

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА**

**ДВНЗ “УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”**



**МАТЕРІАЛИ  
IV ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**“Теоретичні та експериментальні аспекти  
сучасної хімії та матеріалів”**

**10 квітня 2020**

**Дніпро  
“Середняк Т.К.”  
2020**

УДК 54(062.552)

Ч 34

Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-2020: Матеріали IV Всеукраїнської наукової конференції, 10 квітня 2020 р., м. Дніпро. – Дніпро: “Середняк Т.К.”, 2020. – 240 с.

**ISBN 978-617-7822-36-2**

У збірнику представлені тези доповідей учасників заочної конференції у авторській редакції за тематиками: полімерне матеріалознавство; хімія та технологія композиційних наноматеріалів; аналітична хімія навколишнього середовища та продуктів агро виробництва; інноваційні технології харчової промисловості; актуальні проблеми синтезу, структури та реакційної здатності органічних та елементоорганічних сполук; електроосадження металічних і полімерних покриттів; захист від корозійного руйнування; лакофарбові та захисні покриття.

Матеріали можуть бути корисними для викладачів, науковців, аспірантів, студентів та фахівців у галузі хімії, хімічної технології та агровиробництва.

**ISBN 978-617-7822-36-2**

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**

### ***Голова комітету:***

**Кобець А.С.**, д.н. з держ.упр., проф., ректор ДДАЕУ.

### ***Члени програмного комітету:***

**Чигвінцева О.П.**, к.т.н., доц., зав. кафедри хімії ДДАЕУ;

**Деркач О.Д.**, к.т.н., доц., зав. кафедри експлуатації машинно-тракторного парку ДДАЕУ;

**Чурсінов Ю.О.**, д.т.н., проф., зав. кафедри технології зберігання та переробки с.-г. продукції ДДАЕУ;

**Науменко О.П.**, д.т.н., проф., зав. кафедри інноваційної інженерії ДВНЗ «УДХТУ»;

**Ніколенко М.В.**, д.х.н., проф., зав. кафедри аналітичної хімії та хімічної технології харчових добавок і косметичних засобів ДВНЗ «УДХТУ»;

**Проценко В.С.**, д.х.н., проф., професор кафедри фізичної хімії ДВНЗ «УДХТУ»;

**Ситар В.І.**, проф., професор кафедри інноваційної інженерії ДВНЗ «УДХТУ»;

**Черваков О.В.**, д.т.н., проф., зав. кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук ДВНЗ «УДХТУ»;

**Оковитий С.І.**, д.х.н., проф., з проректор з наукової роботи ДНУ ім. Олеся Гончара;

**Вишнікін А.Б.**, д.х.н., проф., зав. кафедри аналітичної хімії ДНУ ім. Олеся Гончара, академік АН вищої школи України;

**Варлан К.Є.**, к.х.н., доц., зав. кафедри хімії та хімічної технології високомолекулярних сполук ДНУ ім. Олеся Гончара.

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

### ***Голова організаційного комітету:***

**Петрушина Г.О.**, к.х.н., доцент кафедри хімії ДДАЕУ.

### ***Члени організаційного комітету:***

**Рула І.В.**, к.т.н., ст. викладач кафедри хімії ДДАЕУ;

**Токар А.В.**, к.х.н., доцент кафедри хімії ДДАЕУ;

**Кравченко С.В.**, к.х.н., доцент кафедри хімії ДДАЕУ;

**Бойко Ю.В.**, асистент кафедри хімії ДДАЕУ;

**Кабат О.С.**, к.т.н., доцент кафедри інноваційної інженерії ДВНЗ «УДХТУ».

**Аніщенко А.О.**, к.х.н., доцент кафедри органічної хімії ДНУ ім. Олеся Гончара.

## *Секція 1*

---

*Полімерне матеріалознавство*

*Хімія та технологія  
композиційних наноматеріалів*

---

UDC 678

**INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF STRUCTURAL PLASTICS  
FILLED WITH EXHAUSTED POLYETHYLENE**

**Derkach O.D., Makarenko D.O., Derkach P.O., Vasarab-Kozhushna O.Yu.**

*Dnipro State Agrarian and Economic University*

*Serhiya Yefremova str., 25, 49600, Dnipro Sity*

*Derkach\_dsau@i.ua*

**Relevance of the research task.** Advancement of technology is impossible to stop. Kyoto Protocol to the UN Framework Convention on Climate Change, was accepted in December, 1997 year, it have never got round to reduce or stabilize greenhouse gas emissions. It's also related to wasted polymers. At present new polymeric and polymeric composite materials are developed, and demand is growing. Thereof the growing intensification of environmental pollutions by waste materials is the release of an ecological treat, this materials are being recomposed in nature (up to 500 years and more), and their utilization (for example, destroy by heat) has also ruinous impact on the environment.

Due to this either leading world-class companies are trying to use new materials again [1], or Ukrainian scientists are having their own recycling technologies of polymers, in particular, wasted polyethylene, there are determined by the high level of environmental friendliness [2, 3]. Indeed, id the waste materials will be used in the form of packages for supermarkets, other types of packages, but used, for instance, in the waterproofing of the road surface (autobahn) or in the spare parts they are having a long service life (4... 6 years and more), as follows the return of secondary waste plastics have happened many time in our nature conditions. It will make the best use of them, and will not pollute an environment as garbage does.

The main idea of study is investigation of physical and mechanical characteristics of new structural plastics, which resulted in combining with worn-out polyethylene of LPDE mark. The authors of study have also published some results of research [2, 4].

Further improvement of recycling technology of wasted polyethylene is to increase saving rate of using polymers, it reduces ecological pollution and may give rise to new materials with preset features.

The problem of recycling and processing of plastic waste today occupies a valid place in almost all countries of the world. The main areas of recycling abroad are usually their incineration or recycling. At the same time, waste incineration involves the use of special filtering systems, which is economically impractical for the current conditions of Ukraine. The prerequisites for this work are the lack of own production of structural plastics in Ukraine. The work is aimed at establishing the dependencies of changes in the physical and mechanical characteristics of plastics modified with exhausted polyethylene.

The purpose of the project is to study the dependences of the physical and mechanical characteristics of structural plastics on the content of exhausted polyethylene in them.

**Hypothesis.** The introduction of exhausted polyethylene as a filler in structural plastics will allow them to adapt their physical and mechanical characteristics to specific working conditions, reduce import dependence and improve the environmental status of the country.

**Object of study.** Processes of changing the properties of polymer-composite materials with the introduction of exhausted polyethylene.

Subject of study. Patterns of change of physical and mechanical characteristics of polymer-composite materials made with the introduction of exhausted polyethylene in them.

**Research methods.** Physico-mechanical characteristics were determined on the test machine FP-100/1, according to GOST 4651-82. The impact toughness was determined on the pendulum KM-0,4 by Sharpie method according to GOST 4647-80 at a temperature of  $23 \pm 2$  ° C and a relative humidity of  $50 \pm 5\%$ . Optical studies were performed on an МБИ-6 optical microscope. Frequency. Three times

**Progress:**

- preparation of basic materials (matrix) and exhausted raw materials (filler) for processing;
- the production of specimens by injection molding and their preparation for the study of the physical and mechanical characteristics of materials (Annex A);
- study of the physical and mechanical characteristics of the obtained polymer-composite materials (Annex B);
- optical investigations of the surfaces of the obtained materials (Annex D);
- processing of results and formation of conclusions.

Results of experiments and their analysis. It was found that the addition of exhausted polyethylene to the structural plastics of the polyamide group (Nylon 66 and UPA-6-30) in the amount of 15% wt. results in a 47.7% reduction in the material yield strength, for Nylon 66 and 51.8% for UPA-6-30, respectively. The results of studies with different LDPE content (% wt.) are presented in Table 1.

Table 1. The results of study of the yield stress of construction materials filled with secondary polyethylene

Content LDPE, % wt.	The yield stress, MIIa	
	Nylon 66	UPA-6-30
0	63,9	94,6
5	59,9	76,9
10	51,9	59,0
15	33,4	45,6

Nylon 66 composite material is impractical to fill with secondary polyethylene of more than 10% by weight, since there is a sharp decrease in the yield strength. This can be a serious obstacle to using such material as a construction material.

The Nylon 66 toughness was found to be 15% by weight when filled with its exhausted polyethylene, decreases by 31%, whereas for UPA-6-30 this indicator decreases by more than 46%.

**Conclusions.** It is established that the use of exhausted polyethylene as a filler for structural materials its content should not exceed 10% of the mass. Such composites can be used in mobile joints instead of “pure” structural plastics (without the ad-

dition of recyclables). Further increase of the concentration inevitably leads to a significant decrease in the physical and mechanical characteristics of the base material and the impossibility of their further use as structural.

Practical implementation. The performed researches allow to develop sound recommendations for the use of the obtained composite materials for specific units and mechanisms of agricultural machinery. The use of recycled polyethylene as a filler for structural plastics will reduce the amount of waste in landfills and improve the environmental situation in the country.

#### References:

1. Kobets A.S., Derkach O.D., Kabat O.S., Kovalenko V.L. and Kotok V.A. Recycling of constructional plastics with additives of exhausted polyethylene // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – Vol. 14. – No. 13, 2019.

2. Derkach P., Derkach O.D., Kovalenko V.L. Recycling of constructional plastics with additives of exhausted polyethylene // Additional volume of the abstracts of the IX International Scientific Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists «Chemistry and modern technologies», Dnipro, 2019. – 84 p.

3. Деркач П.О., Деркач О.Д., Коваленко В.Л. Рециклінг конструкційних пластиків з додаванням відпрацьованого поліетилену // Четвертий том збірника тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології». Дніпро. – Т.IV, 2019. – С. 53.

4. Derkach O. D., Makarenko D. O., Krutous D.I., Vasarab-Kozhushna O. Yu. Investigations of structural plastics, which are filled with polyethylene // VII International scientific and technical conference «Kramarovski chytannia» in the occasion of 113th anniversary of the day of birth of Prof. Dr.-Ing., and corresponding member VASGLIN, vice-president of UAAS Kramarova Volodymyra Savovycha (1906-1987) 20-21st of February, 2020 year, c. Kyiv / The Ministry of Education and Science of Ukraine, National university of life and environmental sciences of Ukraine, National scientific center «IAEE» NAAS.



**THERMAL PROPERTIES OF AROMATIC POLYESTER POLYARYLATE**

**Chigvintseva O.P.<sup>1</sup>, Predrag Dašić<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Dnipro State Agrarian and Economic University*

*Serhiya Yefremova str., 25, 49600, Dnipro Sity*

*diso@i.ua*

<sup>2</sup> *High Technical Mechanical School of Professional Studies, Trstenik, Serbia*

*dasicp58@gmail.com*

Comparatively new class of thermoplastic linking elements is represented by complex aromatic polyester – polyarylate. Polyarylate. are distinguished by heightened heat-, thermal and chemical resistance, good dielectric properties, ability to undergo such highly productive treatment techniques as extrusion, injection moulding, compression pressing. The polymer is characterized by the rigid-chain structure, due to which it has got high softening temperature and thus is greatly advantageous over the traditional widely used polymers.

As a result of a hard domain structure, narrow interval of the polyarylate transition in viscous-flow condition, border on the decomposition temperature, some definite difficulties at its recast by the extrusion techniques and injection moulding appear. Taking it into account, the compression moulding approach was chosen for the recast of polyester and composites on its base.

To determine the comfort temperature of the polymer recast in the products the research of the binder main exploitation characteristics, without heat treatment and pressed at different temperatures – 503, 523, 528, 533, 543 and 553 K was made. At the initial stage of the research the influence of the pressing temperature on polymer thermal resistance was studied. Data of the activation energy of the polyarylate's thermal decomposition process, pressed at different temperatures is shown in a table 1.

Table data show us the growth of the polymer activation energy during the pressing temperature increasing up to 543 K. The last one is determined by the fact

that the polyarylate structuring processes dominate in the temperature interval of 423-523 K at the thermal and thermal oxidative breakdowns. In this case, in addition

Table 1. Polyarylate thermal decomposition process of the activation energy dependence on the recast temperature

Pressing temperature, K					
–	503	523	528	543	553
122.83	125.31	154.26	145.76	131.24	120.68

to cross-linking, the binder molecules in the recast process is exposed to the breakdown. At the temperature exceeding 523 K this process is dominated that's why there is a decrease of binder activation energy at further growth of the pressing temperature (fig. 1). Confirmation of the last one is the presence of the exothermic peak on the differential thermal differential analysis at the temperature of 698 K (fig. 1, curve 3).

