відповідає атомному номеру елементу, відносна атомна маса якого на одиницю менша за атомну масу Сульфуру

3) Квадратний корінь із дискримінанту даного рівняння відповідає молярній масі відомої газуватої речовини, присутньої в атмосфері. Якої?

1.2. Щодо реакції, вкажіть невірне твердження

а) У даній реакції свій ступінь окиснення змінюють тільки Нітроген та Тантал. Флуор, в свою чергу, свого ступеня окиснення не змінює

б) Нітратна кислота в даній реакції діє як окисник, тимчасом як Тантал є відновником

в) При розчиненні танталу масою 135,75 г утвориться газувата речовина об'ємом 28 л (н. у.)

г) У даній реакції Флуор змінює ступінь окиснення з -1 до +1

г) Газуватою речовиною, утвореною у реакції, є несолетвірний оксид, в якому Нітроген проявляє ступінь окиснення +2

1.3. На одній із шальок терезів розміщено наважку танталу і гирю, на іншій – наважку алюмінію. Відомо, що при розчиненні наважки танталу в кислотній суміші утворюється комплексна сполука масою 316 г, а при розчиненні наважки алюмінію у розведений сульфатній кислоті – водень об'ємом 235,2 л (н. у.). Знайдіть масу гирі.

## МІСЦЕ ТЕМИ «ФЕРУМ. ЗАЛІЗО» В НАВЧАЛЬНІЙ ПРОГРАМІ З ХІМІЇ ДЛЯ 10-11 КЛАСІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДЬОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ

*Усач М.А., Бойчук І.Д.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[marunchuk\\_usach@ukr.net](mailto:marunchuk_usach@ukr.net)

Профільне навчання є одним із ключових напрямів модернізації та удосконалення системи освіти нашої держави й передбачає реальне й планомірне оновлення школи старшого ступеня і має найбільшою мірою враховувати інтереси, нахили і здібності, можливості кожного учня, у тому числі з особливими освітніми потребами, у контексті соціального та професійного самовизначення і відповідності вимогам сучасного ринку праці. Такий підхід до організації освіти старшокласників не лише найповніше реалізує принцип особистісно-орієнтованого навчання, а й дає змогу створити найоптимальніші умови для їхнього професійного самовизначення та подальшої самореалізації [2].

Вивчення хімії на профільному рівні передбачено у класах біолого-хімічного, хіміко-технологічного, фізико-хімічного профілів. Профілізація забезпечується не лише поглибленим вивченням хімії, посиленням міжпредметних зв'язків, а й упровадженням спецкурсів, факультативів.

Мета профільного навчання хімії в старшій школі полягає у забезпеченні загальноосвітньої профільної та допрофесійної підготовки з хімії згідно з освітніми потребами, нахилами, здібностями учнів, розвитку в них засобами навчального предмета хімії ключових компетентностей, необхідних для соціалізації і творчої реалізації особистості; надбання навичок самостійності науково-практичної та дослідницько-пошукової діяльності [2].

Вивчення теми «Ферум» в сучасному закладі середньої профільної освіти має на меті:

- поглибити знання про метали побічних підгруп на прикладі Феруму;
- вивчити фізичні та хімічні властивості простої речовини заліза;
- засвоїти знання про застосування заліза;
- розвинути вміння складати рівняння реакцій, що характеризують хімічні властивості заліза.

Тема «Ферум. Залізо», згідно з навчальної програми з хімії профільного рівня для 10-11 класу вивчається в 11 класі, після повторення та поглиблення основних теоретичних питань курсу основної школи, вивчення неметалічних елементів та їхніх сполук, в третьому розділі «Металічні елементи та їхні сполуки».

Знайомство з темою «Ферум» починається з вивчення Феруму як хімічного елемента. Вивчення теми передбачає, по-перше, формування поняття про Ферум як металічний елемент, по-друге, формування знань про ступені окиснення Феруму.

При продовженні вивчення теми розглядаються фізичні властивості простої речовини заліза та його сплавів. Вивчаються хімічні властивості заліза з виконанням лабораторних дослідів та демонстрацією деяких дослідів на відео.

Вивчення фізичних та хімічних властивостей вимагає поступового накопичення матеріалу для узагальнення знань про Ферум як хімічний елемент.

При вивченні поширення Феруму в природі засвоюються знання про залізні руди. Особливостями вивчення поширення Феруму є розглядання наявних зразків руд.

Вивчення даної теми передбачає виконання учнями великої кількості лабораторних дослідів:

1. Добування ферум(II) і ферум(III) гідроксидів. Взаємодія їх з кислотами.
2. Відновлювальні властивості йону Феруму(II) (взаємодія ферум(II) сульфату з розчином калій перманганату в кислому середовищі, віртуально).
3. Окиснювальні властивості йону Феруму(III) (взаємодія ферум(III) хлориду з калій йодидом або натрій сульфідом).
4. Гідроліз солей Феруму(II) і (III).



5. Виявлення йонів Феруму(II) у розчині.
6. Виявлення йонів Феруму(III) у розчині [1].

Експериментальна робота з хімії на уроках сприяє виконанню тих важливих навчально-виховних завдань, які стоять перед школою на сучасному етапі. Експеримент не лише збагачує школярів новими поняттями, вміннями, навичками, але є також способом перевірки достовірності отриманих знань, сприяє глибшому розумінню матеріалу, дозволяє більш повно здійснювати зв'язок з життям, майбутньою практичною діяльністю школярів. Хімічний експеримент формує і розвиває в учнів спостережливість, допитливість, винахідливість, акуратність в роботі. Виконання дослідів і складання звіту про проведену роботу - цінний засіб формування у школяра вміння коротко викладати те, що він зробив і які результати одержав внаслідок роботи.

Таким чином, тема «Ферум. Залізо» має важливе значення у формуванні в учнів знанневого, ціннісного, а особливо діяльнісного компоненту, бо передбачає виконання значної кількості демонстраційних та лабораторних дослідів.

1. Навчальна програма з хімії для загальноосвітніх навчальних закладів (провільний рівень, 10-11 клас) // База даних «Міністерство освіти і науки України» // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas> (дата звернення 01.04.2020).

2. Ткач О.В. Профільне навчання з хімії в старшій школі / База даних allbest // [Електронний ресурс]. – Режим доступу [https://otherreferats.allbest.ru/pedagogics/00208062\\_0.html#text](https://otherreferats.allbest.ru/pedagogics/00208062_0.html#text) (дата звернення 29.03.2020).

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ

*Усач М.А., Євдоченко О.С.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

[marunchuk\\_usach@ukr.net](mailto:marunchuk_usach@ukr.net)

Урок є основною формою організації навчально-виховної роботи вчителя з класом – постійним, однорідним за віком та підготовкою колективом дітей – за державною програмою, твердим розкладом і в шкільному приміщенні. На уроках учні під керівництвом учителя систематично і послідовно відповідно до програми набувають теоретичних знань і практичних вмінь і навичок, а також елементів всебічного розвитку особи. На уроках закладається фундамент світогляду молодого покоління. Основний навчальний матеріал вивчається під час уроку, з ним пов'язані інші форми викладання хімії.

В системі форм навчання і виховання учнів головна роль належить уроку. Це пояснюється тим, що тільки на уроці реалізується навчальна програма. Більшість вчителів основну кількість уроків проводить у традиційній формі. Однак останнім часом у практику роботи вчителя впроваджуються нетрадиційні форми організації навчально-виховного процесу. Як свідчать результати досліджень та практичний досвід, їх запровадження забезпечує підвищення активності навчально-пізнавальної діяльності учнів, формування самостійності мислення, розвиток творчості.

Актуальність. Metали є складовою частиною як живих об'єктів, так і продуктів промисловості. Знання властивостей металів сприяє розширенню загального світогляду школярів та дає знання щодо використання металевих предметів за призначенням, тому підвищення ефективності засвоєння знань учнів з теми «Ферум» за рахунок застосування нетрадиційних форм організації навчального процесу є актуальним.

Вивчення теми «Ферум» в сучасному закладі середньої профільної освіти має на меті:

- поглибити знання про метали побічних підгруп на прикладі Феруму;
- вивчити фізичні та хімічні властивості простої речовини заліза;
- засвоїти знання про застосування заліза;

- розвинути вміння складати рівняння реакцій, що характеризують хімічні властивості заліза.

Знайомство з темою «Ферум» починається з вивчення Феруму як хімічного елемента. Вивчення теми передбачає, по-перше, формування поняття про Ферум як металічний елемент, по-друге, формування знань про ступені окиснення Феруму.

При продовженні вивчення теми розглядаються фізичні властивості простої речовини заліза та його сплавів. Вивчаються хімічні властивості заліза з виконанням лабораторних дослідів та демонстрацією деяких дослідів на відео.

Вивчення фізичних та хімічних властивостей вимагає поступового накопичення матеріалу для узагальнення знань про Ферум як хімічний елемент.

При вивченні поширення Феруму в природі засвоюються знання про залізні руди. Особливостями вивчення поширення Феруму є розглядання наявних зразків руд.

Завершується вивчення теми розглядом цікавих фактів про застосування заліза. Отже, Ферум – металічний елемент.

Метали – основа матеріальної культури людства, основний конструкційний матеріал в машино-, апарато- і приладобудуванні. Всі вони мають загальні, так звані металічні властивості, але серед них виокремлюють близькі між собою типи металів відповідно до подібності електричних структур їхніх атомів і, отже, їх положення в періодичній системі.

Об'єкт дослідження – навчально-виховний процес в сучасному закладі середньої профільної освіти при вивченні теми «Ферум».

Предмет дослідження – методичні підходи до вивчення теми.

Мета дослідження: розробити методичне забезпечення вивчення теми «Ферум» при вивченні хімії.

У відповідності з поставленою метою ставляться такі завдання:

- 1) проаналізувати науково-методичну літературу з питання щодо властивостей металів та їх сплавів;
- 2) проаналізувати різні методичні підходи до вивчення теми;
- 3) розробити плани-конспекти нетрадиційного, традиційного уроків та уроку з використанням лабораторних робіт.

1. Липова Л. Особливості навчальної діяльності в профільних класах.– 2006.– 35 – 41 с.
2. Десятниченко Н. Система підготовки вчителя для роботи в профільних класах.– 2004. – 24 – 27 с.
3. Степаненко О.М. Загальна та неорганічна хімія. – К.: Педагогічна преса, 2000.– 635–670 с.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК: ОКСИДИ, ОСНОВИ» В СУЧАСНИХ ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

*Шанюк А.М.*

Житомирський державний університет ім. І. Франка

[allaischenko330@gmail.com](mailto:allaischenko330@gmail.com)

У сучасних закладах загальної середньої освіти процес викладання теми «Основні класи неорганічних сполук» потребує використання словесних, наочних та практичних методів навчання. Процес викладання цієї теми опирається на специфічні для оксидів та основ розрахункові задачі, демонстрації, лабораторні досліди, практичні роботи, навчальні проекти, домашній експеримент та екскурсії [3].