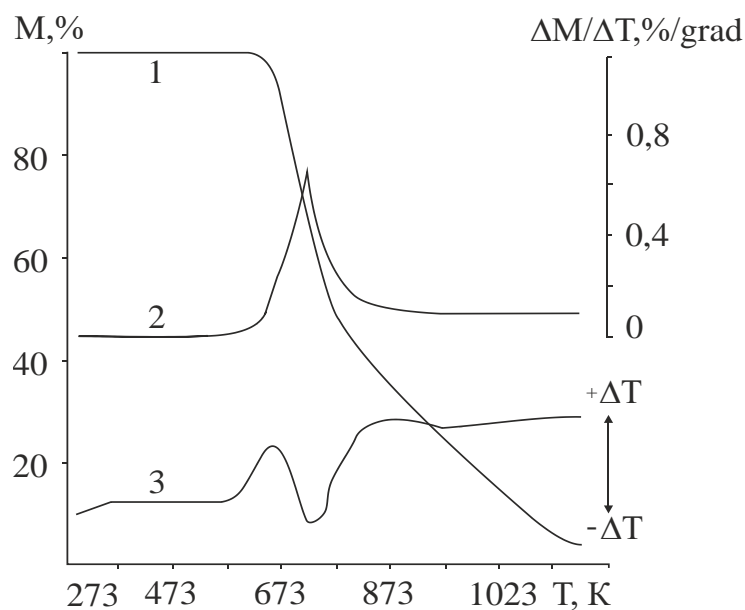


Fig. 1. Curves of the thermal gravitational (1); differential thermo-gravimetric (2) and thermal differential (3) analysis of the polyarylate

The optimum regime for the polyarylate recast was chosen in a result of the research: the highest activation energy of the thermal decomposition is distinctive for the polymer, processed at the temperature of 523 K.

Studying of the polyarylate pressing temperature influence on one of the most sensible physical and mechanical parameters – the impact resistance (fig. 2) confirms

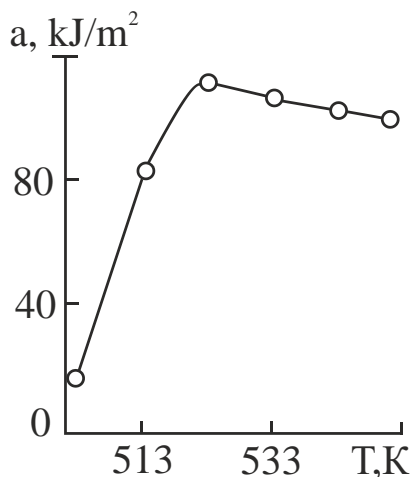


Fig. 2. Influence of the pressing temperature on the polyarylate impact resistance

the correctness of the comfort temperature of the binder recast choice: the polyester samples, pressed at 523K have maximum impact resistance. So, we can see full correlation between activation energy temperature dependence and impact resistance.

#### Reference:

1. Askadskiy A.A: Phisico-chimistry of polyarylates. M.: Chemistry, 1968. – 216 p.
2. Burya A.I., Chigvintseva O.P., Suchilina-Sokolenko S.P. Polyaryates. Synthesis, properties, compositional materials. Dnepropetrovsk: Nauka i osvita, 2001. – 152 p.
3. Burya A.I., Chigvintseva O.P., Sitnik S.V. Study of the thermal oxidative breakdown process of polyester polyarylate. // Materials, technology, instruments, V. 3. – № 1. – 1998. – PP. 34-37.
4. Chigvintseva O., Dašić, P. The research of polymer composites based on polyarylate polyester. Vrnjačka Banja, Serbia: SaTCIP Publisher Ltd., 2019. – 180 p.

**ВПЛИВ ІНВЕРСІЇ ФАЗ НА МЕХАНІЧНІ І ТЕРМІЧНІ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПОВНЕНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ СУМІШІ**

**Місюра А.І.<sup>1</sup>, Мамуня Є.П.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

*пр. Глушкова 4, 03022, м. Київ*

*andrii\_misiura@ukr.net*

*<sup>2</sup>Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України*

*Харківське шосе 48, 02160, м. Київ*

*utamunya@ukr.net*

Полімерні композити знаходять широке застосування в сучасних технологіях, оскільки існує можливість легко змінювати їх характеристики та надавати нові. Наприклад, за рахунок внесення різних типів наповнювачів до полімерної матриці, композити можна зробити електропровідними, покращити їх теплопровідні та механічні параметри. Але для досягнення високого рівня електропровідності композит потребує великої кількості наповнювача при його статистичному розподілі, що може негативно сказатися на його механічних характеристиках та параметрах переробки.

Цікавим рішенням цієї проблеми є створення композитів на основі суміші несумісних полімерів, при наповненні якої, наповнювач локалізується тільки в одній з полімерних фаз чи на межі їх розділу, що створює його високу концентрацію, яка і визначає його електрофізичні параметри.

Одним з таких матеріалів є композит, виготовлений на основі суміші полімерів поліпропілену (ПП) і кополіаміду (КПА) та наповнений дисперсним залізом (Fe). Композит ПП/КПА-Fe виготовлено в дві стадії. Спочатку отримано концентрат КПА-Fe з 40 об.% Fe, який потім розбавлено чистим ПП. За рахунок впливу термодинамічного та кінетичного факторів [1] а також способу виготовлення композиту, наповнювач локалізується тільки в одній полімерній фазі, а саме КПА.

За результатами термомеханічного аналізу (ТМА) та диференційної скануючої калориметрії (ДСК) отримано залежність модуля пружності ( $E$ ) та температури плавлення композиту ( $T_{пл}$ ) ПП/КПА-Fe, які наведено на рис. 1а та рис. 1б, відповідно.

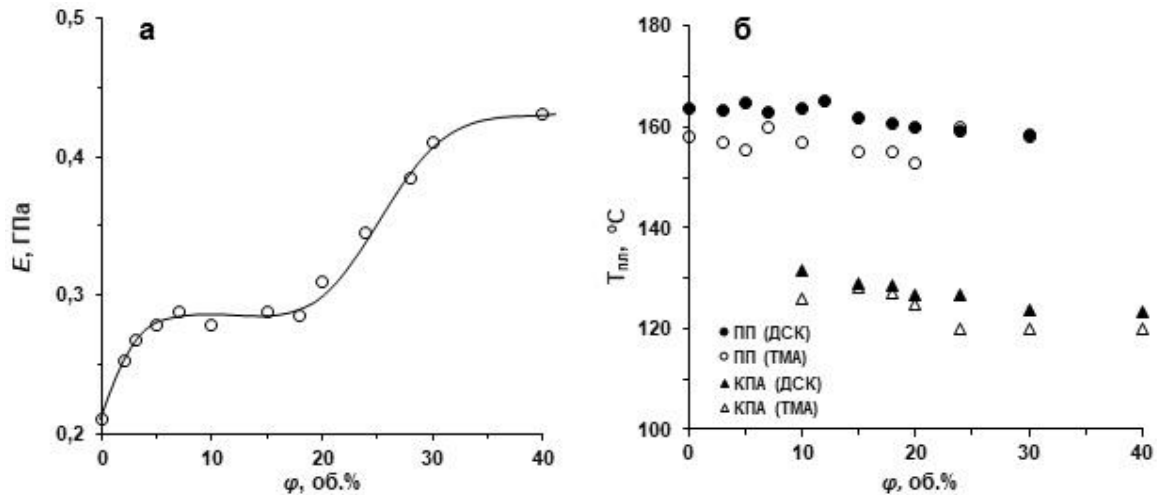


Рис. 1. а – концентраційна залежність модуля пружності композиту ПП/КПА-Fe; б – температура плавлення фаз ПП та КПА-Fe в залежності від вмісту заліза в композиті

Залежність модуля пружності  $E$  від концентрації наповнювача в полімерній суміші ПП/КПА-Fe демонструє ступеневу поведінку, для якої можна виділити три області. В межах 0-7 об.% Fe матрицею композиту є ПП, фаза КПА-Fe представлена у вигляді окремих включень. Зі збільшенням концентрації наповнювача, а отже і фази КПА-Fe, модуль пружності композиту зростає. Приблизно при концентрації 7 об.% заліза (співвідношення ПП/КПА = 83/10) розрізнені включення фази КПА-Fe зливаються між собою і ця фаза стає неперервною. В концентраційному інтервалі 7-20 об.% Fe обидві фази, ПП та КПА-Fe, є неперервними та взаємопроникними, тобто цей інтервал відповідає області інверсії фаз, яка має вигляд плато на концентраційній залежності модуля пружності. При зростанні вмісту наповнювача вище 20 об.% Fe неперервність ПП порушується, фаза КПА-Fe стає матрицею композиту, а ПП існує у вигляді окремих включень.

Значення температури плавлення полімерних складових (рис.1(б)), ПП та КПА, які отримані методами ДСК і ТМА, є близькими. Зростання концентрації

наповнювача в композиті відповідає зміні співвідношення між полімерними компонентами ПП та КПА в бік зменшення кількості ПП, це призводить до незначного зниження температури плавлення ПП в композиті.

Температура плавлення КПА в діапазоні концентрацій наповнювача 24-40 об.% залишається незмінною. Ця область відповідає структурі, де матрицею композиту є фаза КПА-Fe, а фаза ПП є окремими включеннями. Включення ПП не впливають на кристалізаційні процеси в КПА, однак зі зниженням концентрації наповнювача нижче 20 об.% температура плавлення КПА починає зростати. У цьому випадку в полімерній суміші відбувається перехід до структури з фазовою інверсією полімерних компонентів.

При проведенні ТМА та ДСК досліджень, температура експерименту підвищується і в таких умовах спочатку плавиться КПА, в той час, як ПП ще перебуває в твердому стані. При переході КПА до стану розплаву повинно відбуватися збільшення його об'єму, однак цьому перешкоджає тверда фаза ПП, і в такий спосіб створюється надлишковий внутрішній тиск у розплаві КПА. Відомо, що температура плавлення полімеру під тиском зростає. В роботі [2], де вивчався вплив тиску  $P$  на температуру плавлення  $T_{пл}$ , було встановлено, що для багатьох полімерів відношення  $\Delta T_{пл}/\Delta P$  приблизно однакове і дорівнює  $\sim 0,18$  К/МПа. Розрахунок для композиту, що містить 10 об.% Fe (збільшення температури при цьому складає  $\Delta T_{пл} = 8$  °C), дає значення надлишкового тиску  $P \approx 45$  МПа. Таким чином, морфологічні особливості області інверсії фаз призводять до специфічних умов плавлення низькоплавкого полімерного компоненту, що відображається в зміні температури плавлення КПА.

#### Література:

1. Mamunya Ye.P., Levchenko V., Boiteux G., Seytre G., Zanoaga M., Tanasa F., Lebedev E. Controlling morphology, electrical, and mechanical properties of polymer blends by heterogeneous distribution of carbon nanotubes. // Polym. Compos. – №36, 2016. – PP. 2467-77.
2. Seeger A., Freitag D., Freidel F., Luft G. Melting point of polymers under high pressure. Part I: Influence of the polymer properties // Thermochim. Acta. – № 424, 2004. – PP. 175-181.

УДК 678.631.1

**РОЗРОБКА НОВИХ ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ  
ОБЕРТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**Деркач О.Д., Дудін В.Ю., Крутоус Д.І.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро*

*derkach\_dsau@i.ua*

Сучасне сільськогосподарське машинобудування характеризується все більшим зростанням вартості самих машин з одночасним зменшенням вартості їх використання. Цьому сприяють цілий ряд технічних та технологічних удосконалень, застосування інформаційних технологій, розвиток матеріалознавства. Саме застосування нових матеріалів дозволяє отримувати машини та їх робочі і виконавчі органи із максимально наближеними до заданих параметрів, управляти їх довговічністю та надійністю. Застосування ж полімерно-композитних матеріалів дозволило вирішити проблеми технічного обслуговування (ТО) – зменшити затрати на них, їх кількість або і взагалі відмовитися від ТО. Вченими ДДАЕУ створені математичні моделі функціонування деталей з полімерних композитних матеріалів (ПКМ) [1] та модернізовані паралелограмні механізми з високими характеристиками [2, 3], що вивели посівні машини на новий технічний рівень [4]. Також встановлено, що ПКМ необхідно застосовувати у трибоспряженнях з показниками критерії працездатності критерію PV (добуток питомого навантаження на швидкість ковзання) в межах 2...5 МПа · м/с.

Отже, подальший розвиток вітчизняного сільськогосподарському машинобудування неможливий без розробки, дослідження властивостей і застосування нових ПКМ із адаптованими властивостями до певних (заданих) умов роботи трибоспряжень.

**Метою роботи** є дослідження трибологічних властивостей перспективних для застосування у сільськогосподарському машинобудуванні полімерно-композитних матеріалів.

Як об'єкти досліджень були обрані композити на основі політетрафторетилену (Ф-4) та ароматичного поліаміду фенілон С-2.

Вибір наповнювачів для кожного полімеру проводився з урахуванням накопиченого раніше наукового досвіду: політетрафторетилен Ф-4 армували вуглецевим волокном (ВВ) марки «Урал»; фенілон С-2 наповнювали термічно розширеним графітом (ТРГ).

Змішування складових ПКМ здійснювали в електромагнітному обертальному полі нерівновісними нежорсткозакріпленими металевими частинами.

Трибологічні властивості визначали на машині тертя 2070 СМТ-1 за схемою «пальчик-диск» (рис. 1) з наступними параметрами: кінематика руху – тертя-ковзання при обертальному русі в режимі тертя без змащення та зі змащенням (вода, мастило); лінійна швидкість тертя – 1...3 м/с; навантаження на пари тертя – 1...25 МПа; шлях тертя – 3000 м.

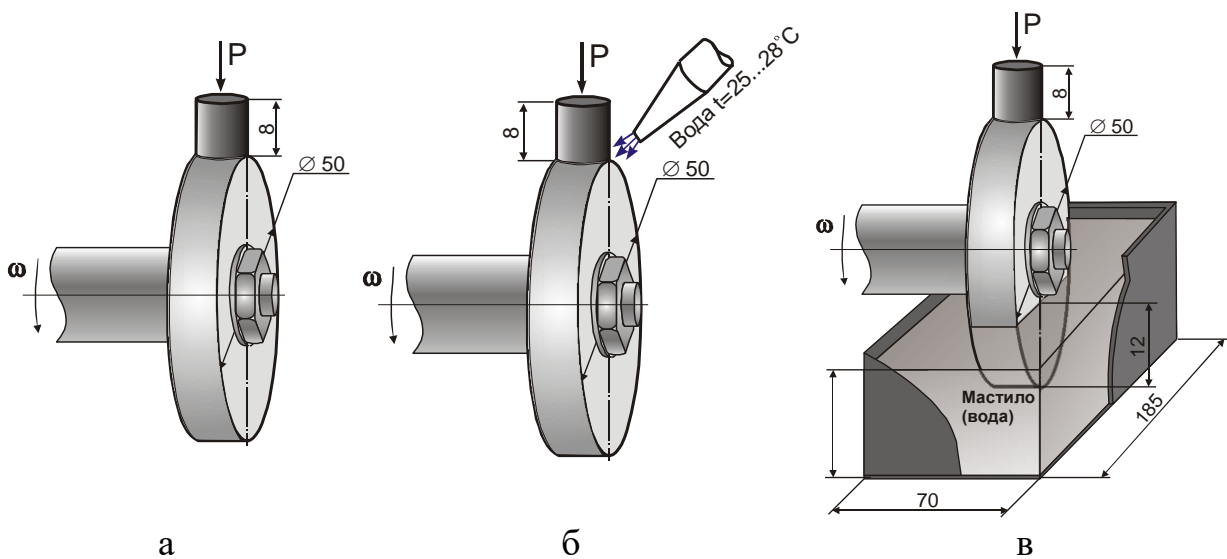


Рис.1. Схеми реалізації процесу тертя: а – без змащення; б – змащення проточною водою; в – змащення мастилом (водою) з піддону

У ході випробувань реєструвалися момент тертя, частота обертання, сила притиснення, число циклів наробітку, маса зразка, температура середовища. Температура середовища контролювалася термopарою, закарбованою в поверхню зразка. Маса зразків визначалася з погрішністю не більше  $\pm 0,0002$  г.

Контртіла виготовлялися зі сталі 45 (ГОСТ 1050-74) із твердістю після термообробки 50 HRC, і шорсткістю поверхні  $Ra = 0,08$  мкм.



Дані трибологічних досліджень по впливу вмісту ВВ на тертя та знос ПКМ на основі Ф-4 наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Вплив вмісту вуглецевого волокна на триботехнічні характеристики полімерних композитів на основі Ф-4

Показник	Вміст волокна, мас. %				
	0	10	20	30	40
Коефіцієнт тертя	0,09-0,1	0,16	0,19	0,20	0,21
Зношування, мкм	343,01	1,24	1,21	1,08	0,85
Температура в зоні контакту, °С	45	53	68	72	78

Як видно з табл.1, введення ВВ в структуру Ф-4 підвищує у 276...403 рази зносостійкість ПКМ і незначно впливає на коефіцієнт тертя і температуру в зоні контакту.

Вивчався вплив природи змащення й режимів випробувань на триботехнічні характеристики ПКМ. Змащуюче середовище – олива марки МС-20 (ГОСТ 21743-76) і вода питна (ГОСТ 2874-82). У випадку змащення оливою (рис. 2, а) в інтервалі тисків 1-8 МПа спостерігається картина протилежна «сухому» тертю (зі збільшенням швидкості ковзання коефіцієнт тертя збільшується). В інтервалі від 10 і до 14 МПа зміна швидкості ковзання не впливає на коефіцієнт тертя.

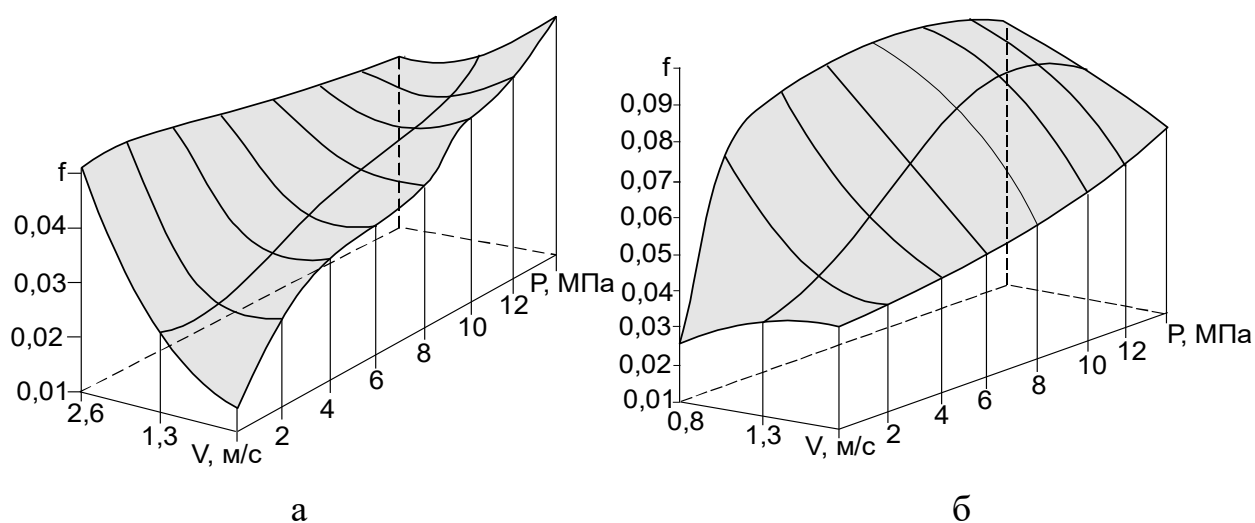


Рис. 2. Вплив режимів експлуатації на коефіцієнт тертя ПКМ на основі Ф-4, що містить 20 мас. % вуглецевого волокна при змащенні оливою (а) і водою (б)

Необхідно відзначити, що при швидкостях ковзання 0,8 і 1,3 м/с коефіцієнт тертя росте з підвищенням тиску, у той час як при 2,6 м/с він залишається практично незмінним у всьому діапазоні тисків і становить 0,051-0,053.

Дослідження трибологічних властивостей ПКМ на основі фенілону С-2 у режимі тертя без змащення показало (табл. 2), що знос при терті по сталі 45 і міді змінюється симбатно, до 5 МПа він знижується, досягаючи значень 0,45 і 1,22 мг відповідно, після чого збільшується на 15 %. Зміна коефіцієнту тертя при роботі на цих контртілах також аналогічна – зі збільшенням тиску він зменшується досягаючи мінімуму 0,11 при максимальному тиску 6 МПа. Залежність температури в зоні контакту антибатна коефіцієнту тертя.

Таблиця 2. Залежність зносу, коефіцієнту тертя та температури в зоні контакту від природи контртіла та тиску при терті без змащення

Матеріал контртіла	Показник	Тиск, МПа					
		1	2	3	4	5	6
Сталь 45	Коеф. тертя	0,37	0,23	0,14	0,13	0,11	0,11
	Знос, мг	1,48	1,10	0,88	0,5	0,5	0,66
	Температура, °С	54	64	67	80	88	94
Мідь	Коеф. тертя	0,41	0,24	0,18	0,14	0,12	0,11
	Знос, мг	2,00	2,05	1,85	1,6	1,3	1,65
	Температура, °С	67	82	95	100	106	108
Бронза БрАЖ-9-4	Коеф. тертя	0,33	0,25	Незворотні зміни геометрії контртіла, глибокі задири			
	Знос, мг	1,05	–				
	Температура, °С	68	82				
Сплав алюмінію АМг 2	Коеф. тертя	Катастрофічний знос контртіла					
	Знос, мг						
	Температура, °С						

Що стосується бронзи, то при терті по цьому матеріалі вже при тиску 2 МПа спостерігаються необоротні зміни геометрії контртіла, а саме: відхилення від циліндричності в межах 1...1,1 мм. Як видно, це відбувається через недостатню твердість бронзи, адже відомо, що вона має високу холодотекучість і не використовується при терті без змащення. У випадку випробувань по алюмінію при мінімальному навантаженні 1 МПа відбувається катастрофічний знос контртіла, обумовлений на нашу думку його недостатньою твердістю.

**Висновки.** Полімерні композити на основі політетрафторетилену.

Оптимальний комплекс властивостей має полімерний композит, армований 20 мас. % ВВ. Розроблений матеріал доцільно експлуатувати при значеннях критерію працездатності PV: у режимі сухого тертя – до 4 МПа · м/с; при терті зі змащенням – до 36,4 МПа · м/с.

*Полімерні композити на основі фенілону С-2.* Використання ТРГ у якості наповнювача ароматичного поліаміду фенілон С-2 дозволяє підвищити його зносостійкість до 30 і знизити коефіцієнт тертя до 4 разів. При терті без змащення найбільше ефективно розроблений матеріал працює зі сталлю й міддю при значенні критерію  $PV \leq 6$  МПа · м/с. Бронза може застосовуватися як контртіло при значеннях критерію  $PV \leq 2$  МПа · м/с. Що стосується сплаву алюмінію АМг 2, то він, внаслідок недостатньої твердості, працювати в парі з досліджуваним графітопластом не може. При терті зі змащенням найменші знос й коефіцієнт тертя спостерігаються при роботі з АМг 2. Він, як і інші матеріали, працює стабільно при значенні критерію  $PV \leq 15$  МПа · м/с.

Література:

1. Буря А.И., Деркач А.Д., Шемавнев В.И. Разработка математической модели влияния режимов эксплуатации на трение и изнашивание углепластиков на основе полиамида 6 // Трение и знос. – Том 2. – № 1, 2006. – С. 98-104.

2. Деркач О.Д., Науменко М.М., Макаренко Д.О., Муранов Є.С. До питання створення широкозахватних посівних комплексів з підвищеним ресурсом рухомих з'єднань // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Вип.159, 2015. – С. 186-193.

3. Науменко М.М., Макаренко Д.О., Деркач О.Д. Побудова математичної моделі процесу взаємодії дисково-анкерного сошника з ґрунтом при динамічних навантаженнях // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Вип.181, 2017. – С. 267-274.

4. Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Харченко Б.Г., Беляєв Д.С., Родак І.М. До питання впровадження композитних матеріалів в трибоспряження посівних комплексів // Збірник тез доповідей ХІХ Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», 17–19 жовтня 2018 року. – НубіП України, 2018. – С. 136-137.

УДК 678.675

## ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ОРГАНОПЛАСТИКА НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ С-1

Чигвінцева О.П., Бойко Ю.В.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро*

*diso@i.ua*

За останні десятиліття суттєво розширився асортимент полімерних матеріалів, що застосовуються у галузі машинобудування. Цей процес здійснюється, в основному, за двома напрямками. До одного із них належить пошук принципово нових класів полімерних в'язучих, до іншого – модифікація вже відомих полімерів. Очевидно, що обидва напрямки спрямовані на вирішення цілком конкретних завдань, пов'язаних із підвищенням надійності та ресурсу експлуатації полімерних матеріалів для вузлів тертя машин та механізмів.

Одним із перспективних полімерних матеріалів є фенілон С-1 – ароматичний поліамід, що є продуктом поліконденсації м-фенілендіаміна і дихлорангідрида ізофталевої кислоти. Перевага цього полімеру полягає в тому, що матеріали на його основі поєднують високу тепло- і термостійкість з морозостійкістю, жорсткість і міцність з покращеними антифрикційними властивостями, мають гарну пластичність і стійкість до ударних навантажень, що забезпечує можливість їх широкого застосування у різноманітних галузях промисловості. Фенілон використовують як полімер конструкційного призначення для вузлів тертя машин, що працюють зі змащуванням в умовах підвищених температур і питомих навантажень. Однак, в режимі тертя без змащування фенілон має високі значення коефіцієнта тертя внаслідок значного підвищення температур у зоні контакту полімер – метал, що суттєво обмежує його експлуатаційні можливості.

З метою створення нового композиційного матеріалу з покращеними трибологічними властивостями фенілон С-1 армували термостійким арамідним волокном терлон у кількості 15 мас. %.

Вивчення процесів тертя і зносу фенілону С-1 і органопластика на його основі здійснювалося на дисковій машині тертя в режимі тертя без змащування при навантаженнях 0,2-0,8 МПа і швидкості ковзання 1 м/с, шлях тертя складав 1000 м. Як контртіло використовувався диск, виготовлений зі сталі 45 (ГОСТ 1050-74), термообробленої до твердості 45-48 НРС з жорсткістю поверхні  $R_a = 0,16-0,32$  мкм.

Коефіцієнт тертя  $f$  визначався за формулою:

$$f = \frac{(F_1 + F_2)}{N}$$

де  $N$  – нормальне навантаження на зразок;  $F_1$  – сила тертя досліджуваного зразка;  $F_2$  – втрати, що виникають при обертанні важеля у горизонтальній площині. Інтенсивність лінійного зносу  $I_h$  розраховували згідно співвідношення:

$$I_h = \frac{\lambda}{\rho_T} \cdot \frac{dG}{(A_a \cdot dL_T)}$$

де  $G$  – величина вагового зносу;  $L_T$  – шлях тертя, м;  $A_a$  – номінальна площа контакту;  $\rho_T$  – густина дослідженого зразка.