Відповідно до програми для закладів загальної середньої освіти за 2017 р. тема «Основні класи неорганічних сполук» розглядається у 8 класі після вивчення таких тем: «Початкові хімічні поняття», «Кисень», «Вода» (7 клас), «Будова атома. Періодичний закон і

періодична система хімічних елементів», «Хімічний зв'язок і будова речовини», «Кількість речовини. Розрахунки за хімічними формулами» (8 клас) [3].

Поняття про оксиди формується у темі «Кисень» [1, с. 36]. Вивчення теми «Оксиди» розпочинається із класифікації основних класів неорганічних сполук: оксиди ( $E_mO_n$ ), основи ( $Me(OH)_n$ ), кислоти ( $H_nX$ ) та солі ( $Me+$ кисл.зал.). Опираючись на отримані раніше знання учнів, їм пропонується самостійно дати визначення поняттю «Оксид» та навести декілька прикладів. Учні роблять висновок, що оксиди – це сполуки, які складаються з двох хімічних елементів, одним із яких є Оксиген ( $CaO$ ,  $SO_3$ ,  $CO_2$ ,  $PbO$ ) [2, с.29]. Далі учні розглядають зразки оксидів, визначаючи ознаки, за якими можна класифікувати ці неорганічні сполуки. Учні дізнаються, що оксиди бувають солетворні та несолетворні ( $NO$ ,  $H_2O$ ,  $CO$ ). А солетворні, в свою чергу, поділяються на основні ( $Li_2O$ ,  $CaO$ ), амфотерні ( $PbO$ ,  $Cr_2O_3$ ) та кислотні ( $SO_2$ ,  $P_2O_5$ ).

Наступним етапом є вивчення номенклатури оксидів. Учні наводяться приклади оксидів із постійною та зі змінною валентностями елементів. Наприклад:  $CaO$  – кальцій оксид,  $B_2O_3$  – бор оксид,  $Fe_2O_3$  – ферум (III) оксид,  $SO_3$  – сульфур (VI) оксид [2, с. 32].

Потім учні самостійно називають оксиди за формулами, їх знайомлять із традиційними (тривіальними) назвами деяких оксидів:  $CaO$  – негашене вапно,  $SO_2$  – сірчистий газ,  $CO_2$  – вуглекислий газ [2, с.32]. Після цього учні знайомляться із поширенням оксидів у природі, а згодом їх навчають складати формули оксидів, знаючи валентність елементів. Учні роблять висновок про те, що валентність показує скільки зв'язків утворює кожен елемент в оксиді і в результаті – по скільки атомів кожного елемента міститься в оксиді. Після цього учні вивчають фізичні та хімічні властивості оксидів та їх використанням.

Для підтвердження хімічних властивостей оксидів, учням демонструються експерименти: «Взаємодія кислотних і основних оксидів з водою» та «Взаємодія кальцій оксиду з водою, дослідження добутого розчину індикатором, пропускання вуглекислого газу через розчин». Після цього учні знайомляться зі способами добування оксидів. Після закінчення розгляду цієї теми вчитель проводить з учнями закріплюючу роботу (це можна зробити у вигляді самостійної роботи з даної теми).

Про поняття «основи» учні дізналися під час вивчення хімічних властивостей основних оксидів (продуктом реакції взаємодії основних оксидів з водою є основа). Учні наводять приклади основ за загальною формулою:  $Me(OH)_n$  [2, с. 34]. Далі розглядають номенклатуру основ за зразком:  $NaOH$  – натрій гідроксид,  $Fe(OH)_2$  – ферум (II) гідроксид. Після цього учнів знайомлять із класифікацією основ на розчинні (луги) та нерозчинні.

Наступним етапом є вивчення учнів фізичних властивостей основ та ознайомлення із таблицею розчинності [2, с. 65]. Далі учні розглядають хімічні властивості основ. Вони вивчають поняття «індикатори», знайомляться з їх різновидами та особливостями [2, с. 66-67].

Для підтвердження теоретичних відомостей учні проводять лабораторні дослідження «Взаємодія лугу з кислотою в розчині», «Взаємодія нерозчинної основи з розчином кислоти», «Розклад нерозчинної основи при нагріванні» [2, с. 68-70].

Після цього учнів знайомлять зі сферами використання основ [2, с. 71] і переходять до вивчення способів добування основ.

Наступним кроком є навчання розв'язувати розрахункові задачі: розрахунки за хімічними рівняннями маси, об'єму, кількості речовини реагентів та продуктів реакції [2, с. 58-63], [3]. Після вивчення теми "Основні класи неорганічних сполук" учні виконують закріплюючу практичну роботу №1 "Дослідження властивостей найважливіших класів неорганічних сполук" [2, с. 95-97].

Далі виконують практичну роботу №2 "Розв'язування експериментальних задач" [2, с. 120-121]. Під час вивчення даної теми учням пропонується виконати домашній експеримент "Дія на сік буряка чи червоноголової капусти лимонного соку, оцту, розчину харчової соди, мильного розчину", а також навчальний проект на одну із тем [3]:

1. Неорганічні речовини – представники основних класів у будівництві й побуті.

2. Хімічний склад і використання мінералів.
3. Вплив хімічних сполук на довкілля і здоров'я людини.

У цілому, викладання теми "Основні класи неорганічних сполук: оксиди, основи" має важливе значення для формування знань і практичних навичок з хімії в учнів 8-х класів. Воно базується на цілісному комплексі взаємопов'язаних етапів формування знань і навичок щодо вивчення оксидів і основ. У процесі засвоєння означеної теми ключовим є вивчення поняття про оксиди та основи, їх номенклатури та класифікації, особливостей складання формул, їх фізичних та хімічних властивостей, способів добування, поширення в природі та використання.

1. Методика викладання шкільного курсу хімії: Посібник для вчителя / Н. М. Буринська, Л. П. Величко, Л. А. Липова та ін.; За ред. Н. М. Буринської. – К. : Освіта, 1991. – 350 с.

2. Хімія : підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл. / П. П. Попель, Л. С. Крикля. — К. : ВЦ «Академія», 2008. — 232 с. : іл.

3. Хімія 7-9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів, 2017 р.

## РОЗВИТОК ХІМІЧНОЇ НАУКИ В УКРАЇНІ ВІД ДАВНИНИ ДО XX СТОЛІТТЯ

*Шлюк В.В., Денисюк Р.О., Камінський О.М.*

Житомирський державний університет імені Івана Франка, [vika01071988zhitomyr@gmail.com](mailto:vika01071988zhitomyr@gmail.com)

Хімічні знання виникли ще в давнину до нашої ери. За однією з версій, хімія з'явилася у Древньому Єгипті. Виплавка металів з руд, виготовлення барвників і скла, виробництво кераміки та медицини – все це було добре розвинуто в Древньому Єгипті.

На території сучасної України з давніх часів були відомі різні ремесла. Одне із таких виробництв – чинбарство – обробка шкіри. Для обробки користувалися попелом, відваром дубової кори. За свідченням грецького історика Геродота у місцевості, що нині є територією сучасної Запорізької області, археологи виявили центр металургії та металообробки. В Середньовіччі розквітали технології фарбування, виготовлення ліків, барвників. Виробляли селітру, калій карбонат (поташ).

Навідміну від Європи, алхімія в Україні не розвивалась, що може бути пов'язано з тим, що народ Київської Русі не довіряв алхімікам і не вірив у можливість отримання філософського каменю. Проте, древній рукопис "Типика" Нектарія, містить рецептури і технології виготовлення свинцевих білил, дублення шкіри, фарбування хутра тощо; в ньому також було описано техніку нанесення золота на різні предмети.

У другій половині 19 століття в Україні почала розвиватись нова галузь – цукроваріння. Перші цукроварні збудовано 1824 р. у селі Трощині. З початку 1840-х років цукроварство дедалі розвивалося.

Розвиток хімічної науки в Україні також пов'язаний з університетами та науково – дослідними закладами. Першою навчальною установою в Східній Європі стала Острозька академія, заснована у 1576 р. Її відомими вихованцями були учений Мелетій Смотрицький, гетьман Петро Конашевич-Сагайдачний та інші відомі церковні і культурні діячі.

Києво-Могилянська академія була створена у 1620 році визначним громадським політичним та церковним діячем Петром Могилою. Проте за тих часів хімічні знання в університетах та академіях ще не викладалися.

За часів гетьмана Івана Мазепи в Харкові, Полтаві, Чернігові були започатковані Колегії. В Україні не було алхімії, проте в цих закладах на філософському факультеті викладалися загальні вчення про природу і також вивчали елементи хімії.

Львів був столицею Галичини. Найвідоміший, найстаріший університет Львівський був заснований в 1661 році. Львівський університет складався з чотирьох факультетів:

юридичного, філософського, теологічного та медичного. Свого часу в університеті працював видатний біохімік, гігієніст Іван Горбачевський, який вніс вагомий внесок в розвиток органічної хімії. Він народився у селі Зарубинці в родині священика. Вчений вивчав медицину у Віденському університеті і був професором кафедри лікарської хімії. Він уперше синтезував сечову кислоту із сечовини і гліцину. Він визначив, що амінокислоти є складовими білків. Іван Якович опрацював і написав українську хімічну термінологію. Автор сорока наукових творів, переважно з біологічної хімії.

Ще одним відомим викладачем був Маріан Смолуховський. Він народився в місті Фордебрюль, біля околиць Відня. Маріан закінчив елітну гімназію, а також університет. Він працював у Львівському університеті професором на кафедрі теоретичної фізики. Основні наукові роботи присвячені статистичній фізиці. Вчений розробив молекулярно-кінетичну теорію руху молекул та створив теорію стрибка температури газів.

Харківський університет було засновано в 1803 р. з ініціативи імператора Олександра І. Першим ректором був відомий український вчений та винахідник – Василь Каразін. Науковець писав роботи із метеорології, агрономії, селекції, а також виробництва селітри. А першим професором хімії в цьому університеті став німець Шнауберг. Він працював над аналізом природних мінеральних добрив. Також в Харківському університеті працював хімік, фармацевт та викладач – Йоганн Гізе, який став професором хімії. Він займався хімічним аналізом і вперше знайшов метод розрізнити метали: чавун, залізо.

Ще одним видатним викладачем хімії в університеті був Бекетов Микола Миколайович – український і російський фізико-хімік. Він народився в дворянській сім'ї. Микола Миколайович вступив в гімназію, а згодом в Петербурзький університет. Закінчив університет в 1849 р. зі ступенем кандидата природничих наук. Бекетов працював у Петербурзі в Медико-хірургічній академії в хімічній лабораторії. У 1855 – 1886 р.р. працював в Харківському університеті на кафедрі хімії. Його головні роботи стосувалися вивчення фізичної хімії.

Київський університет був заснований в 1834 році. Засновником і ректором був Михайло Максимович – видатний український науковець, енциклопедист, фольклорист, історик, поет, біолог і природознавець. Максимович був видатною людиною з унікальним рівнем знань – адже його наукові інтереси стосувались як ботаніки, так і історії. А першим професором хімії в цьому університеті став Зенович.

Одеський університет був відкритий в 1865 році. Першим професором органічної хімії став Микола Соколов. Він вивчав водень, а також відкрив першу хімічну лабораторію при університеті.

Отже, хімія, як наука почала інтенсивно розвиватися в Україні у 19 столітті. Головними центрами наукової спільноти стали чотири університети: Львівський, Харківський, Одеський і Київський.

На початку ХХ століття розпочалася свідомо думка про відродження науки, освіти та національної свідомості нашої України. Українські науковці почали вивчати навколишній світ під призвою нових світових теорій.

У ХХ ст. на теренах Житомирщини також почали працювати просвітні і культурні центри. За доби гетьманського уряду в Житомирі стало відомо, що із Кишиніва переводиться до одного з українських міст учительський інститут.

Для нього було споруджено будівлю ще в 1862 році як навчальний корпус для Житомирської чоловічої гімназії, що перестала функціонувати в 1918 році. Саме в цьому будинку 16 жовтня 1919 року відкрився педагогічний інститут – перший вищий навчальний заклад у Поліському краї. Він успадкував матеріальну базу гімназії, її бібліотеку, музей, метеорологічну станцію.

16 жовтня 1919 року о 18-й годині розпочалися заняття на трьох факультетах інституту: словесно-історичному, фізико-математичному та природничо-географічному.

В Житомирі цього періоду проживав відомий хімік – Усанович Михайло Ілліч. Він народився у сім'ї лікаря та закінчив Першу чоловічу єврейську гімназію (нині фізико –

математичний факультет ЖДУ ім. І. Франка). Вчений займався у лабораторії академіка Вернадського, де вивчав біогеохімію. У 1919 році Усанович став членом Державної комісії з питань реформи вищої школи в Києві. Потім Михайло Ілліч переїхав до Житомира, де декілька років викладав в інституті хімію та природознавство.

У будинку на Пушкінській, 42 у 30-ті р.р. ХХ ст. в Хімічній професійно-технічній школі навчалась українська художниця-кераміст Ніна Федорова, яка згодом започаткувала відому школу кераміки. Тут також знаходились Житомирський гірничий технікум, філія промакадемії, технікум шляхового будівництва, де вивчалися ті чи інші хімічні дисципліни.

З 1971 року і до тепер в приміщенні будівлі на Пушкінській, 42 знаходиться природничий факультет Житомирського державного університету імені Івана Франка, де вже 55 років успішно функціонує кафедра хімії.

1. Історія хімії: навч. посіб./ О.М. Камінський та ін. Житомир: вид-во ЖДУ ім.І.Франка, 2019. – 198 с.

2. Чайка М.В., Чумак В.В. Історичний нарис (Назва з екрану). – Житомир. Режим доступу: <https://zu.edu.ua/chem?id=2>

## АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

- Anishchenko A.A, 182, 183  
Belyakova L.A, 116, 120  
Bondarenko M.E, 65, 67, 69  
Dzyazko M.O, 120  
Fainleib A.M, 179  
Frolova M.A, 65  
Grande D, 179, 193  
Gubareni N.I, 65, 67, 69  
Khyzhun O.Y, 65, 67, 69  
Konovalova I.S, 182, 183  
Kravchenko S.V, 182, 183  
Mazera A.V, 182, 183  
Melnyk I.V, 118  
Ponomarenko A, 6  
Purikova O.G, 179  
Ragulya A.V, 67, 69  
Roik N.V., 120  
Shishkina S.V., 182, 183  
Shtamburg V.G, 182, 183  
Silenko P.M, 65, 67, 69  
Solonin Yu.M, 65, 67, 69  
Trofymchuk I.M, 116  
Yarova N.Yu, 65, 67, 69  
Zahornyi M.M, 67, 69  
Zhyhailo M.M, 71  
Абрамов М.В., 79  
Авдеева О.Ю, 227  
Авдеевко А.П, 207, 209  
Акинай Ю., 219  
Акишина Е.А, 185  
Акішева Л.В., 229  
Аксіментьєва О.І, 96  
Андріюк Н., 166  
Андрусишин Ю.І, 72  
Анічкіна О.В, 228, 229, 230, 231, 241, 243, 248  
Антонович В.П., 14  
Бабушкіна Л.О, 231  
Баковецька Т.С, 24  
Балог І.М, 200  
Бардадим О. В, 233  
Беркела П.О, 8  
Беседюк В.Ю, 57  
Бігдан О. А, 167  
Біленко М.А, 133  
Биков О.І, 138  
Бойко Ю.В, 236  
Бойчук І.Д, 250, 253, 262  
Большут А.В, 196  
Бондарчук Т.О, 236  
Борденюк О.Ю, 224  
Борисенко М.В, 139  
Брикова О. М, 187  
Бричка С.Я., 166  
Буваник С.І, 127  
Букартик М.М, 208  
Варваренко С.М, 224  
Ваш дуж Рейш Л, 50  
Вдовін В.С, 168  
Векліч Т.О, 169  
Виноградов О.С, 122  
Віленський В.О, 204, 217  
Власова Н.М, 94  
Вовк М.В, 196  
Войтюк О.Д., 14  
Волкова Л.К., 125  
Гайдукевич В.А, 190  
Гакало О.І., 96  
Гапуров Ж.Ж, 173, 174  
Герцик О.М, 127  
Гнатюк А.А, 74  
Гнатюк Г.В., 191  
Головко-Камошенкова О.М, 192, 202  
Гольден О.В, 169  
Гончар О. М, 77, 187  
Горбик П.П, 79, 104  
Горбуленко Н.В, 223  
Горевич С.С, 175  
Горенко Ю. В, 9  
Горинь А.М, 80  
Грабазей І.О, 198, 208  
Григор'єва О.П, 194, 213  
Григорка Г.В, 221  
ГруньА.В, 81  
да Сілва А.О, 219  
Давискиба В.В., 131  
Данилюк Н.В, 12  
Данілов М.О, 99  
де Олівейра С.С, 50, 52, 217, 218, 219  
Дейнека К.Ю., 83  
Дем'яненко Е.М., 110  
Денисюк Р.О, 81, 105, 111, 161, 267  
Дзязько Ю.С, 88, 99  
Дикусар Е.А., 185  
Дитинченко І.М, 219  
Домінюк Н.І, 128  
Дорохов В.І, 196  
Дронь І.А., 198  
Дубровін І.В, 79, 85  
Дубровіна Л.В., 85  
Дуванова Е.С., 148  
Дударко О.А, 21, 107  
Дуж Рейш Л.В, 217  
Егорова Л.М., 74  
Євдокименко В.О, 133  
Євдоченко О.С, 238, 264  
Єгорова А.В, 14  
Єрко Д.В, 16  
Єфімова І.В, 129  
Жданюк Н. В, 87, 164  
Жилко В.В, 17  
Жиляк І.Д, 131  
Журавський С.В., 110  
Запотоцький М.А, 200  
Заремба В.І, 128  
Зубрейчук З.П, 190  
Иванушко Я.Г, 217  
Іванніков Р.В, 91  
Іванова І.С, 99



Іванушко Я. Г, 50, 52, 218  
 Іванченко А.В, 53  
 Іскарія В.В, 50, 218, 259  
 Каменських Д.С, 133  
 Камінський О.М, 56, 158, 240, 267  
 Кардаш О.О, 169  
 Кардашева О. С, 241  
 Карпенко Ю.В, 174  
 Картель М.Т., 110  
 Кархут А.І, 210  
 Катрук Д.С, 206  
 Кашковський В.І., 133  
 Кашуцький С.М., 14  
 Кемський С.В, 196  
 Кирилюк С.В, 60  
 Кисіль Х.В, 206  
 Кичкирук О.Ю, 103  
 Климчук П.О, 135  
 Кловак В.О, 19  
 Книжников В.А., 190  
 Кобилінська Н.Г, 21  
 Ковалінська Т.В, 194  
 Ковальчук В. В, 243  
 Ковальчук Н.В, 245  
 Колбасов Г.Я., 99  
 Коломієць Є.О., 88  
 Кондратенко О.У, 33  
 Коник М.Б, 136  
 Конишева К.М, 143  
 Коновалова С.О, 207, 209  
 Копілевич В.А, 131  
 Кормош Ж.О, 24, 25, 26, 41, 43, 50, 52, 17, 218, 219  
 Корнієнко О.А, 138  
 Корнійчук Н.М. 104  
 Король Н.І, 192, 202  
 Корольчук С.І, 24, 25, 26, 41, 43  
 Корулькин Д.Ю, 39, 40  
 Корчик Н.М, 57, 60  
 Криворотенко Д.В, 156  
 Крисько Л.В, 204  
 Кузема П.О, 139  
 Куліченко С.А, 19  
 Куліш Б.І, 206  
 Курило О.П, 210  
 Курмач М.М, 143,144  
 Кусяк А. П, 90, 104  
 Кусяк Н. В, 90, 104  
 Кут Д.Ж, 200  
 Кут М.М, 200  
 Кутина О, 90  
 Куций А.В, 145  
 Кучеренко В.О, 101  
 Кушнір М.В, 50, 52, 217, 218, 219, 259, 260  
 Лагута І.В, 91, 139  
 Левицький В.Є, 206  
 Левків А.В, 247  
 Лелюшок С.О, 19  
 Лендел В.Г, 192, 200, 202  
 Линник Т.В, 148  
 Листван В.В, 219  
 Литвин В.А, 202  
 Лобанов В.В., 110  
 Лозовицька О.І., 143  
 Лопачук Л.В, 93  
 Луганська О.В, 34, 50, 52, 217, 218  
 Луканева С.М, 217  
 Майкович О.В, 208  
 Макоцька О.Ю, 191  
 Мандрійчук Б.В., 204  
 Манілевич Ф.Д., 145  
 Марійчак О.Ю., 148  
 Марінцова Н.Г, 210  
 Марків І.Р, 127  
 Маркітан О.В., 94  
 Мартинюк Г.В, 96  
 Марценюк Н.С, 204  
 Масюк А.С, 206  
 Махно С.М., 110  
 Мельник І.В, 107  
 Мельник Н.С, 248  
 Мельничук О.Г, 213  
 Мисіна О.І., 62  
 Мігальчук І.С, 41  
 Мінакова Т. Г., 260  
 Мірошніченко Є.Я, 207  
 Мякуш О.Р, 46  
 Надашкевич З.Я, 198  
 Надзьон Е.І., 250  
 Назимок Є.В, 52  
 Нехань Н.В., 17  
 Ничипорук Г.П, 128  
 Новіков В.П, 210  
 Носова Н.Г, 208  
 Огенко В.М, 85  
 Оковіта Я.С., 28  
 Онисько М.Ю, 200  
 Онищук О.О, 31  
 Опейда Й.О, 125  
 Остапів Д.Д, 224  
 Очередник А.В., 87  
 Павленко В.О, 122  
 Панасенко О.І., 174  
 Панасюк Д.Ю, 158, 161  
 Пандяк Н.Л, 127  
 Панченко М.В, 33  
 Панчишин Т.М, 145  
 Папієва Т.В, 34  
 Парченко В. В, 167  
 Пашнюк В.М, 48  
 Перлова Н. О, 151  
 Перлова О.В, 99, 151  
 Пехньо В.І, 156  
 Пилипенко А.М, 194  
 Пилипенко Р. Г., 36  
 Пирекова Н.А, 39, 40  
 Піддубний В.В, 252  
 Пірський Ю.К, 145  
 Плотніченко К.К, 209  
 Полікарпов О.П, 151  
 Поліш Н.В., 210  
 Поліщук А.О., 90  
 Попова А.В, 148  
 Попова Л.А., 190  
 Поповська О.Ю, 148  
 Прибора Н.А, 8  
 Приступа І.В, 43