Вивчення процесів тертя і зношування досліджуваних матеріалів показало, що армування поліамідного в'язучого значно покращило його трибологічні властивості. Зокрема встановлено, що в усьому дослідженому інтервалі питомих навантажень ( $P = 0,2-0,8$  МПа) коефіцієнт тертя органопластика був на 32-44% нижчий, ніж у вихідного полімеру. Звертає увагу на себе той факт, що як для фенілону С-1, так і для органопластику на його основі спостерігалась тенденція підвищення коефіцієнта тертя з ростом навантаження. Збільшення навантажувального режиму від 0,2 до 0,8 МПа призводило до росту коефіцієнта тертя від 0,16 до 0,19 для фенілону С-1, а для органопластика – від 0,09 до 0,13 (рис. 1).

Інтенсивність лінійного зношування ( $I_h$ ) зразків фенілону С-1 і органопластика також істотно залежала від питомого навантаження. При навантаженнях 0,2-0,5 МПа цей показник збільшився для досліджуваних матеріалів

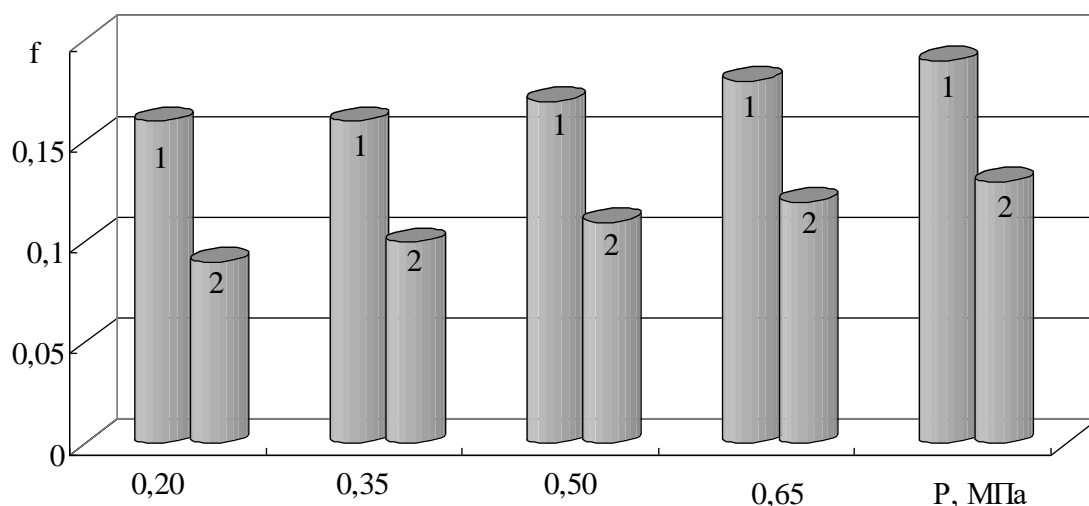


Рис. 1. Вплив питомого навантаження на коефіцієнт тертя фенілону С-1 (1) і органопластика на його основі (2)

в середньому у 3,2-3,3 рази, в умовах високих навантажень ( $P = 0,8$  МПа) цей показник для вихідного полімеру зріс у 10 разів, а для органопластика – більш, ніж у 5 разів (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив режимів експлуатації на інтенсивність лінійного зношування ароматичного поліаміду фенілон С-1 і органопластика на його основі,  $I_h \times 10^{-8}$

Матеріал	Питоме навантаження, МПа				
	0,20	0,35	0,50	0,65	0,80
Фенілон С-1	1,3	1,9	4,2	5,9	13
Органопластик	0,52	0,96	1,7	1,9	2,8

В процесі трибологічних досліджень на поверхні сталюого контртіла утворювалась щільна плівка із продуктів трибодеструкції фенілону, що було викликало збільшенням температури в зоні контакту полімерний зразок – контртіло і зростанням адгезійних сил між контактуючими поверхнями.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що армування ароматичного поліаміду фенілон С-1 арамідним волокном терлон дозволяє суттєво покращити його трибологічні властивості. Розроблений органопластик має низький коефіцієнт тертя, високу зносостійкість і може бути використаний як полімерний композит конструкційного призначення вузлів тертя рухомих з'єднань.

**ОРГАНОПЛАСТИКИ НА ОСНОВІ  
ПОЛІАРИЛАТСУЛЬФОНОВОГО БЛОК-СОПОЛІМЕРУ**

**Чигвінцева О.П.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро*

*diso@i.ua*

Ароматичні полієфіри, такі як поліарилат, полісульфони, полієфіркетони, полікарбонати, і особливо сополімери і блок-сополімери на їх основі, останнім часом є предметом активних наукових досліджень. Практична значимість таких полімерів обумовлена, перш за все, їх високими термічною і теплостійкістю, високими механічними характеристиками, а також доступністю вихідних мономерів для їх отримання. Одним із перспективних матеріалів поліарилатсульфоновий блок-сополімер БСП-7 – полімерне в'язуче на основі 2,2-ди(4-окси-феніл)пропану, фенолфталеїну, 4,4'-дихлордифенілсульфону і дихлорангідридів тере- та ізофталевої кислот [1, 2]

Основні властивості поліарилатсульфону БСП-7 наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Властивості поліарилатсульфону БСП-7

Властивості	Показники
Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	40-70
Межа міцності при растягуванні, МПа	70-80
Відносне подовження при растягуванні, %	5-10
Модуль пружності при растягуванні, МПа	2270
Водопоглинання за 24 години, %	0,25
Робочий інтервал температур, К	213-473

З метою створення нових полімерних композитів з покращеними теплофізичними характеристиками поліарилатсульфон БСП-7 армували термостійким арамідним волокном терлон у кількості 5-20 мас. %. Армування кополімеру

здійснювали в обертальному електромагнітному полі із використанням ферромагнітних часток, а переробляли у виробі методом компресійного пресування.

Результати проведених теплофізичних досліджень (рис. 1) свідчать про те, температурні залежності полімерного в'язучого і органопластиків на його основі мали ідентичний характер: при температурах 323-373 К теплоємність монотонно підвищувалась, а в області більш високих температур на кривих спостерігався характерний стрибок питомої теплоємності.

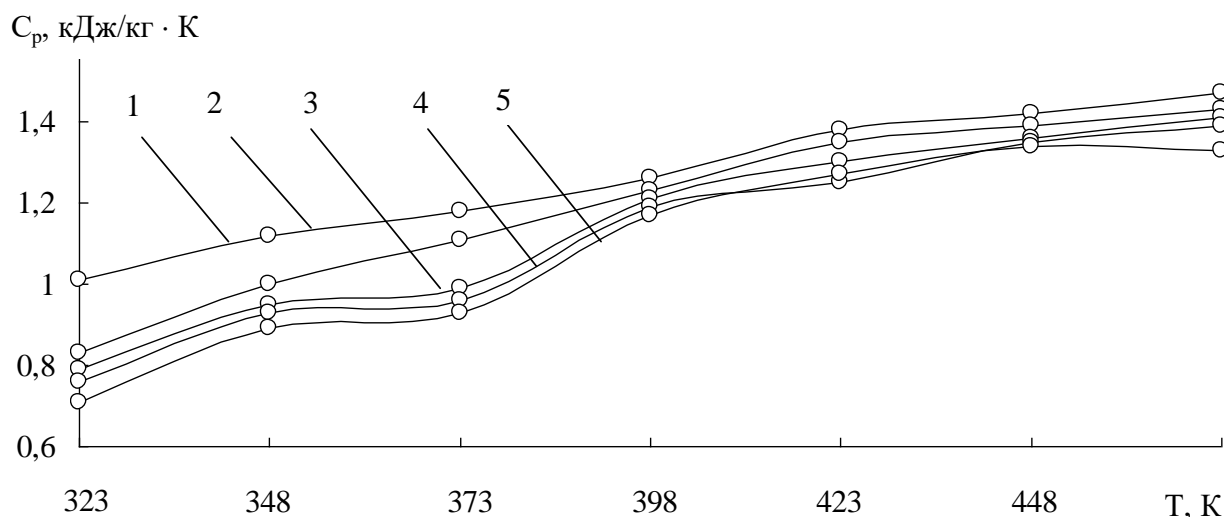


Рис. 1. Температурні залежності питомої теплоємності поліарилатсульфону БСП-7 та органопластиків на його основі, що містять 5(1), 10 (2), 15 (3) та 20 (4) мас. % волокна терлон

Згідно з отриманими результатами теплофізичних досліджень можна зробити висновок, що зі зростанням ступеня армування поліарилатсульфону БСП-7 волокнистим наповнювачем його теплофізичні характеристики покращились. Зокрема встановлено, що в інтервалі температур 323-473 К питома теплоємність органопластиків знизилась на 15-30 %, коефіцієнт теплопровідності зріс 32-38 %.

#### Література:

1. Хараев А.М., Шустов Г.Б. Синтез и исследование некоторых свойств полиарилатсульфонов // В сб. Поликонденсационные процессы и полимеры, Нальчик, 1983. – С. 102.
2. Микитаев А.К., Шустов Г.Б., Бориева Т.С. Препаративные способы получения ароматических полисульфонов. Методическое руководство. Нальчик: КБГУ, 1984. – 34 с.



**ВЛАСТИВОСТІ АРМОВАНИХ ВУГЛЕПЛАСТИКІВ**

**Рула І.В., Кулик О.В.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро*

*iryna.chem79@gmail.com*

Галузі застосування термопластичних вуглепластиків (ВП) на основі поліамідів різноманітні: їх використовують у приладо- і машинобудуванні, при виготовленні деталей транспортувальних механізмів, у космічній техніці та літакобудуванні. Вироби з термопластів, посилені вуглецевими волокнами (ВВ), застосовують також у медицині [1]. Дослідження біосумісності поліамідних композитів, армованих елемент-ВВ показало [1], що зазначені конструкційні матеріали (КМ) можуть бути нейтральними, пригнічувати або стимулювати ріст бактерій.

Одним з найбільш перспективних в'язучих для створення КМ з поліпшеними експлуатаційними характеристиками являється ароматичних поліамід фенілон С-2 (ТУ6-05-226-72), а для покращення їх триботехнічних характеристик доцільно використовувати ВВ. Доведено, що введення до складу ВВ структурно-активних груп, дозволяє істотно поліпшити властивості вуглепластиків (ВП) [2].

З огляду на це, метою даного дослідження була розробка ВП на основі ароматичного поліаміду фенілон С-2, що містить 17 мас.% Cr-ВВ.

Оскільки полімери мають великі температурні коефіцієнти лінійного розширення (ТКЛР) у порівнянні з іншими твердими тілами, вивчення температурної залежності ТКЛР представляється особливо важливим як для виявлення і ідентифікації температурних переходів в полімерах так і для розрахунку допусків і посадок при експлуатації деталей виготовлених з полімерних композиційних матеріалів, які працюють в парі зі сталевими.

Експериментальні дослідження розробленого ВП показали (рис. 1), що їх ТКЛР значно нижче, ніж у вихідного полімеру. Мабуть, це обумовлено змен-

шенням вільного об'єму за рахунок хімічної взаємодії макромолекул аморфного фенілону з активованою нанодисперсними металами поверхнею ВВ.

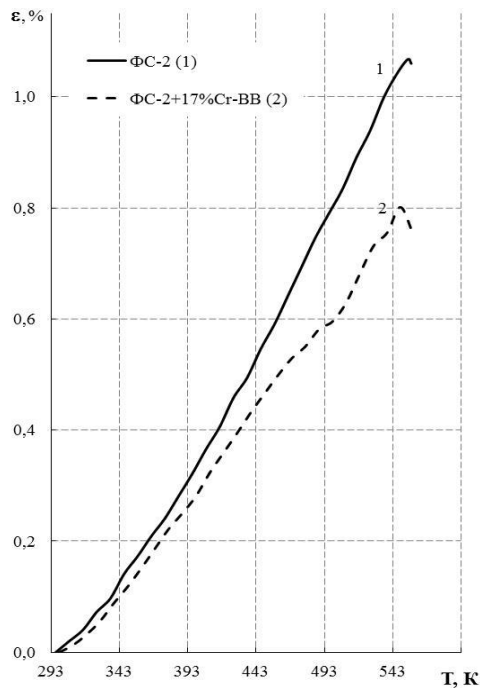


Рис. 1. Криві відносне подовження (%) – температура (К) фенілону С-2 (1) та вуглепластику армованого Cr-ВВ (2)

ного металу [3] являються перспективними армуючими наповнювачами фенілону С-2 для створення вуглепластиків, що працюють у вузлах тертя різних машин і механізмів.

Даний висновок підтверджується тим, що температура склування ВП на 6 градусів вище ніж у базового полімеру, а ТКЛР знижується на 10-60% в усьому дослідженому температурному інтервалі.