Радіо С.В, 148  
 Робота Л.П, 187  
 Розанцев Г.М, 148  
 Роїк Н.В, 152  
 Ромака В.А., 80  
 Ромака Л.П, 80, 136, 154  
 Романів І.М, 154  
 Румянцева Ж.О., 148  
 Русецький І.А, 99  
 Сабєрова В.О, 101  
 Сабо Т.Ш, 200  
 Савельєв Ю. В., 187  
 Савенко Т.А, 103  
 Савчук Т.І., 24, 25, 26, 41, 43  
 Самарик В.Я., 198, 208  
 Самелюк А.В, 138  
 Сахно В.І, 194  
 Свиридюк К. П., 104  
 Свіщова Я.О, 44  
 Селін Р.О, 156, 159  
 Семенова М.І, 202  
 Семенцов Ю.І., 110  
 Сеньків Н.П, 127  
 Серветник А.М, 253  
 Серкіз Р.Я, 128  
 Сиса Л.В, 46, 48  
 Сіренко Г.О, 72  
 Скорейко Н.Т., 96, 175  
 Скорейко Р.С, 175  
 Скрипинець Ю.В, 14  
 Сливка М.В, 192, 202, 221  
 Смирнова О.В, 129  
 Соколовська Л.П, 25  
 Солдаткіна Л.М, 256  
 Соляр Ю.А, 105  
 Спасьонова Л.М, 138  
 Ставинська О.М, 91, 139  
 Стадник Ю.В, 80, 136, 154  
 Старостенко О.М, 193, 213  
 Старухін А.С, 156  
 Стасюк А.В., 198, 217  
 Сташкевич О.І, 257  
 Стеценко В.П, 138  
 Столярчук Н.В, 107  
 Суковач Т.М., 202  
 Тамаркіна Ю.В, 101  
 Татарчук Т.Р, 12, 93  
 Текменжи К.І, 50, 151  
 Терещук Є.І, 158  
 Терезь М.І., 110  
 Тітов Ю.О, 56, 135  
 Ткач В.В, 50, 52, 217, 218, 219, 259, 260  
 Ткаченко Т.В, 133  
 Токар А.В, 236  
 Томашик В.М, 161  
 Томашик З.Ф, 161  
 Томіна В.В., 107  
 Травінська Т. В, 187  
 Третяк М.Р, 143, 144  
 Третякова І.М, 156, 159  
 Тьортих В.А, 139  
 Умецька І.В., 14  
 Усач М.А, 262, 264  
 Файнлейб О.М, 194, 213  
 Федосова Н.М, 156, 159  
 Фесенко Т.В, 91  
 Фізер М.М., 221  
 Фізер О.І, 221  
 Фрасинюк М.С, 222  
 Хавікова К.Є, 53  
 Хиля В.П, 222  
 Хімач Н.Ю, 133  
 Холмовой Ю.П, 207  
 Хомич В.М, 56  
 Цимбалюк І.В, 26  
 Чайка М.В, 81, 135, 105, 111, 161, 240  
 Черній В.Я, 156, 159  
 Чернюк О.А., 110  
 Чудінович О. В, 164  
 Чумак В.В, 240  
 Шавлюк В.М, 111  
 Шанюк А.М, 265  
 Шапошнікова Г.С, 236  
 Швед О.М, 191, 204  
 Швець О.В, 143, 144  
 Шилюк В.В, 267  
 Шкрабак О.А, 169  
 Шмаков О.В, 112  
 Шокол Т.В, 223  
 Юсіна Г.Л., 207  
 Ютілова К.С, 191, 204  
 Ягодинець П.І, 50, 52, 217, 218, 219  
 Яковів М.В, 224  
 Яремов П.С, 143  
 Яценко Т.В, 88  
 Яцків Ю.І, 136  
 Яцков М.В, 57, 60, 62, 96

## ЗМІСТ

<b>АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ ТА ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	<b>5</b>
<b>RONOMARENKO A. CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING WATER AND ITS IMPACT ON HUMAN HEALTH</b> .....	<b>6</b>
<b>RONOMARENKO A. WATER PURIFICATION FROM OIL PRODUCTS</b> .....	<b>6</b>
<b>БЕРКЕЛА П.О., ПРИБОРА Н.А. ВИЗНАЧЕННЯ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ФАРБИ ДЛЯ ВОЛОССЯ ЯК ПРИКЛАДНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	<b>8</b>
<b>ГОРЕНКО Ю.В. ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ҐРУНТІВ ПОБЛИЗУ ТЕС</b> ..	<b>9</b>
<b>ДАНИЛЮК Н.В., ТАТАРЧУК Т.Р. SMART-АНАЛІЗ ЯК ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВОДИ</b> .....	<b>12</b>
<b>СГОРОВА А.В., ВОЙТЮК О.Д., СКРИПИНЕЦЬ Ю.В., КАШУЦЬКИЙ С.М., УМЕЦЬКА І.Б., АНТОНОВИЧ В.П. ВЕРХ-ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНИХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ У ТАБЛЕТКАХ «ПЕНТАЛГІН ІС®»</b> .....	<b>14</b>
<b>ЄРКО Д.В. ЕКСПЕРТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ <math>\alpha</math> –ПРОЛІДИНОВАЛЕРОФЕНОНУ(<math>\alpha</math> - PVP</b>	<b>16</b>
<b>ЖИЛКО В.В., НЕХАНЬ Н.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАТИОННОГО КРАСИТЕЛЯ ПИРОНИНА G ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ЭКСТРАКЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ</b> .....	<b>17</b>
<b>КЛОВАК В.О., КУЛІЧЕНКО С.А., ЛЕЛЮШОК С.О. ФЛЮОРЕСЦЕНТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗЧИНІВ РОДАМІНУ 6Ж ТА РОДАМІНУ С В ОРГАНІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ПАР</b> .....	<b>19</b>
<b>КОБИЛІНСЬКА Н.Г., ДУДАРКО О.А. МОНО- ТА БІФУНКЦІОНАЛЬНІ МЕЗОПОРІСТІ КРЕМНЕЗЕМИ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ</b> .....	<b>21</b>
<b>КОРОЛЬЧУК С.І., БАКОВЕЦЬКА Т.С., САВЧУК Т.І., КОРМОШ Ж.О. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ НІТРИТІВ У КОВБАСНИХ ВИРОБАХ</b> .....	<b>24</b>
<b>КОРОЛЬЧУК С.І., СОКОЛОВСЬКА Л.П., САВЧУК Т.І., КОРМОШ Ж.О. ВИЗНАЧЕННЯ СІРЧИСТОЇ КИСЛОТИ У СУХОФРУКТАХ</b> .....	<b>25</b>
<b>КОРОЛЬЧУК С.І., ЦИМБАЛЮК І.В., САВЧУК Т.І., КОРМОШ Ж.О. ВИЗНАЧЕННЯ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ У БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЯХ</b> .....	<b>26</b>
<b>ОКОВІТА Я.С. ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ</b> .....	<b>28</b>
<b>ОНИЩУК О.О. ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ МІКРОКІЛЬКОСТЕЙ ЗАЛІЗА У ВОДОПРОВІДНІЙ ВОДІ</b> .....	<b>31</b>

<b>ПАНЧЕНКО М.В., КОНДРАТЕНКО О.У. СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЩОДО ЙОНІВ CU(II) СИЛКАГЕЛІВ З АДСОРБОВАНИМИ КОПОЛІМЕРАМИ 4-ВІНІЛПІРИДИНУ ТА СТИРЕНУ .....</b>	<b>33</b>
<b>ПАПІЄВА Т.В., ЛУГАНСЬКА О.В. ВМІСТ ПЛЮМБУМУ В ОГІРКАХ ТЕПЛИЧНИХ, БУРЯКАХ СТОЛОВИХ, КІВИ ТА БАНАНАХ.....</b>	<b>34</b>
<b>ПИЛИПЕНКО Р.Г. РАДІАЦІОННІ СВОЙСТВА БЕТОНІВ.....</b>	<b>36</b>
<b>ПИРЕКОВА Н.А., КОРУЛЬКІН Д.Ю. КАЧЕСТВЕННИЙ АНАЛІЗ БІОЛОГІЧЕСКИ АКТИВНИХ ВЕЩЕСТВ MENTHA ARVENSIS L .....</b>	<b>39</b>
<b>ПИРЕКОВА Н.А., КОРУЛЬКІН Д.Ю. КОЛИЧЕСТВЕННИЙ АНАЛІЗ БІОЛОГІЧЕСКИ АКТИВНИХ ВЕЩЕСТВ MENTHA ARVENSIS L .....</b>	<b>40</b>
<b>САВЧУК Т.І., КОРМОШ Ж.О., КОРОЛЬЧУК С.І. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ У ГАЗОВАНИХ ВОДАХ.....</b>	<b>41</b>
<b>САВЧУК Т.І., МІГАЛЬЧУК І.С., КОРОЛЬЧУК С.І., КОРМОШ Ж.О. ВИЗНАЧЕННЯ АНТИОКСИДАНТІВ У ВІННИХ ВИРОБАХ .....</b>	<b>41</b>
<b>САВЧУК Т.І., ПРИСТУПА І.В., КОРОЛЬЧУК С.І., КОРМОШ Ж.О. ВИЗНАЧЕННЯ ШКІДЛИВИХ ДОМІШОК У ГОІРЛЧАНИХ ВИРОБАХ.....</b>	<b>43</b>
<b>СВІЦОВА Я.О. ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АСОЦІАТІВ ПРИ РОЗРОБЦІ СПЕКТРАЛЬНИХ МЕТОДИК КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ .....</b>	<b>44</b>
<b>СИСА Л.В., МЯКУШ О.Р. ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ СВИНЦЮ, МІДІ, ЦИНКУ ТА НІКЕЛЮ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ПРИРОДНИМИ СОРБЕНТАМИ, АКТИВОВАНИМИ МІКРОХВИЛЯМИ .....</b>	<b>46</b>
<b>СИСА Л.В., ПАШНЮК В.М. ПЕРЕВИЩЕННЯ ГРАНИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМАХ ЛЬВІВЩИНИ ЯК ПОКАЗНИК ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ .....</b>	<b>48</b>
<b>ТКАЧ В.В., КУШНІР М.В., ДЕ ОЛІВЕЙРА С.С., ІВАНУШКО Я.Г., ЛУГАНСЬКА О.В., ЯГОДИНЕЦЬ П.І., ІСКАРИЦЯ В.В., КОРМОШ Ж.О., БАШ ДУЖ РЕЙШ Л. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ КАРФЕДОН З ДОПОМОГОЮ КОМПОЗИТУ VO(OH) – СКВАРАЇНОВИЙ БАРВНИК....</b>	<b>50</b>
<b>ТКАЧ В.В., КУШНІР М.В., ДЕ ОЛІВЕЙРА С.С., НАЗИМОК Є.В., ІВАНУШКО Я.Г., ЛУГАНСЬКА О.В., ЯГОДИНЕЦЬ П.І., КОРМОШ Ж.О., МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПЕСТИЦИДУ АЛЬДИКАРБ НА ПРОВІДНОМУ ПОЛІМЕРНОМУ АНОДІ, МОДИФІКОВАНОМУ БІСМУТАТ-ЙОНОМ.....</b>	<b>52</b>
<b>ХАВІКОВА К.С., ІВАНЧЕНКО А.В. АДСОРБЦІЙНО-ФЛОТАЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ФЕНОЛІВ З РІДКИХ ВІДХОДІВ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГЛАУКОНІТОВОЇ ГЛИНИ.....</b>	<b>53</b>

<b>ХОМИЧ В.М., КАМІНСЬКИЙ О.М., ТІТОВ Ю.О. ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ТА ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ МОЛОКА ВИРОБНИКІВ ЖИТОМИРЩИНИ .....</b>	<b>56</b>
<b>ЯЦКОВ М.В., КОРЧИК Н.М., БЕСЕДЮК В.Ю. ДІЯЛЬНІСТЬ БАКТЕРІЙ МОЛОЧНОКИСЛИХ ЗАКВАСОК ЯК ФАКТОР ЗМІНИ КИСЛОТНО-ОСНОВНИХ ТА ОКИСНО-ВІДНОВНИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА .....</b>	<b>57</b>
<b>ЯЦКОВ М.В., КОРЧИК Н.М., КИРИЛЮК С.В. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЙОННОГО ОБМІНУ, ЯК ЕЛЕМЕНТУ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ .....</b>	<b>60</b>
<b>ЯЦКОВ М.В., МІСІНА О.І. ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОЛІТІВ В ПРОЦЕСІ МАГНІТНОГО ОЧИЩЕННЯ РІДИН ВІД ФЕРУМОВМІСНИХ ДОМІШОК.....</b>	<b>62</b>
<b>МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ .....</b>	<b>64</b>
<b>BONDARENKO M.E., SILENKO P.M., SOLONIN Yu.M., GUBARENI N.I., KHYZHUN O.Y., YAROVA N.Yu., FROLOVA M.A. FACILE APPROACH TO SIMULTANEOUSLY PREPARE O-G-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> FILMS AND BINARY O-G-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> FILMS ON TITANIUM SUBSTRATE AS PERSPECTIVE PHOTOCATALYTIC MATERIALS.....</b>	<b>65</b>
<b>BONDARENKO M.E., SILENKO P.M., SOLONIN Yu.M., RAGULYA A.V., ZAHORNYI M.M., GUBARENI N.I., KHYZHUN O.Y., YAROVA N.Yu. DEPENDENCE OF THE OPTICAL CHARACTERISTICS AND MORPHOLOGY OF C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>O<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> NANOPARTICLES ON THE PHASE COMPOSITION OF THE TITANIUM DIOXIDE MATRIX .....</b>	<b>67</b>
<b>BONDARENKO M.E., SILENKO P.M., SOLONIN Yu.M., RAGULYA A.V., ZAHORNYI M.M., GUBARENI N.I., KHYZHUN O.Y., YAROVA N.Yu. DEPOSITION OXYGEN MODIFIED CARBON NITRIDE C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>O<sub>x</sub> ON THE SURFACE OF ANATASE NANOPARTICLES AS PROMISING PHOTOCATALYTIC COMPOSITE FOR RENEWABLE ENERGY AND EFFECTIVELY REMOVING BIOHAZARDS .....</b>	<b>69</b>
<b>ZHYHAILO M.M. POLYMER MEMBRANE WITH DIFFERENT CONTENT OF CROSS-LINKER FOR FUEL CELLS .....</b>	<b>71</b>
<b>АНДРУСИШИН Ю.І., СІРЕНКО Г.О. СИНТЕЗ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОКСИДА ГРАФЕНУ .....</b>	<b>72</b>
<b>ГНАТЮК А.А., ЕГОРОВА Л.М. ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕДНЫХ СПЛАВОВ В ТЕХНИКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ .....</b>	<b>74</b>
<b>ГОНЧАР О.М. СИНТЕЗ НА ПОВЕРХНІ НАНОЧАСТИНОК МОДИФІКОВАНОГО РЕАКЦІЙНОЗДАТНИМ МОДИФІКАТОРОМ МОНТМОРИЛОНІТУ .....</b>	<b>77</b>
<b>ГОРБИК П.П., ДУБРОВІН І.В., АБАРМОВ М.В. СИНТЕЗ І ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ ГАДОЛІНІЙ-ІТРИЄВИХ ФЕРОГРАНАТІВ.....</b>	<b>79</b>

<b>ГОРИНЬ А.Н., РОМАКА Л.П., СТАДНИК Ю.В., РОМАКА В.А.</b> КРИСТАЛІЧНА, ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРИ ТА ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ ЗАМІЩЕННЯ $TiNi_{1-x}Rh_xSn$ .....	80
<b>ГРУНЬ А.В., ДЕНИСЮК Р.О., ЧАЙКА М.В.</b> ТРАВЛЕННЯ $Zn_xCd_{1-x}Te$ В РОЗЧИНАХ $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – ЛИМОННА КИСЛОТА.....	81
<b>ДЕЙНЕКА К.Ю.</b> ШВИДКІСТЬ ОБЕРТАННЯ БАРАБАНА ПРИ ДОСЯГНЕННІ МАКСИМАЛЬНОГО РОЗМАХУ АВТОКОЛИВАНЬ ПОЛІЗЕРНИСТОГО ЗАПОВНЕННЯ .....	82
<b>ДУБРОВІНА Л.В., ОГЕНКО В.М., ДУБРОВІН І.В.</b> ОРГАНО-НЕОРГАНІЧНІ КОМПОЗИТИ ДЛЯ МОДИФІКУВАННЯ КЕРАМІЧНИХ МЕМБРАН .....	85
<b>ЖДАНЮК Н.В., ОЧЕРЕДНИК А.В.</b> ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЩЕННЯ СКЛА ІОНООБМІННИМ МЕТОДОМ.....	87
<b>КОЛОМІЄЦЬ Є.О., ДЗЯЗЬКО Ю.С., ЯЦЕНКО Т.В.</b> ВПЛИВ МОРФОЛОГІЇ НЕОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ НА СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ СОРБЕНТІВ ТА МЕМБРАН .....	88
<b>КУСЯК А.П., КУСЯК Н.В., КУТИНА О., ПОЛЩУК А.О.</b> МЕТОДИ СИНТЕЗУ БІОАКТИВНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	90
<b>ЛАГУТА І.В., СТАВИНСЬКА О.М., ФЕСЕНКО Т.В., ІВАННІКОВ Р.В.</b> ЕКСТРАКТИ ОРХІДНИХ В ЗЕЛЕНОМУ СИНТЕЗІ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА .....	91
<b>ЛОПАЧУК Л.В., ТАТАРЧУК Т.Р.</b> ВПЛИВ МЕТОДУ СИНТЕЗУ НА КОЛІРНІЙ ТОН КОБАЛЬТОВОГО АЛЮМІНАТУ .....	93
<b>МАРКІТАН О.В., ВЛАСОВА Н.М.</b> ВЗАЄМОДІЯ НЕОРГАНІЧНИХ ФОСФАТІВ З ПОВЕРХНЕЮ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО ДІОКСИДУ ТИТАНУ.....	94
<b>МАРТИНЮК Г.В., АКСІМЕНТЬЄВА О.І., ЯЦКОВ М.В., ГАКАЛО О.І., СКОРЕЙКО Н.Т.</b> ОСОБЛИВОСТІ КІНЕТИКИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ПЛІВКОВИХ ЗРАЗКІВ АМІНОАРЕНІВ В МАТРИЦІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ.....	96
<b>ПЕРЛОВА О.І., ІВАНОВА І.С., ДЗЯЗЬКО Ю.С., ДАНІЛОВ М.О., РУСЕЦЬКИЙ І.А., КОЛБАСОВ І.Я.</b> ВПЛИВ ДОБАВОК ОКСИДУ ГРАФЕНОПОДІБНОГО МАТЕРІАЛУ, ОТРИМАНОВОГО РОЗКРИВАННЯМ БАГАТОСТІННИХ НАНОТРУБОК, НА СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОФОСФАТУ ЦИРКОНІЮ .....	99
<b>САБЄРОВА В.О., ТАМАРКІНА Ю.В., КУЧЕРЕНКО В.О.</b> НАДМОЛЕКУЛЯРНА СТРУКТУРА БУРОВУГІЛЬНИХ НАНОПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ, ОТРИМАНИХ ЛУЖНОЮ АКТИВАЦІЄЮ.....	101