В результаті проведених досліджень теплофізичних характеристик виявлено, що активована металами поверхня ВВ сприяє структуризації в'язучого, про що свідчать нижчі (в 1,57 разів), ніж у фенілону значення стрибка теплоємності для ВП в області температур склування. Що стосується середніх значень тепло-, температуропроводності і ТКЛР ВП в інтервалі температур 173-573 К, то вони перевершують відповідні показники базового полімеру на 8-60%. Таким чином, Ме-ВВ, що містять в своєму складі 20-30 мас. % високодисперсного

#### Література:

1. Дубкова В.И., Буря А.И., Ермоленко И.Н., Криницкий А.П. Исследование биосовместимости полиамидных композитов, армированных элементарноуглеродными волокнами // Журнал Доклады АН БССР. – Т. XXXVI. – №2, 1992. – С. 136–139.
2. Ермоленко И.Н., Люблинер И.П., Гулько Н.В. Элементарноуглеродные угольные волокнистые материалы. Минск: Наука и техника, 1982. – 272 с.
3. Буря А.И., Сафонова А.М., Рула И.В. Исследование влияния метало-содержащих углеродных волокон на свойства углепластиков на основе ароматического полиамида // Инженерно-физический журнал. – Т. 85. – №4, 2012. – С. 867–873.

**ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ПРИ БРИКЕТУВАННІ ПРЕС-МАТЕРІАЛІВ  
НА ОСНОВІ ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІМЕРІВ**

**Кабат О.С., Ситар В.І.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*Amber\_UDHTU@i.ua*

Одними із найбільш перспективних термостійких полімерних матеріалів є ароматичні поліаміди, фторопласти та фенольні смоли. Це матеріали, які мають високий рівень термостійкості до 350°C, що дозволяє використовувати деталі з них у вузлах тертя, що працюють при високому рівні температур. Для покращення властивостей у їх склад вводять дисперсний наповнювач на основі діоксиду кремнію, який дозволяє не тільки покращити фізико-механічні та теплофізичні властивості, а і значно зменшити собівартість отриманих полімерних композиційних матеріалів.

Для підвищення технологічності при переробці полімерних композицій на основі термостійких полімерів (ароматичний поліамід, фторопласт та фенольна смола), наповнених дисперсним діоксидом кремнію у виробі їх попередньо брикетують. Ця операція відбувається за допомогою прикладення певного зусилля, що створює необхідний тиск у прес-формі для брикетування. Причому цей тиск необхідно витримувати певний термін часу для кращого формування заготовок із розроблених полімерних композицій. Готові брикети повинні бути суцільними та мати достатній рівень міцності для запобігання руйнуванню при подальшому використанні. Тому являє інтерес визначення тиску у прес-формі, який необхідно створити для отримання таких брикетів. Найбільш доцільно приймати такий тиск при якому досягаються максимальні значення щільності, а відповідно і міцності брикетів із досліджених полімерних композицій.

Відповідно до проведених досліджень встановлено, що для брикетування досліджених полімерних композицій із більшим вмістом наповнювача до досягнення постійної щільності необхідно прикладати більше навантаження. Так,

наприклад, для брикету з найбільшою щільністю з полімерної композиції на основі ароматичного поліаміду, наповненого 10% силікагелю достатньо створити тиск у прес-формі 120-140 МПа, а для брикетування матеріалу із 60% вмістом силікагелю – 180-200 МПа. Така ж закономірність спостерігається і для інших термостійких полімерних композиційних матеріалів на основі фторопласту та фенольної смоли. Слід звернути увагу, що простіше всього отримати брикети з полімерних композицій на основі фторопласту (тиск у прес-формі від 40-80 МПа), а найбільш складно створити брикети на основі фенольної смоли (тиск у прес-формі від 160 до 220 МПа).

## **УДК 657.5**

### **РОЗРОБКА АСОРТИМЕНТУ ДИЗАЙНЕРСЬКОГО КАРТОНУ**

**Свердліковська О.С., Степаненко А.О.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*o.sverdlikovska@gmail.com*

У наш час дизайнерський папір – це папір premium класу, який має досить великий попит серед замовників, які хочуть підкреслити свою продукцію та проявити свою індивідуальність. Дизайнерські папери є найдорожчим видом з усіх видів паперу. Використовують дизайнерські папери, як правило, при виготовленні стильної фірмової продукції: візитних карток, папок, листівок, різної представницької і художньої продукції, м'яких обкладинок книг і журналів, високоякісної презентаційної упаковки, а також каталогів, проспектів, іміджевих брошур та бланків.

Дизайнерські папери підходять для будь-яких видів друку. Проте слід мати на увазі деякі особливості. Необхідно розуміти, що дизайнерський папір є витвором мистецтва. Тому наносити на гарну поверхню самого паперу яскраві повнокольорові зображення недоцільно, або ж потрібно дуже ретельно підбирати зображення під вигляд і фактуру поверхні конкретного паперу. Тому найчастіше при роботі з дизайнерськими паперами використовується друк в одну-

дві фарби, а також друк криючими фарбами, золотом і сріблом з використанням трафаретного друку, а також тиснення, конгрев і інші види обробки. Поверхню дизайнерського паперу краще не перевантажувати: інколи вона сама працює краще, ніж нанесене зображення.

Дизайнерські папери виготовляють з відбірної високоякісної сировини. Як правило, використовують рослинні волокна однорічних рослин, макулатурний сировину або дорогу целюлозу. Але це досить шкідливо впливає на навколишнє середовище і підвищує ціну на сировину і кінцевий продукт в цілому.

Промислове виробництво паперу робить значний вплив на навколишнє середовище на первинному етапі отримання та обробки сировини і на наступних етапах. При виробництві паперу в повітря і воду потрапляють високотоксичні хімічні речовини, такі як толуол, метанол, діоксид хлору, хлоридна кислота і формальдегід. Створення переробленого паперу вимагає менше хімічних речовин і відбілювачів, ніж створення нового паперу.

Однак, треба зазначити, що при виробництві вторинного паперу може утворюватися більше шламу. За оцінкою Агентства США з охорони навколишнього середовища при переробці макулатури на виробництво нового паперу забруднення води знижується на 35%, а забруднення повітря зменшується на 74%.

Дизайнерський папір має індивідуальні особливості – текстуру, колір тощо. Різноманітність видів і сортів дизайнерських паперів надзвичайно велика: він може бути як кольоровий, так і білий, текстурним й гладким, містити домішки і вкраплення. При такому різноманітті дуже важливо не помилитися з вибором дизайнерського паперу – адже кожен сорт створює свій особливий настрій і відчуття. Тому обирати папір для друку конкретної поліграфічної продукції слід дуже ретельно. Таким чином актуальним є використання вторинної сировини (паперу) для створення дизайнерського картону.

Тобто, метою роботи є розробка нових складів і розширення спектру екологічного дизайнерського картону низької вартості.

Проведено системне дослідження оптичних властивостей дизайнерський папір на основі вторинної сировини (паперу). Виявлено покращення експлуатаційних властивостей принципово нового дизайнерського картону, що дозволяє вирішувати економічні і екологічні проблеми сучасності. Встановлено, що досліджувані товщина і маса зразків: паперу без барвників у присутності крохмалю збільшилась на 16% і зменшилась на 21%, відповідно. Показано, що щільність і пухлість дизайнерського паперу на основі вторинної сировини (офісного паперу) без барвників у присутності крохмалю збільшилась на 35%. Визначено, що вологість та гідрофільність дизайнерського паперу на основі вторинної сировини (офісного паперу) без барвників у присутності крохмалю збільшилась на 6% і зменшилася на 12%. Встановлено, що межа міцності дизайнерського паперу на основі вторинної сировини (офісного паперу) без барвників у присутності крохмалю збільшилась на 30%; без барвників без крохмалю зменшилася на 18%. Встановлено, що відносне подовження дизайнерського паперу на основі вторинної сировини без барвників у присутності крохмалю збільшилась на 13%. Показано, що до складу дизайнерського паперу на основі вторинної сировини зольність без барвників у присутності крохмалю збільшилась на 7%.

У роботі розроблено новий екологічний дизайнерський картон на основі вторинної сировини (паперу) низької вартості та розширено спектр його кольорової гами.

УДК 614.841:678

**ПЕРСПЕКТИВИ ОТРИМАННЯ ВАЖКОГОРЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ  
НА ОСНОВІ ЕПОКСІАМІННИХ КОМПОЗИЦІЙ  
З ЕФЕКТОМ САМОЗГАСАННЯ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ**

**Лавренюк О.І., Михалічко Б.М.**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

*вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів*

*olaw@ukr.net*

Важливе місце у широкому спектрі полімерних матеріалів посідають епоксидні смоли. Вони вирізняються унікальним поєднанням властивостей: легкістю затверднення, низькою в'язкістю, малою усадкою, високими механічними та електроізоляційними властивостями, адгезійною міцністю, хімічною стійкістю, універсальністю тощо. Це зумовлює високу перспективність використання матеріалів на основі епоксидних смол в різноманітних галузях промисловості та в побуті: для виготовлення та ремонту деталей, як компонентів клеїв, фарб, покриттів, заливних, герметизуючих і просочувальних компаундів, армованих пластиків тощо. В зв'язку з тим промислове виробництво, застосування і розробка нових епоксидних полімерів і композицій на їх основі розвиваються швидкими темпами.

Основним недоліком епоксидних полімерних матеріалів є підвищена пожежна небезпека. Вона полягає у схильності епоксиполімерних матеріалів легко займатися, підтримувати горіння та поширювати полум'я, значному димовиділенні при горінні та тлінні, а також високій токсичності продуктів піролізу та горіння. Тому застосування таких пожежонебезпечних полімерів зумовлює збільшення кількості пожеж та матеріальних втрат від них. Відтак важливим науково-практичним завданням є зниження пожежної небезпеки епоксиполімерних матеріалів при збереженні експлуатаційних та технологічних властивостей на належному рівні.

Окреслену проблему запропоновано вирішити шляхом застосування хімічно активних антипіренів на основі неорганічних солей перехідних металів [1]. Їхня висока схильність до комплексоутворення та здатність вбудовуватися в

каркас полімерної матриці в процесі затверднення композиції виявились вирішальними в процесі отримання епоксиполімерних матеріалів зі зниженою пожежною небезпекою [2]. Це відображається у зниженні швидкості вигорання полімеру, коефіцієнта димоутворення, підвищенні температури займання, самозаймання та кисневого індексу. Важливо, що завдяки регулюванню якісного та кількісного складу вдалося отримати важкогорючі композиційні матеріали, що спроможні самозгасати в умовах пожежі.

Запропоновані добавки поряд з високою антипіреновою дією добре суміщаються з полімером, суттєво не впливають на фізико-механічні властивості матеріалів, нетоксичні, доволі доступні та відносно недорогі. Це свідчить про високу техніко-економічну ефективність їх використання в полімерних матеріалах на основі епоксидних смол [3, 4].

#### Література:

1. Пархоменко В.-П.О. Роль антипірена-затвердника у формуванні самозгасаючих епоксіамінних композицій / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – Київ. – №1 (3), 2017. – С. 84-89.
2. Lavrenyuk H., Mykhalichko V. DFT study on thermochemistry of the combustion of self-extinguishing epoxy-amine composites modified by copper(II) sulfate / H. Lavrenyuk, V. Mykhalichko // *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. – No 6, 2018. – PP. 42-48.
3. Пархоменко В.-П.О. Визначення групи горючості епоксіамінних композицій, модифікованих солями купрум(II) / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. труд. – Харьков. – Вып. 41, 2017. – С. 124-128.
4. Лавренюк О.І. Застосування купрум(II) карбонату як спосіб зниження пожежної небезпеки епоксіамінних композицій / О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко, П.В.Пастухов // *Scientific Journal "Science Rise"*. – №5/2(22), 2016. – С. 25-29.



**СТІЙКІСТЬ ПОЛІЛАКТИДНИХ МАТЕРІАЛІВ  
ДО ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ РІЗНОЇ ПРИРОДИ**

**Катрук Д.С., Масюк А.С., Кисіль Х.В., Куліш Б. І., Скорохода В.Й.**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*вул. Ст. Бандери, 12, 79013, м. Львів*

*samoiliukd@gmail.com*

Сьогодні надзвичайно актуальною є розробка нових біодеградабельних полімерів на основі полілактиду (ПЛА) і матеріалів на його основі, які б були синтезовані з відтворювальних природних ресурсів. У зв'язку з цим, перспективним є розроблення композиційних матеріалів на основі полілактиду з наповнювачами різної природи, зокрема тальком.

Встановлено, що рівноважне водопоглинання ПЛА 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 впродовж 3-5 хв. – до протилежного ефекту. Виявлено, що із зростанням температури (з 3 °С до 50 °С) швидкість процесу дифузії води у матеріал збільшується. Введення тальку та термооброблення композитів призводить до зростання енергії активації процесу водопоглинання на 14,6-35,0 кДж/моль.

Слід відзначити, що ПЛА композити після 12 діб експозиції в 5 %-му розчині  $H_2SO_4$  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 зі змінами в морфології полілактиду: зростанням ступеня його кристалічності та ущільненням кристалічних утворень. Виявлено, що не залежно від кількості наповнювача та умов термооброблення під час експозиції 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 із композиту під час деградації полілактиду у лужному середовищі.

## ТЕРМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМІДОВМІСНИХ ПОЛІМЕРІВ ТА ЕТОКСИСИЛАНІВ

Шанталій Т.А., Карпова І.Л., Драган К.С.

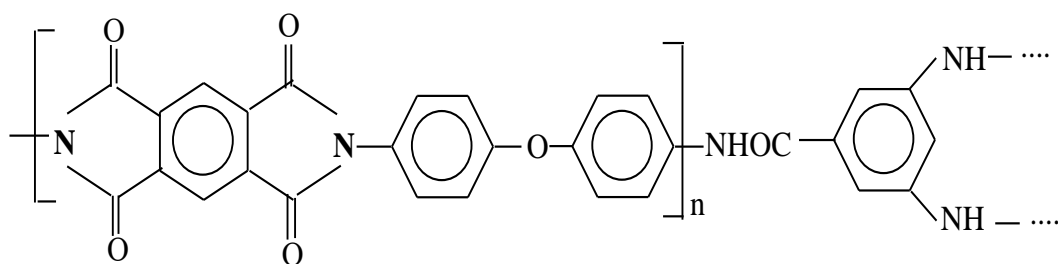
*Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України*

*Харківське шосе, 48, 02160, м. Київ*

*shantaliitaitiana@gmail.com*

Відомо, що полііміди відносяться до класу термостійких полімерів, які мають високу стійкість до термічної та термоокислювальної деструкції [1]. Віднедавна вони застосовуються як полімерні компоненти органо-неорганічних гібридних систем, отриманих за допомогою золь-гель технології, який є одним з методів отримання полімерних нанокомпозитів. Змінюючи хімічну будову полімерної матриці те неорганічної складової за рахунок зміни природи та співвідношення складових частин можна впливати на структуру та властивості нанокомпозитів.

Досліджено термостійкість нанокомпозитів з поліімідною матрицею на основі діангідриду піромелітової кислоти і суміш діамінів: 4,4'-діамінодіфенілового ефіру та 3,5-діамінобензойної кислоти. Детально синтез та реакції, які відбуваються при взаємодії цих компонентів описано раніше [2]. Структурну формулу одержанного полііміду можна відобразити наступним чином:



Для отримання нанокомпозитів додавали різну кількість суміші тетраетоксисилану (ТЕОС) та метилтриетоксисилану (МТЕС) (при співвідношенні компонентів 1:2) (10, 15, 25, 30)% від маси вихідної ПАК. Будову одержаної неорганічної складової можна представити наступним чином:



УДК 544.77

**ВПЛИВ УФ ОПРОМІНЕННЯ НА ПАРАМАГНІТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ОБОЛОНКОВИХ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ  
МАГНЕТИТУ І БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ**

**Загорний М.М., Лавриненко О.М., Батаєв М.М.,**

**Батаєв Ю.М. Корнієнко О.А.**

*Інститут проблем матеріалознавства ім. Францевича*

*вул. Кржижанівського, 3, 03142, м. Київ*

*m.zahorny@gmail.com*

**Вступ.** На сьогоднішній день нанорозмірні частинки з фери- та парамагнітними властивостями викликають великий інтерес для практичного використання в багатьох галузях промисловості та в сферах медичної допомоги, зокрема, магнітного зондування. Аналіз наукових публікацій свідчить про те, що наночастинки оксидів феруму, такі як магнетит і магеміт, вже застосовуються при проведенні цільової доставки лікарських засобів до клітин-мішеней, для покращення зображень магнітно-резонансної томографії, при гіпертермії пухлин тощо [1–4]. Нанометрові частинки магнетиту і магеміту прийнятні для використання в таких системах внаслідок їх біосумісності, суперпарамагнітних властивостей і високих показників намагніченості насичення [2, 4]. В цілому, для практичного використання магнетиків на основі сполук феруму визначального значення набувають розмір частинок, їхні магнітні та поверхневі характеристики. Разом з тим, на сьогодні виникла нагальна потреба у створенні нових ефективних композиційних матеріалів, які спрямовані на запобігання поширення нових та вторинних вірусних збудників, що може призвести до виникнення та розповсюдження епідемій та пандемії.

Таким чином, створення нанорозмірних композитів на основі оксидів феруму, модифікованих іонізованими та відновленими формами благородних металів і рідкоземельними елементами, які здатні проявляти антивірусну та бактерицидну активність під впливом опромінення на УФ довжині хвилі, є доцільним та своєчасним.

Мета цієї роботи полягає у вивченні методом електронного парамагнітного резонансу впливу УФ опромінення (253 нм) на парамагнітні характеристики бі-осумісних оболонкових наноконкомпозитів на основі магнетиту і благородних металів (срібла, золота і платини).

**Об'єкти і методи дослідження.** Частинок наноконкомпозитів було отримано в системі обертового дискового електроду, який контактував з водними розчинами благородних металів за умов вільного надходження кисню повітря в зону реакції. Розчини благородних металів містили від 0,5 до 20 мг/дм<sup>3</sup> аква-форм ауруму, аргентуму та платини. Фазовий склад частинок наноконкомпозитів було доведено методом рентгенофазового аналізу (РФА), візуалізацію зразків здійснювали методом скануючої електронної мікроскопії (СЕМ). Головним методом дослідження визначено електронний парамагнітний резонанс (ЕПР).

**Обговорення результатів.** На рис. 1а наведено типову рентгенограму зразка оболонкових композитів ( $\text{Fe}_3\text{O}_4\&\text{Au}^0$ ), а на рис. 1б – його СЕМ зображення. На дифрактограмі, разом з рефlekсами магнетиту (частинки ядра композиту) і золота (оболонки із відновленого золота), наявні рефлекси лепідокрокіту (гама- $\text{FeOOH}$ ), який утворився внаслідок окиснення дисперсного матеріалу при контактi з повітрям.

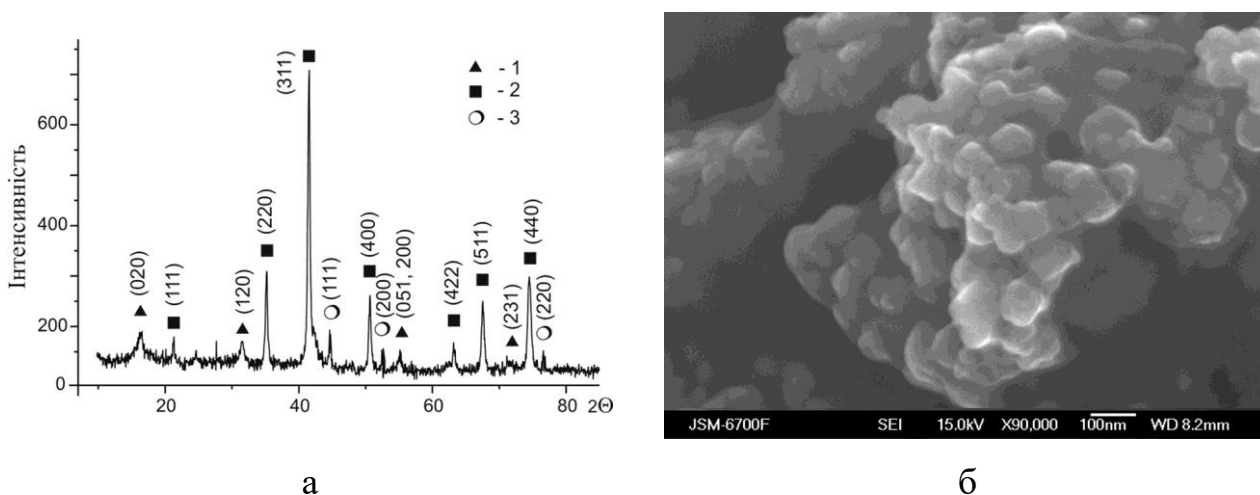


Рис. 1. Оболонковий наноконкомпозит  $\text{Fe}_3\text{O}_4\&\text{Au}^0$ : а – рентгенограма (цифрами позначено: 1 – лепідокрокіт, 2 – магнетит, 3 – золото); б – СЕМ зображення

Відомо, що намагніченість феритових наночастинок проходить згідно закону Кюрі. Максимум піку ЕПР спектру, отриманого в полі 2100 Гс, також підтверджує надпарамагнітну природу зразків отриманих нами наноконкомпозитів, та їх вищі надпарамагнітні властивості, порівняно з іншими аналогічними матеріалами [1, 3]. Зокрема, на рис. 2 простежується суттєвий зсув максимумів (Лоренцевий характер кривих інтегрування), зменшення інтенсивності піків (максимумів) особливо після УФ опромінення, що найкраще проявляється для зразків серії  $\text{Fe}_3\text{O}_4\&\text{Ag}^0$  (зсув від 1800 до 2450 Гс). Отримані дані дають підстави припустити, що після УФ опромінення внесок спінів  $\text{Fe}^{2+}$  збільшується, ширина забороненої зони для  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  зменшується, швидкість перерозподілу зарядів на поверхні розділу *оксид-метал* збільшується, кількість спінів в композиті підвищується. Таким чином, дослідження механізму виникнення парамагнітних центрів в структурі оболонкових наноконкомпозитів на основі магнетиту і благородних металів може бути актуальним для визначення їх бактеріцидної і фотокаталітичної дії.

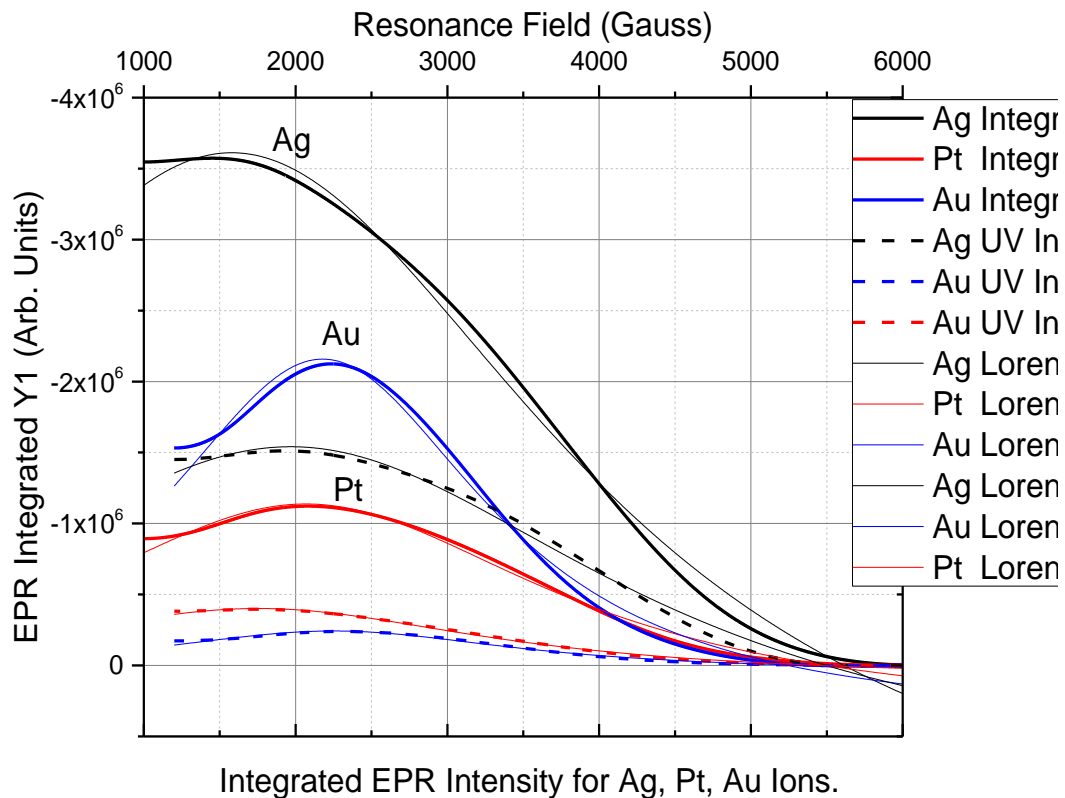


Рис. 2. Спектри ЕПР оболонкових наноконкомпозитів на основі магнетиту і благородних металів (298 К) до і після опромінення УФ ( $\lambda = 253$  нм)

**Висновок.** На прикладі біосумісних оболонкових наноконкомпозитів на основі магнетиту і відновлених на його поверхні благородних металів (Ag, Au, Pt) було показано спосіб варіювання парамагнітними характеристиками та шириною забороненої зони оксидного напівпровідника. Наявність в структурі магнетиту катіонів  $\text{Fe}^{2+}$  надає йому відновних властивостей та здатності до реакції обміну, за якої катіони феруму можуть бути заміщені благородними металами.

#### Література:

1. Rahman O. ur, Mohapatra S. C., & Ahmad S. (2012).  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  inverse spinal super paramagnetic nanoparticles // *Materials Chemistry and Physics*. – 132(1). – PP. 196–202. doi: 10.1016/j.matchemphys.2011.11.032.

2. Liu E., Zhang M., Cui H., Gong J., Huang Y., Wang J., Yang V.C. Tatfunctionalized Ag- $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nano-composites as tissue-penetrating vehicles for tumor magnetic targeting and drug delivery // *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2018. doi: 10.1016/j.apsb.2018.07.012.