<b>САВЕНКО Т.А., КИЧКИРУК О.Ю.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИЛКАГЕЛІВ МОДИФІКОВАНИХ КОПОЛІМЕРАМИ 4-ВІНІЛПІРИДИНУ ТА СТИРЕНУ ЩОДО КАТІОНІВ Рv(II) .....	103
<b>СВИРИДЮК К.П., КУСЯК Н.В., КУСЯК А.П., ГОРБИК П.П., КОРНІЙЧУК Н.М.</b> ІММОБІЛІЗАЦІЯ ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПОВЕРХНІ МАГНІТОКЕРОВАНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ.....	104
<b>СОЛЯР Ю.А., ДЕНИСЮК Р.О., ЧАЙКА М.В.</b> ВЗАЄМОДІЯ $Zn_xCd_{1-x}Te$ З ТРАВІЛЬНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ $K_2Cr_2O_7 - HBr -$ ЕТИЛЕНГЛІКОЛЬ.....	105
<b>ТОМІНА В.В., СТОЛЯРЧУК Н.В., ДУДАРКО О.А., МЕЛЬНИК І.В.</b> ОСОБЛИВОСТІ СОРБЦІЇ ЙОНІВ МІДІ(II) ТА НІКЕЛЮ(II) КРЕМНЕЗЕМАМИ З ЕТИЛЕНДІАМІНТРИОЦТОВОКИСЛОТНИМИ (ЕДТА) ГРУПАМИ.....	107
<b>ЧЕРНЮК О.А., ДЕМ'ЯНЕНКО Е.М., ТЕРЕЦЬ М.І., ЖУРАВСЬКИЙ С.В., МАХНО С.М., ЛОБАНОВ В.В., КАРТЕЛЬ М.Т., СЕМЕНЦОВ Ю.І.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВПЛИВУ ХІМІЇ ПОВЕРХНІ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СКЛОПЛАСТИКІВ.....	110
<b>ШАВЛЮК В.М., ДЕНИСЮК Р.О., ЧАЙКА М.В.</b> ХІМІЧНЕ РОЗЧИНЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ $CdTe$ В ТРАВНИКАХ $K_2Cr_2O_7 - HBr - C_3H_6O_3$ .....	111
<b>ШМАКОВ О.В.</b> ЕЛЕКТРОДИ ТА ПАЛИВО ДЛЯ СУЧАСНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	112
<b>НЕОРГАНІЧНА ТА ФІЗИЧНА ХІМІЯ</b>	<b>115</b>
<b>BELYAKOVA L.A., TROFYMCHUK I.M.</b> INTERACTION BETWEEN BENZENE AND $\beta$ -CYCLODEXTRIN IN AQUEOUS SOLUTIONS .....	116
<b>MELNYK I.V.</b> SILICA-BASED ADSORBENTS WITH 3-MERCAPTOPROPYL GROUPS FOR WATER CLARIFICATION .....	118
<b>ROIK N.V., BELYAKOVA L.A., DZYAZKO M.O.</b> STUDY OF METHYL RED SORPTION BY MESOPOROUS ORGANOSILICAS OF MCM-41 TYPE.....	121
<b>ВИНОГРАДОВ О.С., ПАВЛЕНКО В.О.</b> СИНТЕЗ ТА КРИСТАЛІЧНА БУДОВА -АЗАМЕТАЛОКРАУНІВ-3 МІДІ (II) З 4-ЙОДПІРАЗОЛОМ.....	123
<b>ВОЛКОВА Л.К., ОПЕЙДА Й.О.</b> ЗВ'ЯЗКОВА СЕЛЕКТИВНІСТЬ РЕАКЦІЙ НАСИЧЕНИХ ВУГЛЕВОДНІВ В СІРЧАНОКИСЛИХ РОЗЧИНАХ ОКИСНИКІВ .....	125
<b>ГЕРЦИК О.М., БУВАНИК С.І., МАРКІВ І.Р., ПАНДЯК Н.Л., СЕНЬКІВ Н.П.</b> ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПРОЦЕСИ ПЛІВКОУТВОРЕННЯ ОЛІГОПЕРОКСИДІВ НА АМОРФНИХ СПЛАВАХ .....	127



<b>ДОМІНЮК Н.І., НИЧИПОРУК Г.П., СЕРКІЗ Р.Я., ЗАРЕМБА В.І. СИСТЕМА <math>SeCu_{1-x}Ag_xIn</math> ПРИ 870 К.....</b>	<b>128</b>
<b>ЄФІМОВА І.В., СМІРНОВА О.В. КОМПЛЕКСООТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ КРАУН-ЕТЕР - <math>CO_2</math>-РОЗЧИННИК.....</b>	<b>129</b>
<b>ЖИЛЯК І.Д., КОПЛІВІЧ В.А., ДАВІСКИБА В.В. СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАТОВАНОГО ПОДВІЙНОГО ЦИКЛІЧНОГО ТРИМЕТАФОСФАТУ ЛІТІЮ-КАЛІЮ .....</b>	<b>131</b>
<b>КАМЕНСЬКИХ Д.С., ЄВДОКИМЕНКО В.О., ТКАЧЕНКО Т.В., ХІМАЧ Н.Ю., БЛЕНКО Н.А., КАШКОВСЬКИЙ В.І. ОДЕРЖАННЯ НИЖЧИХ ВУГЛЕВОДНІВ ГІДРОГЕНІЗАЦІЄЮ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ.....</b>	<b>133</b>
<b>КЛИМЧУК П.О., ТІТОВ Ю.О., ЧАЙКА М.В. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТРАВІЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ХІМІЧНОГО ПОЛІРУВАННЯ ПОВЕРХНІ МОНОКРИСТАЛІВ <math>Zn_xCd_{1-x}Te</math> .....</b>	<b>135</b>
<b>КОНИК М.Б., РОМАКА Л.П., ЯЦКІВ Ю.І., СТАДНИК Ю.В. ФАЗОВІ РІВНОВАГИ У СИСТЕМАХ <math>\{Gd, Dy\}-Cr-Ge</math> ПРИ 1070 К.....</b>	<b>136</b>
<b>КОРНІЄНКО О.В., САМЕЛЮК А.В., БИКОВ О.І., СТЕЦЕНКО В.П., СПАСЬОНОВА Л.М. ВЗАЄМОДІЯ ОКСИДІВ ЦИРКОНІЮ, ЛАНТАНУ ТА САМАРІЮ ПРИ ТЕМПЕРАТУРІ 1500 °С.....</b>	<b>138</b>
<b>КУЗЕМА П.О., ЛАГУТА І.В., СТАВИНСЬКА О.М., БОРИСЕНКО М.В., ТЬОРТИХ В.А. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТІВ НЕМОДИФІКОВАНОГО ТА ГІДРИДСИЛІЛЬОВАНОГО ПІРОГЕННОГО КРЕМНЕЗЕМУ З КАВОВОЮ КИСЛОТОЮ МЕТОДАМИ ІЧ СПЕКТРОСКОПІЇ ТА ТЕРМОГРАВІМЕТРІЇ.....</b>	<b>139</b>
<b>КУРМАЧ М.М., ТРЕТЯК М.Р., ЛОЗОВИЦЬКА О.І., КОНИШЕВА К.М., ЯРЕМОВ П.С., ШВЕЦЬ О.В. ОДЕРЖАННЯ ТА СТРУКТУРА ІЄРАРХІЧНИХ ЦЕОЛІТІВ – КАТАЛІЗАТОРІВ РІЗНОМАНІТНИХ КИСЛОТНО-ОСНОВНИХ ОРГАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....</b>	<b>143</b>
<b>КУРМАЧ М.М., ТРЕТЯК М.Р., ШВЕЦЬ О.В. ДОПОВАНІ ОСНОВНИМИ ОКСИДАМИ (Cs, Mg, Zn) ІЄРАРХІЧНІ ЦЕОЛІТИ ВЕА ЯК ЕФЕКТИВНІ КАТАЛІЗАТОРИ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ 2-АМІНОТІОФЕНІВ ЗА РЕАКЦІЄЮ ГЕВАЛЬДА.....</b>	<b>144</b>
<b>КУЦІЙ А.В., МАНЛІВІЧ Ф.Д., ПІРСЬКИЙ Ю.К., ПАНЧИШИН Т.М. ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ ШЛЯХОМ ГІДРОЛІЗУ БОРГІДРИДУ НАТРІЮ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК.....</b>	<b>145</b>
<b>ЛИННИК Т.В., ДУВАНОВА Е.С., ПОПОВА А.В., РОЗАНЦЕВ Г.М. СТАН ІОНІВ ВАНАДІЮ (V) У ВОДНО-ДМФА РОЗЧИНІ .....</b>	<b>148</b>

<b>МАРІЙЧАК О.Ю., ПОПОВСЬКА О.Ю., РУМЯНЦЕВА Ж.О., РОЗАНЦЕВ Г.М., РАДІО С.В.</b> СИНТЕЗ, ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЧНИЙ, ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА МІКРОМОРФОЛОГІЯ	ПОВЕРХНІ	НАТРІЮ	
ГЕТЕРОПОЛІДЕКАВОЛЬФРАМОДИСПРОЗІАТУ (III).....			148
<b>ПЕРЛОВА О.В., ТЕКМЕНЖИ К.І., ПЕРЛОВА Н.О., ПОЛІКАРПОВ О.П.</b> ВОЛОКНИСТИЙ СОРБЕНТ ФІБАН А-6 ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ КАРБОНАТНИХ МОДЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ УРАНУ (VI).....			151
<b>РОЇК Н.В.</b> КОНДУКТOMETРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ЗМІШАНИХ МІЦЕЛ ЦЕТИЛТРИМЕТИЛАМОНІЙ БРОМІДУ ТА АЗОБАРВНИКІВ.....			152
<b>РОМАКА Л.П., СТАДНИК Ю.В., РОМАНІВ І.М.</b> ВЗАЄМОДІЯ КОМПОНЕНТІВ У СИСТЕМІ $\text{Ni-Fe-Sn}$ ПРИ 670 К.....			154
<b>СЕЛІН Р.О., КРИВОРОТЕНКО Д.В., ТРЕТЯКОВА І.М., ФЕДОСОВА Н.М., ЧЕРНІЙ В.Я., ПЕХНЬО В.І., СТАРУХІН А.С.</b> СИНТЕЗ БАРВНИКІВ ЗДАТНИХ ДО КООРДИНАЦІЇ З ІОНАМИ МЕТАЛІВ.....			156
<b>ТЕРЕЩУК Є.І., ПАНАСЮК Д.Ю., КАМІНСЬКИЙ О.М.</b> ВИВЧЕННЯ КІНЕТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ СИНТЕТИЧНИХ НЕЕЛАСТИЧНИХ ГЕЛІВ НА ПРИКЛАДІ ГЕЛЮ СИЛКАТНОЇ КИСЛОТИ.....			158
<b>ФЕДОСОВА Н.М., СЕЛІН Р.О., ТРЕТЯКОВА І.М., ЧЕРНІЙ В.Я.</b> СИНТЕЗ ДИГІДРОКСОФТАЛОЦІАНІНАТІВ ЦИРКОНІЮ ТА ГАФНІЮ.....			159
<b>ЧАЙКА М.В., ТОМАШИК З.Ф., ДЕНИСЮК Р.О., ТОМАШИК В.М., ПААНСЮК Д.Ю.</b> КОМПЕНСАЦІЙНИЙ ЕФЕКТ У КІНЕТИЦІ ХІМІЧНОГО РОЗЧИНЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ В БРОМВИДІЛЯЮЧИХ ТРАВНИКАХ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{HBr} -$ РОЗЧИННИК.....			161
<b>ЧУДІНОВИЧ О.В., ЖДАНИЮК Н.В.</b> ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В ПОДВІЙНІЙ СИСТЕМІ $\text{La}_2\text{O}_3 - \text{Lu}_2\text{O}_3$ ПРИ 1600 °С.....			164