3. Sathishkumar G., Logeshwaran V., Sarathbabu S., Jha P. K., Jeyaraj M., Rajkuberan C., Sivaramakrishnan S. Green synthesis of magnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles using *Couroupita guianensis* Aubl. fruit extract for their antibacterial and cytotoxicity activities // *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*. – 46(3), 2017. – PP. 589–598. doi:10.1080/21691401.2017.1332635.

4. Лавриненко О.М., Вембер В.В., Щукін Ю.С. Створення оболонкових наноконкомпозитів на основі Fe(II)-Fe(III) шаруватих подвійних гідроксидів // *Вісник НТТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – №1(18), 2019. – С. 86-92.

5. Zahornyi M.N. Nanosized powders as reinforcement for photoactive composites (Overview) // *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. – 56(3-4), 2017. – PP. 130-147.

УДК 621.763:544.723

**НАНОКОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ ГІДРОФОСФАТУ ЦИРКОНІЮ ТА  
ГРАФЕН ОКСИДУ – ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ  
СПОЛУК УРАНУ (VI) З МОДЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ**

**Перлова О.В.<sup>1</sup>, Дзязько Ю.С.<sup>2</sup>, Іванова І.С.<sup>1</sup>, Пальчик О.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Одеський національний університет імені І.І. Мечникова*

*вул. Дворянська, 2, 65082, м. Одеса*

*olga\_perlova@onu.edu.ua*

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

*пр. Академіка Палладіна, 42/44, 03142, м. Київ*

Відомо, що графен оксид (ГО) характеризується розвиненою поверхнею та підвищеною катіонообмінною спроможністю завдяки карбоксильним та фенольним групам [1]. Додавання невеликої кількості цієї вуглецевої складової до амфотерних іонітів (гідратованих оксидів багатовалентних металів) підвищує їх катіонообмінну спроможність та пригнічує аніообмінну активність [2]. Можна передбачити, що модифікування неорганічних катіонітів, таких як гідрофосфати металів IV групи, призведе до покращення їх функціональних властивостей.

Досліджувані сорбенти було синтезовано в Інституті загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України. Для виготовлення вуглець-вмісного композиту використовували розкриті нанотрубки (кількість стінок становила 8-15), які були передані групою член-кореспондента НАН України Г.Я. Колбасова. Розкривання нанотрубок проводили за методикою [3]. Готували суспензію ГО у золі гідросокомплексів цирконію при застосуванні ультразвукової активації [4]. Гідрофосфат цирконію (ГФЦ) осаджували 1М розчином ортофосфатної кислоти. Виявлено, що додавання навіть невеликої кількості ГО до неорганічного сорбенту призводить до зменшення гранул останнього: розмір гранул переважаючої фракції ГФЦ становив 0,8 мм, а композиту – 0,3 мм.



Сорбенти вивчали із використанням рентгенофазового аналізу, ІЧ спектроскопії, адсорбції-десорбції азоту (рис. 1), електронної мікроскопії (рис. 2). Зокрема встановлено, що додавання лише 2 % ГО до ГФЦ призводить до розпушування неорганічного іоніту – питома поверхня зростає від 165 до 190 м<sup>2</sup> г<sup>-1</sup>, а сумарний об'єм мікро- та мезопор зростає на 10%. Ізотерми адсорбції азоту відносяться до Ленгмюрівського типу і характеризуються практичною відсутністю гістерезису (рис. 1). Такий тип ізотерм є характерним для мікропористих матеріалів.

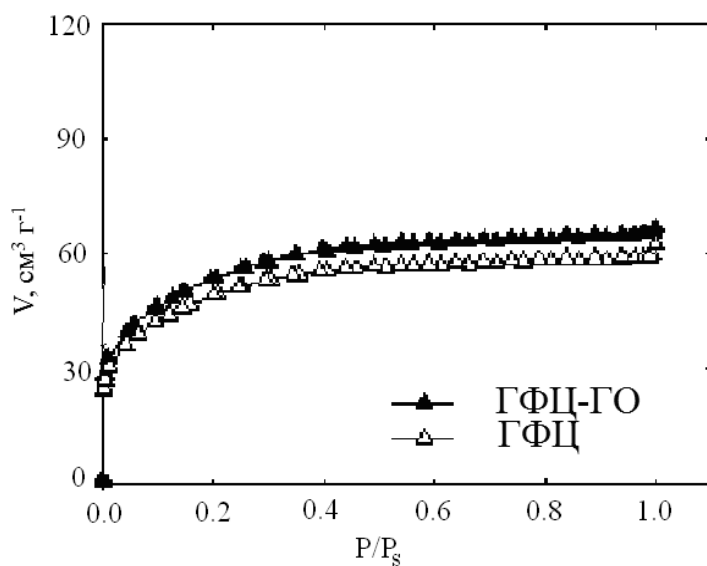


Рис. 1. Ізотерми адсорбції-десорбції азоту

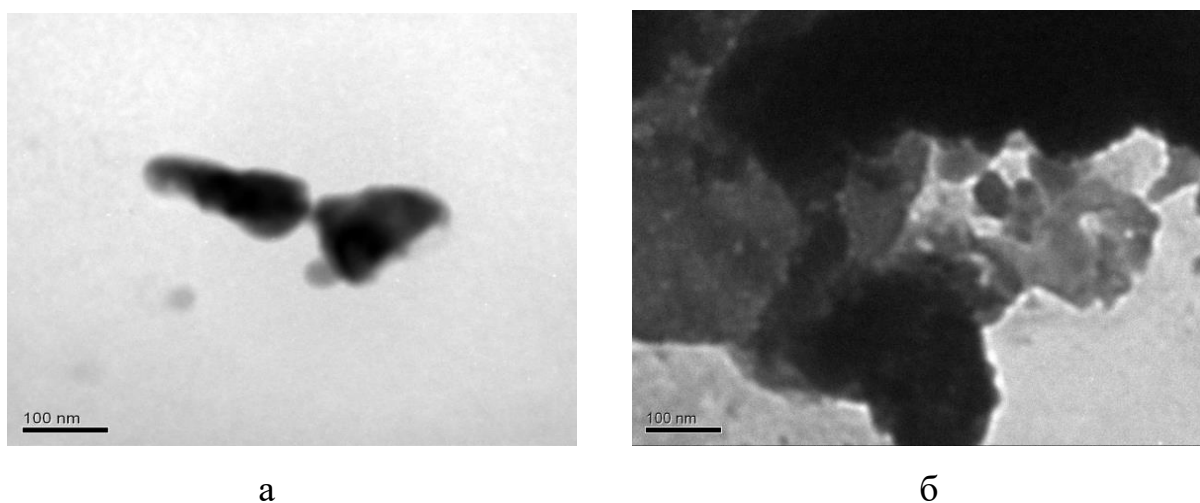


Рис. 2. ТЕМ зображення ГФЦ (а) та ГФЦ-ГО (б)

Сорбцію урану проводили з модельних розчинів, які за основними показниками імітували підземні води в районі хвостосховища відходів гідрометалур-

гійної переробки уранових руд поблизу м. Жовті води [5], мали рН 7,3, містили 5 мг/дм<sup>3</sup> урану (VI) та 30 – 100 кратний надлишок хлоридів, гідрокарбонатів та сульфатів кальцію, магнію та натрію. Як сорбенти використовували гідрофосфат цирконію (ГФЦ) та наноккомпозит на його основі (ГФЦ-ГО), який містив 2% ГО.

Сорбцію урану (VI) вивчали в статичних умовах протягом 1 – 140 год при 20 ± 2 °С. Співвідношення мас сорбенту та рідини становило 1 : 500. Про ефективність сорбції урану (VI) судили за залишковою концентрацією урану в розчині, яку визначали спектрофотометрично з використанням Арсеназо III.

Проведені дослідження показали, що уран можна вилучити з модельних розчинів, які імітували підземні водив районі хвостосховища поблизу м. Жовті води, практично повністю при використанні досліджених сорбентів, проводячи сорбцію в статичному режимі протягом 70 годин (ГФЦ-ГО) чи 100 годин (ГФЦ). Залишкова концентрація урану складала, відповідно, 0,02 та 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

Розрахунки кінетики сорбції урану з модельних розчинів з використанням дифузійних моделей [6] показали, що сорбція сполук урану за даних умов протікає у змішано-дифузійному режимі, причому для ГФЦ-ГО швидкість внутрішньої дифузії на 17% більша, ніж для ГФЦ. Швидкість зовнішньої дифузії практично однакова для сорбентів, що містять і не містять у своєму складі ГО (константи швидкості зовнішньої дифузії дорівнюють, відповідно, 0,052 та 0,054 год<sup>-1</sup>). Одержані результати можна пояснити, якщо врахувати збільшення сумарного об'єму пор та об'єму мезопор у модифікованому сорбенті порівняно з немодифікованим і зменшення розміру частинок домінуючої фракції під впливом добавки ГО. Це призводить до збільшення константи швидкості внутрішньої дифузії, яка обернено пропорційна квадрату розміру частинок сорбенту (на відміну від константи швидкості зовнішньої дифузії, яка обернено пропорційна розміру частинок сорбенту в першому ступені) [6].

Таким чином, модифікування ГФЦ графен оксидом призводить до покращення його сорбційної здатності. Можна очікувати аналогічний ефект при додаванні ГО до інших неорганічних катіонітів. Збільшення вмісту вуглецевої

складової у композиті, ймовірно, призведе до небажаного ефекту – надмірного зменшення 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 колонок.

#### Література:

1. Dreyer D.R., Park S., Bielawski C.W., Ruoff R.S. The chemistry of grapheme oxide // *Chem. Soc. Rev.* – V. 39. – N 1, 2010. – PP. 228-240.
2. Dzyazko Yu.S., Ogenko V.M., Volfkovich Yu.M., Sosenkin V.E., Maltseva T.V., Yatsenko T.V., Kudelko K.O. Composite consisting of hydrated zirconium dioxide and grapheme oxide for removal of organic and inorganic components from water // *Chemistry, Physics and Technology of Surface.* – V.9. – N4, 2018. – PP. 417-431.
3. 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.
4. 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>.
5. 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.
6. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підручник. – Київ: Вища шк., 2005. – 671 с.

**ПОЛІМЕР-НЕОРГАНІЧНІ НАНОДИСПЕРСНІ КОМПОЗИТНІ  
МАТЕРІАЛИ ДЛЯ АДСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ  
ГЕЛІОУСТАНОВОК**

**Беляновська О.А., Пустовой Г.М., Сухий К.М.,  
Скляренко А.І., Сухий М.П.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*e.a.belyanovskaya@gmail.com*

Полімер-неорганічні композитні адсорбенти типу «сіль в поринній матриці» є одними з найбільш перспективних матеріалів для систем, установок та пристроїв для адсорбційних холодильних установок. Їх властивості є ключовим фактором, який впливає на конструктивні та експлуатаційні характеристики систем для адсорбційних холодильників.

В представленій роботі розроблена технологія отримання полімерних нанодисперсних композитних матеріалів та досліджено кореляцію властивостей композита та експлуатаційних характеристик адсорбційної геліоустановки.

Нанодисперсні композитні адсорбенти «силікагель – натрій сульфат» і «силікагель – натрій ацетат» отримували золь-гель методом з водного розчину силікатного скла (з силікатним модулем 3,2), сульфатної або оцтової кислоти та полімерної четвертинної амонійної солі. Розроблена технологія передбачає наступні стадії: приготування водного розчину силікатного скла і полімерної солі четвертинного амонію, формування ядер силікатної фази, утворення кремній-кисневої матриці, сушіння та фракціонування адсорбенту.

Проведено порівняння експлуатаційних параметрів адсорбційних холодильних установок на основі композитних адсорбентів «силікагель – натрій сульфат» та «силікагель – натрій ацетат». Запропоновано процедуру розрахунку конструктивних та експлуатаційних характеристик адсорбційної геліоустановки. Розроблена процедура включає розрахунок кількості теплоти, яке необхідно відвести від холодної камери протягом доби, маси води (або хладагенту), яку необхідно випаровувати для відведення теплоти від холодильної камери, маси адсорбенту, теплоти, яка необхідна для регенерації адсорбенту, обчислення площі поверхні сонячного колектора, теплоти, яка підведена за допомогою со-

нячного колектора, та експлуатаційного холодильного коефіцієнта. Проведено порівняння ефективності процесів експлуатації адсорбційних холодильних геліоустановок на основі композитів «силікагель – натрій сульфат» та «силікагель – натрій ацетат». Показано кореляцію складу адсорбенту та конструктивними та експлуатаційними параметрами холодильної геліоустановки. Встановлено, що поверхня сонячного колектора становить 9,73 – 9,93 м<sup>2</sup> при використанні композитів «силікагель – натрій сульфат» та 9,46 – 9,61 м<sup>2</sup> для адсорбентів «силікагель – натрій ацетат». Найбільш високі величини експлуатаційних холодильних коефіцієнтів 0,358 та 0,368 встановлені для холодильників на основі композитів наступного складу, мас. %: сіль (сульфат натрію або ацетат натрію) – 80 та силікагель – 20. Більш високі значення експлуатаційних холодильних коефіцієнтів на основі композитів «силікагель – натрій ацетат» є результатом менш високих значень температури регенерації, і отже, менш високої різниці температур адсорбента після завершення адсорбції та температур регенерації, що сприяє зниженню витрат теплоти на регенерацію адсорбента.