<b>ХІМІЧНІ ПРЕПАРАТИ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ</b>	<b>165</b>
<b>АНДРІЮК Н., БРИЧКА С.Я.</b> СИЛКАТНІ НАНОТРУБКИ ЯК НОВІТНІЙ НОСІЙ ГЕНТАМІЦИНУ.....	166
<b>БІГДАН О.А., ПАРЧЕНКО В.В.</b> СИНТЕЗ, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НОВИХ 5-ГЕТЕРИЛ-4-R-1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ТІОЛІВ.....	167
<b>ВДОВІН В.С.</b> СИНТЕЗ АУРОНІВ 3 А ТА В-НАФТОЛІВ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИХ ІНГІБІТОРІВ ПРОТЕЇНКІНАЗИ СК2.....	168
<b>ВЕКЛІЧ Т.О., ШКРАБАК О.А., ГОЛЬДЕН О.В., КАРДАШ О.О.</b> КАЛІКС[4]АРЕН С-956 ВПЛИВАЄ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕМБРАНИ.....	169

<b>ГАПУРОВ Ж.Ж. ХЛОРОФИЛЛ</b> .....	173
<b>ГАПУРОВ Ж.Ж. БІОЛОГІЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ТУИ ЗАПАДНОЙ</b> .....	174
<b>КАРПЕНКО Ю.В., ПАНАСЕНКО О.І. АНТИБАКТЕРІАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ОСНОВ ШИФФА НА БАЗІ N-ПОХІДНИХ АКРИДИН-9(10H)-ОНУ</b> .....	175
<b>СКОРЕЙКО Р.С., ГОРЕВИЧ С.С., СКОРЕЙКО М.Т. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІО-ІНОЗИТОЛУ В МЕДИЦИНІ</b> .....	176
<b>ОРГАНІЧНА ХІМІЯ, ХІМІЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК</b>	<b>179</b>
<b>PURIKOVA O.G., GRANDE D., FAINLEIB A.M. CROSS-LINKED POLYMER FROM BISPHENOL A–ANILINE BASED BENZOXAZINE AND POLYSULFONE</b> .....	180
<b>SHTAMBURG V.G., SHTAMBURG V.V., KRAVCHENKO S.V., ANISHCHENKO A.A., SHISHKINA S.V., KONOVALOVA I.S., MAZERA A.V. 3-ALKOXY-1,5-DIARYL-4,5-DIHYDROXYIMIDAZOLIDIN-2-ONES AND 3-ALKOXY-1-ALKYL-5-ARYL-4,5-DIHYDROXYIMIDAZOLIDIN-2-ONES: SYNTHESIS AND STRUCTURE</b> .....	183
<b>SHTAMBURG V.G., SHTAMBURG V.V., KRAVCHENKO S.V., ANISHCHENKO A.A., SHISHKINA S.V., KONOVALOVA I.S., MAZERA A.V. INTERACTION OF NINHYDRIN WITH N-HYDROXYUREA AND N-ALKOXYUREAS IN ACETIC ACID</b> .....	184
<b>АКИШИНА Е.А., ДИКУСАР Є.А. ПРОИЗВОДНЫЕ АКРИДИНА, БИСАКРИДИНА И ХИНОЛИНА С ИЗОТИАЗОЛЬНЫМИ И ФЕРРОЦЕНОВЫМИ ФРАГМЕНТАМИ</b> .....	186
<b>БРИКОВА О.М., ГОНЧАР О.М., ТРАВІНСЬКА Т.В., РОБОТА Л.П., САВЕЛЬЄВ Ю.В. БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ ІОНОМЕРНІ ПОЛІУРЕТАНИ, ЩО МІСТЯТЬ КОМПЛЕКСНИЙ ІОН СРІБЛА</b> .....	188
<b>ГАЙДУКЕВИЧ В.А., ПОПОВА Л.А., ЗУБРЕЙЧУК З.П., КНИЖИНКОВ В.А. СИНТЕЗ ЛЕЙЦИНСОДЕРЖАЩИХ ЦИКЛОДИПЕПТИДОВ</b> .....	190
<b>ГНАТЮК Г.В., МАКОЦЬКА О.Ю., ЮТІЛОВА К.С., ШВЕД О.М. СОЛІ ТЕТРАЛКЛАМОНІО ЯК КАТАЛІЗАТОРИ РЕАКЦІЇ АЦЕТОЛІЗУ 2-ХЛОРОМЕТИЛОКСИРАНУ У БІНАРНИХ РОЗЧИННИКАХ</b> .....	191
<b>ГОЛОВКО-КАМОШЕНКОВА О.М., КОРОЛЬ Н.І., СЛИВКА М.В., ЛЕНДЄЛ В.Г. НОВИЙ ЕФЕКТИВНИЙ ПІДХІД ДО СИНТЕЗУ 5-ТРИФЛУОРОМЕТИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ІОЛУ ТА ЙОГО РЕАКЦІЯ З ПРОПАРГІЛБРОМІДОМ</b> .....	192
<b>ГРИГОР'ЄВА О.П., СТАРОСТЕНКО О.М., ФАЙНЛЕЙБ О.М., ПИЛИПЕНКО А.М., САХНО В.І., КОВАЛІНСЬКА Т.В., ГРАНДЕ Д. РАДІАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ТЕРМОСТІЙКОГО СІТЧАСТОГО ПОЛІЦАНУРАТУ МОДИФІКОВАНОГО ДИМЕТИЛФТАЛАТОМ</b> .....	194

<b>ДОРОХОВ В.І., КЕМСЬКИЙ С.В., БОЛЬБУТ А.В., ВОВК М.В. СИНТЕЗ 7-N-АЦИЛАМІНОФУНКЦІОНАЛІЗОВАНИХ ПОХІДНИХ ПІРАЗОЛО[3,4-E][1,4]ДІАЗЕПІНІВ .....</b>	<b>197</b>
<b>ДРОНЬ І.А., СТАСЮК А.В., ГРАБАЗЕЙ І.О., НАДАШКЕВИЧ З.Я., САМАРИК В.Я. ОДЕРЖАННЯ КОМБІНОВАНИХ ГІДРОГЕЛІВ НА ОСНОВІ ПЕКТИНУ ТА АЛЬГІНАТУ НАТРІЮ .....</b>	<b>199</b>
<b>ЗАПОТОЦЬКИЙ М.А., САБО Т.Ш., КУТ Д.Ж., КУТ М.М., ОНИСЬКО М.Ю., БАЛОГ І.М., ЛЕНДЄЛ В.Г. СИНТЕЗ БІОПЕРСПЕКТИВНИХ 2,3-ФУНКЦІОНАЛІЗОВАНИХ ХІНОЛІНІВ .....</b>	<b>200</b>
<b>КОРОЛЬ Н.І., ГОЛОВКО-КАМОШЕНКОВА О.М., СЛИВКА М.В., ЛЕНДЄЛ В.Г. ЕЛЕКТРОФІЛЬНА ГЕТЕРОЦИКЛІЗАЦІЯ НЕЗАМІЩЕНИХ ТІОПОХІДНИХ 5,5'-БУТАН-БІС-1,2,4-ТРИАЗОЛІВ .....</b>	<b>202</b>
<b>ЛИТВИН В.А., СУКОВАЧ Т.М., СЕМЕНОВА М.І. СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТЕТИЧНИХ ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН .....</b>	<b>203</b>
<b>МАНДРІЙЧУК Б.В., ВІЛЕНСЬКИЙ В.О. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ХІМІЇ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЧНИХ СПЛУК ПОЛІМЕРНИХ ФРАГМЕНТІВ ДИФЕНІЛМЕТАІЗОЦІАНАТІВ .....</b>	<b>204</b>
<b>МАРЦЕНЮК Н.С., ЮТІЛОВА К.С., КРИСЬКО Л.В., ШВЕД О.М. ВПЛИВ ПОЛЯРНOSTІ РОЗЧИННИКА НА КІНЕТИКУ І РЕГІОСЕЛЕКТИВНІСТЬ АЦЕТОЛІЗУ ЕПІХЛОРГІДРИНУ В ПРИСУТНОСТІ ТЕТРАЕТИЛАМОНІЙ БРОМІДУ .....</b>	<b>205</b>
<b>МАСЮК А.С., КАТРУК Д.С., КИСІЛЬ Х.В., КУЛІШ Б.І., ЛЕВИЦЬКИЙ В.Є. ВПЛИВ ПРИРОДИ СЕРЕДОВИЩА І ТЕМПЕРАТУРИ НА СТІЙКІСТЬ ПОЛІЛАКТИДНИХ МАТЕРІАЛІВ .....</b>	<b>207</b>
<b>МІРОШНИЧЕНКО Є.Я., АВДЄЄНКО А.П., ЮСІНА Г.Л., ХОЛМОВОЙ Ю.П., КОНОВАЛОВА С.О. ВИЗНАЧЕННЯ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ N-АРИЛСУЛЬФОНІЛ-1,4- ХІНОНМОНОІМІНІВ МЕТОДОМ ПРЯМОЇ ПОТЕНЦІОМЕТРІЇ .....</b>	<b>208</b>
<b>НОСОВА Н.Г., БУКАРТИК М.М., ГРАБАЗЕЙ І.О., МАЙКОВИЧ О.В., САМАРИК В.Я. АРМОВАНІ ПОЛІПРОПІЛЕНОВИМ МІКРОВОЛОКНОМ ГІДРОГЕЛІ НА ОСНОВІ ЖЕЛАТИНУ ТА АЛЬГІНАТУ НАТРІЮ .....</b>	<b>209</b>
<b>ПЛОТНІЧЕНКО К.К., АВДЄЄНКО А.П., КОНОВАЛОВА С.О. СИНТЕЗ ТА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ПОХІДНИХ БЕНЗОЇЛГІДРАЗИДУ .....</b>	<b>210</b>
<b>ПОЛІШ Н.В., КУРИЛО О.П., КАРХУТ А.І., МАРІНЦОВА Н.Г., НОВІКОВ В.П. СИНТЕЗ НОВИХ 1,2,4-ТРИАЗИНОВІСНИХ ПОХІДНИХ НАФТОХІНОНУ .....</b>	<b>211</b>

<b>СВЕРДЛІКОВСЬКА О.С., ЧЕРВАКОВ О.В. ІННОВАЦІЙНІ ПОЛІМЕРНІ ІОННІ РІДИНИ ТА ІОННІ РІДИНИ.....</b>	<b>212</b>
<b>СТАРОСТЕНКО О.М., МЕЛЬНИЧУК О.Г., ГРИГОР'ЄВА О.П., ФАЙНЛЕЙБ О.М. КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ СІТОК ІЗ БІСФТАЛОНІТРИЛУ ЗА ПРИСУТНОСТІ НАНОНАПОВНЮВАЧІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ.....</b>	<b>214</b>
<b>СТАСЮК А.В., ВІЛЕНСЬКИЙ В.О. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ХІМІЇ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК-ПОЛІМЕРНИХ ФРАГМЕНТІВ:ОЛІГОЕФІРІВ АРОМАТИЧНОГО ТА АЛІФАТИЧНОГО ТИПУ .....</b>	<b>217</b>
<b>ТКАЧ В.В., КУШНІР М.В., ДЕ ОЛВЕЙРА С.С., ДУЖ РЕЙШ, ІВАНУШКО Я.Г., ЛУКАНЄВА С.М., ЯГОДИНЕЦ П.І., ЛУГАНСКАЯ О.В., КОРМОШ Ж.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕОКИСЛЕНИЯ ПОЛИПИРРОЛА В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ. ГАЛЬВАНОСТАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ.....</b>	<b>218</b>
<b>ТКАЧ В.В., КУШНІР М.В., ДЕ ОЛВЕЙРА С.С., ІВАНУШКО Я.Г., ЛУГАНСЬКА О.В., ЯГОДИНЕЦ П.І., ІСКАРИЦЯ В.В., КОРМОШ Ж.А ТЕОРЕТИЧНИЙ ОПИС «ПОЛІТІОФЕНОВОГО ПАРАДОКСУ» ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО СИНТЕЗОВАНИХ МОНОМЕРІВ В УМОВАХ S-ОКИСНЕННЯ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО ПОЛІМЕРУ.....</b>	<b>219</b>
<b>ТКАЧ В.В., КУШНІР М.В., ДЕ ОЛВЕЙРА С.С., ЛИСТВАН В.В., ДИТИНЧЕНКО І.М., ДА СІЛВА А.О., АКИНАЙ Ю.,ЯГОДИНЕЦ П.І., КОРМОШ Ж.А ДЕЯКІ ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕЛЕКТРОПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ФЕРОЦЕННИХ ПОХІДНИХ НАФТОХІНОНУ</b>	<b>220</b>
<b>ФІЗЕР М.М., ФІЗЕР О.І., ГРИГОРКА Г.В., СЛИВКА М.В. АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИДИНІЙ-ЗАМІЩЕНИХ 1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ІОЛІВ ІЗ ДОВГОЛАНЦЮГОВИМИ ЗАМІСНИКАМИ.....</b>	<b>222</b>
<b>ШОКОЛ Т.В., ГОРБУЛЕНКО Н.В., ФРАСИНЮК М.С., ХИЛЯ В.П. СИНТЕЗ ГЕТАРЕНОХРОМОНІВ НА ОСНОВІ ПРИРОДНИХ ІЗОФЛАВОНІВ.....</b>	<b>223</b>
<b>ЯКОВІВ М.В., БОРДЕНЮК О.Ю., ОСТАПІВ Д.Д., ВАРВАРЕНКО С.М. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНО-МАСОВОГО РОЗПОДІЛУ ФЛУОРЕСЦЕЇНВІСНИХ КОПОЛІЕСТЕРІВ.....</b>	<b>225</b>
<b>АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ</b>	<b>226</b>
<b>АВДЄЄВА О.Ю. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОФЕСІЙНО-МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПОЗАКЛАСНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ... </b>	<b>227</b>
<b>АКШЕВА Л.В., АНІЧКІНА О.В. ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІА ТА ІІА ГРУП НА ПРОФІЛЬНОМУ РІВНІ В ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ .....</b>	<b>229</b>
<b>АНІЧКІНА О.В. ТЕОРЕТИЧНИЙ ВИКЛИК СУЧАСНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ .....</b>	<b>230</b>

<b>БАБУШКІНА Л.О., АНІЧКІНА О.В.</b> МОЖЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ВУГЛЕВОДНІВ І СПИРТІВ У СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.....	232
<b>БАРДАДИМ О.В.</b> МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОСВІТНІХ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧОГО НАПРЯМУ .....	234
<b>БОЙКО Ю.В., ТОКАР А.В., ШАПОШНІКОВА Г.С.</b> ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЕКТНОГО НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН СТУДЕНТАМИ ВИЩИХ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ .....	236
<b>БОНДАРЧУК Т.О.</b> СТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ОНЛАЙН-ТЕСТІВ НА БАЗІ ОСВІТНЬОГО ПРОЕКТУ «НА УРОК» ЯК ЕЛЕМЕНТ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	237
<b>ЄВДОЧЕНКО О.С.</b> ОРГАНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	239
<b>КАМІНСЬКИЙ О.М., ЧАЙКА В.М., ЧУМАК В.В.</b> ПРО ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИЧНОЇ ХІМІЇ ЗА ЦИКЛОВИМ ЛАБОРАТОРНИМ ПРАКТИКУМОМ .....	241
<b>КАРДАШЕВА О.С., АНІЧКІНА О.В.</b> ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ.....	242
<b>КОВАЛЬЧУК В.В., АНІЧКІНА О.В.</b> ДО ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «РОЗЧИНИ» В ЗАКЛАДІ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ .....	244
<b>КОВАЛЬЧУК Н.В.</b> МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ПОЧАТКОВІ ПОНЯТТЯ ПРО ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ (КАРБОНОВІ КИСЛОТИ, ЖИРИ, ВУГЛЕВОДИ)» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ .....	246
<b>ЛЕВКІВ А.В.</b> МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ВУГЛЕВОДНІ (ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ)» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ СЕРЕДНЬОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ.....	248
<b>МЕЛЬНИК Н.С., АНІЧКІНА О.В.</b> ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІІІ-А ГРУПИ НА ПРОФІЛЬНОМУ РІВНІ В ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ .....	249
<b>НАДЗЬОН Е.І., БОЯЦУК І.Д.</b> МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ОКСИГЕНОВМІСНІ СПОЛУКИ: ЕСТЕРИ, ЖИРИ, МИЛО, ВУГЛЕВОДИ (ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ)» В СУЧАСНИХ ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ.....	251
<b>ПІДДУБНИЙ В.В.</b> МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ЕЛЕМЕНТИ ІІІІ-А ГРУПИ (ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ)» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ СЕРЕДНЬОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ .....	253

<b>СЕРВЕТНИК А.М., БОЙЧУК І.Д. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «РОЗЧИНИ (ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ ДИСОЦІАЦІЇ)» В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДЬОЇ ОСВІТИ.....</b>	<b>254</b>
<b>СОЛДАТКІНА Л.М. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ: ДОСВІД, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ.....</b>	<b>257</b>
<b>СТАШКЕВИЧ О.І. ПОЧАТКОВІ ПОНЯТТЯ ПРО ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ (АМІНОКИСЛОТИ, БІЛКИ, НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ) В СУЧАСНОМУ ЗАКЛАДІ СЕРЕДНЬОЇ БАЗОВОЇ ОСВІТИ.....</b>	<b>258</b>
<b>ТКАЧ В.В., КУШНІР М.В., ІКСАРИЦЯ В.В. ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ ТА ЗАГАЛЬНОПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ НА УРОКАХ ХІМІЇ У КОНТЕКСТІ НОВОГО ДЕРЖАВНОГО СТАНДАРТУ .....</b>	<b>260</b>
<b>ТКАЧ В.В., КУШНІР М.В., МІНАКОВА Т.Г. КОМБІНОВАНІ ЗАДАЧІ «У БРАЗИЛЬСЬКОМУ СТИЛІ». ЦІКАВИЙ СПОСІБ ПОЄДНАТИ ХІМІЮ ТА МАТЕМАТИКУ .....</b>	<b>261</b>
<b>УСАЧ М.А., БОЙЧУК І.Д. МІСЦЕ ТЕМИ «ФЕРУМ. ЗАЛІЗО» В НАВЧАЛЬНІЙ ПРОГРАМІ З ХІМІЇ ДЛЯ 10-11 КЛАСІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДЬОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ .....</b>	<b>263</b>
<b>УСАЧ М.А., ЄВДОЧЕНКО О.С. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ .....</b>	<b>264</b>
<b>ШАНЮК А.М. ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК: ОКСИДИ, ОСНОВИ» В СУЧАСНИХ ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.....</b>	<b>265</b>
<b>ШИЛЮК В.В., ДЕНИСЮК Р.О., КАМІНСЬКИЙ О.М. РОЗВИТОК ХІМІЧНОЇ НАУКИ В УКРАЇНІ ВІД ДАВНИНИ ДО ХХ СТОЛІТТЯ .....</b>	<b>267</b>



**ПІДТРИМКА  
КОНФЕРЕНЦІЇ**



# УкрХімАналіз

## ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ В УКРАЇНІ

**Компанія «УкрХімАналіз» спеціалізується на проведенні хімічного аналізу і незалежних хімічних експертиз**

Основні види діяльності компанії «УкрХімАналіз»:

- ✓ Визначення хімічного складу матеріалів
- ✓ Розробка рецептур товарів
- ✓ Дослідження якості промислової сировини
- ✓ Екологічна експертиза житла і офісних приміщень
- ✓ Визначення якості повітря в приміщеннях
- ✓ Аналіз якості питної води
- ✓ Аналіз ґрунту на родючість і забруднювачі
- ✓ Дослідження якості палив, масел та ін. ГСМ
- ✓ Аналіз стічних вод підприємств
- ✓ Визначення важких металів

Серед наших клієнтів відомі українські бренди:

*Метінвест, Vents, Sport Life, Iveco, Юрія-Фарм, Макрохім, телеканал СТБ, вікна Паритет, Vaillant, Баухеми, Наша Ряба*

**Запрошуємо Вас до співпраці!**

**ДЛЯ ПОТАТОК**

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

IV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ ХІМІЇ:  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ  
(українською, англійською та російською мовами)

*Комп'ютерне верстання*

*Н.В.Кусяк, В.В.Листван*

**(29 квітня 2020 року)**

Надруковано з оригінал-макета авторів

Підписано до друку 30.04.20. Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman. Друк цифровий.  
Ум. друк. арк. 16.74. Обл.-вид. арк. 14.8. Наклад 300. Зам. 695.

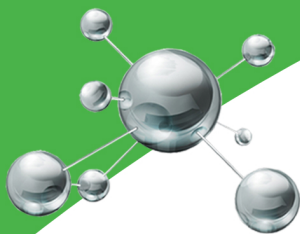
---

Видавець О. О. Євенок  
м. Житомир, вул. М. Бердичівська, 17А  
тел.: (0412) 422-106

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції України  
серія ДК № 3544 від 05.08.2009 р.*

Друк та палітурні роботи ФОП О. О. Євенок  
10014, м. Житомир, вул. М. Бердичівська, 17А  
тел.: (0412) 422-106, e-mail: book\_druk@i.ua

МІНІСТЕРСТВО  
ОСВІТИ І НАУКИ  
України



9 789669 950857