Показано вплив метеорологічних умов на ефективність процесів експлуатації адсорбційного холодильника. Величина експлуатаційного холодильного коефіцієнта в період протягом з травня по вересень підвищується в інтервалах 0,25 – 0,34 та 0,27 – 0,37 при використанні композитів «силікагель – натрій сульфат» та «силікагель – натрій ацетат», відповідно. Максимальні значення експлуатаційного холодильного коефіцієнта, які встановлено в вересні, є результатом мінімального потоку сонячного випромінювання в даний період. Результати проведеного дослідження можуть бути корисними при розробці адсорбційних холодильних пристроїв для зберігання сільськогосподарської продукції.

UDC 662.995 : 662.997

**TECHNOLOGY OF RECEIVING NEW MATERIALS  
INCREASING THE EFFECTIVENESS OF THE ADSORTS  
THERMAL ENERGY CONVERTERS OF SILICAGEL - CRYSTAL  
HYDRATE TYPE AND A STUDY OF THEIR PROPERTIES**

**Serhiienko Y.O., Sukhyy K.M.**

*State Higher Educational Institution*

*«Ukrainian State Chemical-Technological University»*

*Gagarina 8, 49005, Dnipro*

*Sergienkoyana762@gmail.com*

To save energy and reduce emissions into the environment, it requires the replacement of traditional fuels (oil, gas, coal) with renewable energy sources (solar, wind, geothermal, tidal) and the rational use of heat in industry, transport and everyday life (reuse heat of exhaust gases, energy storage, etc.). One way to save fuel and use renewables is to accumulate heat. Heat storage plays an important role in the implementation of such energy-saving measures as: harmonizing the modes of production and consumption of heat; Enhancing the use of secondary energy, non-traditional and renewable energy sources.

Further progress in adsorption heat transfer will only be possible if innovative adsorbents with additional properties are used. Porous matrix salts composites have been recognized as promising materials for AHT because of their increased sorption capacity for widespread working fluids (water, methanol, and ammonia).

Polymeric quaternary ammonium salts (polyionenes) are highly effective surfactants capable of significantly reducing surface tension in dilute solutions due to the adsorption and orientation of molecules on the phase distribution surface.

The purpose of the work is the creation and implementation of innovative, resource-efficient technologies, materials and equipment for adsorption heat conversion for use in the energy sphere, namely, in heating, hot water supply, heat storage, ventilation and air conditioning.

**ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОГЕЛІВ НА ОСНОВІ ПЕКТИНУ  
З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ЕСТЕРИФІКАЦІЇ**

**Дронь І.А., Стасюк А.В., Самарик В.Я.**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*вул. С.Бандери, 12, 79013, м. Львів*

*iry nadron@ukr.net*

Пектин – полісахарид рослинного походження, який має цінні (антисептичні, гемостатичні, детоксуючі) властивості [1].

У роботі одержано гідрогелі з використанням цитрусового пектину з різним ступенем естерифікації, вивчено їх фізико-механічні властивості та здатність до набрякання у воді.

Для досліджень використовували цитрусовий пектин зі ступенем естерифікації 75,8-82%, з якого за реакцією деестерифікації було одержано зразки пектину зі ступенями естерифікації 40-70%. Показано, що за методом структур-ування солями кальцію формування гідрогелевих пластин можливе лише з використанням пектину зі ступенями естерифікації 40-70%. Формування гідрогелевих пластин на основі пектину з вищими ступенями естерифікації (більшими за 70%) можливе лише з введенням до складу композиції додаткового гелеутворюючого полімеру, зокрема, альгінату натрію.

Границі міцності одержаних гідрогелевих пластин на основі пектину зі ступенями естерифікації 40-70% складають 12-30 кПа, вони практично не здатні після формування поглинати воду, оскільки формуються в стані рівноважного ступеня набрякання (12-15 г/г). Однак здійснення процесу пресування таких пластин до товщини 0,5-1,5 см приводить до збільшення (у 5-7 разів) їх фізико-механічних властивостей та надання здатності до набрякання.

Література:

1. Smistad, G., Boyum, S., Alund, S., Samuelsen, A., Hiorth, M. The potential of pectin as a stabilizer for liposomal drug delivery systems // Carbohydrate Polymers. – №90(3), 2012. – PP. 1337-1344.

**ОТРИМАННЯ ПОЛІАКРИЛАМІДНИХ ГІДРОГЕЛІВ,  
АРМОВАНИХ ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЮ СІТКОЮ**

**Носова Н.Г., Варваренко С.М., Самарик В.Я.**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*вул. Степана Бандери, 12, 79013, м. Львів*

*nnosova2121@gmail.com*

Полімерні гідрогелі знаходять широке застосування у фармацевтиці та медицині. Актуальність та унікальність їх застосування полягає в тому, що вони є біосумісними, не спричиняють подразнення та реакції з боку тканин організму, які з ними контактують. Вони слугують бар'єром для проникнення в рану мікроорганізмів і при цьому є газопроникними, створюють у рані ідеальний для заживлення мікроклімат. Останнім часом посилилась необхідність розробки нових гідрогелів для лікування ран різного походження, які мали би добре моделюватися на рані, мати високу механічну міцність в гідратованому стані, бути простими при використанні, мати можливість тривалий час експлуатуватися, бути стійкими при стерилізації і т.ін.

Відомі методи підвищення міцності полімерних гідрогелів передбачають збільшення кількості поперечних зшивок у їх структурному каркасі, але це часто призводить до суттєвого погіршення інших важливих характеристик (зменшення швидкості набрякання, рівноважного ступеня набрякання, швидкості та повноти сорбції та десорбції лікарських препаратів).

Одним з методів, який призводить до покращення міцності гідрогелів, є введення у матрицю гідрогелю полімерної основи (волокон, сітки, спанбонду та ін.), яка б виконувала функцію несучого, армувального елемента.

В представленій роботі синтезували гідрогелі на основі поліакриламідів та полі-N-(гідроксиметил)акриламідів з одночасним армуванням модифікованою поліпропіленовою сіткою. На рисунку 1 представлена схема отримання, яка включає реалізацію двох етапів.



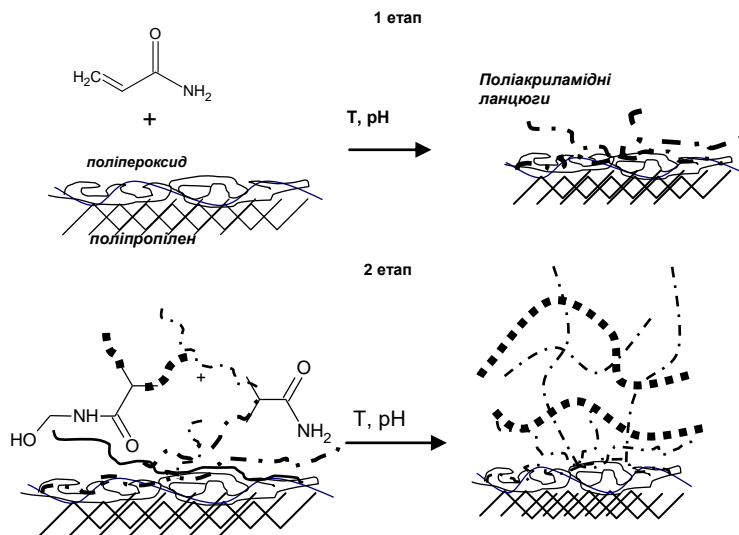


Рис. 1. Схема отримання поліакриламідного гідрогелю, армованого поліпропіленою сіткою

На першому етапі прищеплювали ланцюги поліакриламідну до активованої поверхні поліпропіленої сітки за методом «прищеплення від поверхні». Для ініціювання процесу прищеплення акриламідну використовували пероксидні групи іммобілізовані в шарі поліпероксиду, який був попередньо ковалентно закріплений на поверхні поліпропіленої сітки, яку модифікували прищепленням до неї пероксидовмісного кополімеру – N-[(трет-бутилперокси)метил] акриламід-ко-октилметакрилату.

На другому етапі отримували гідрогель ковалентно прищеплений до поверхні поліпропілену за конденсаційним механізмом при взаємодії поліакриламідну та полі(N-гідроксиметилакриламідну) із залученням поліакриламідних ланцюгів поверхні модифікованої поліпропіленої сітки в реакції формування міжмолекулярних зв'язків, при одночасному перебігу реакції утворення цих зв'язків в об'ємі.

Основними чинниками, що впливають на процес гелеутворення є температура, водневий показник середовища, концентрація та співвідношення поліакриламідну та полі(N-гідроксиметилакриламідну) і час проведення процесу.

При армуванні гідрогелю сіткою істотне збільшення фізико-механічних властивостей досягається лише у разі прищеплення каркасу гідрогелю до поліпропіленої сітки, тому ріст фізико-механічних властивостей може бути кри-

терієм ефективності прищеплення гідрогелю до поліпропіленової сітки. Для оцінки фізико-механічних властивостей було проведено ряд досліджень, в яких гідрогелі піддавались одноосному навантаженню перпендикулярно площині армування гідрогелів сіткою. Для кожного зразка визначили модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона, що зв'язує повздовжні деформації зразка з його поперечними деформаціями і, нарівні з модулем Юнга, характеризує фізико-механічні властивості гідрогелевого матеріалу.

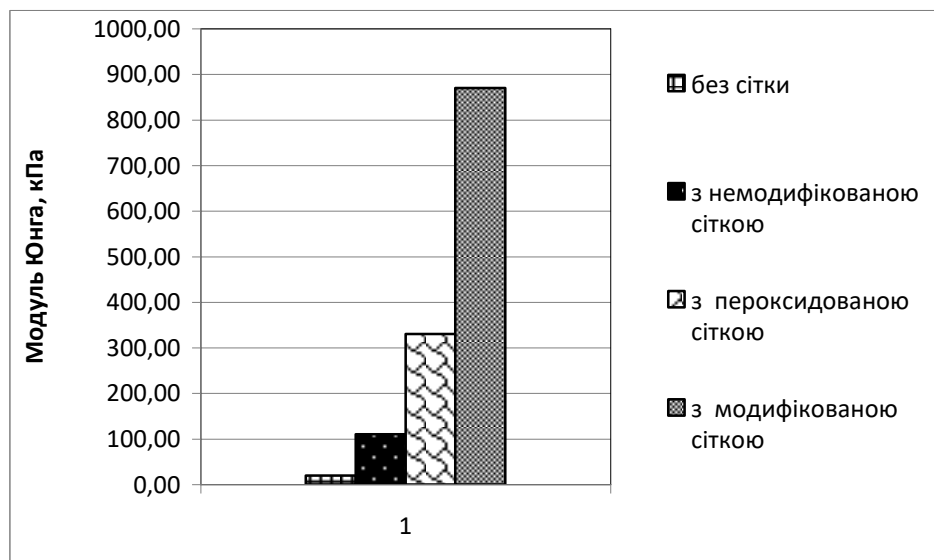


Рис. 2. Залежність величини модуля Юнга для армованих поліакриламідних гідрогелів залежно від властивостей поліпропіленової сітки, яку використовували для армування гідрогелю

Результати, наведені на рисунку 2, демонструють значний вплив армування на механічні властивості гідрогелю. Введення немодифікованої поліпропіленової сітки призводить до росту значення модуля Юнга вдвічі, введення пероксидованої сітки призводить до зростання його величини у шість разів, а застосування модифікованої сітки – у вісімнадцять разів.

Отже, отриманий полімерний гідрогелевий матеріал армований поліпропіленовою сіткою поєднує властивості полімерів різної природи та набуває покращених експлуатаційних характеристик: гідрогелева структура забезпечує біосумісність з тканинами живого організму, здатність сорбувати та вивільняти лікарські препарати, атравматичність, а матеріал армуючого полімеру забезпечує необхідну механічну міцність.

**СИНТЕЗ КОБАЛЬТИТУ НЕОДИМУ І НІКЕЛАТУ ЛАНТАНУ  
НА ГРАНУЛАХ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ  
З ГЕТЕРОМЕТАЛІЧНИХ ПРЕКУРСОРІВ**

**Железнова Л.І., Слюсарчук Л.І., Роговцов О.О., Трунова О.К.**

*Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України*

*просп. Академіка Палладіна, 32/34, 03142, Київ*

*l.sliusarchuk@yahoo.com*

Нанорозмірні покриття надають матеріалам і виробам нові властивості, здатні знайти їм нові області застосування у всіх галузях людської діяльності. Пошук і розробка способів нанесення таких наночарів є актуальним завданням [1, 2]. Перспективним методом є метод низькотемпературного піролізу при використанні синтезованих прекурсорів для одержання складнооксидних покриттів. Проведено дослідження по одержанню наноструктур складних оксидів  $\text{Ln}_x\text{M}_y\text{O}_n$  ( $\text{Ln} - \text{La}, \text{Nd}$ ;  $\text{M} - \text{Co}, \text{Ni}$ ) на поверхні гранул оксиду алюмінію.

Здійснено синтез гетерометалічних ацетилацетонатних координаційних сполук  $\text{LaNi}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'\text{-dipy}$  і  $\text{NdCo}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'\text{-dipy}$  ( $\text{AA} -$  ацетилацетон,  $\alpha\alpha'\text{-dipy} - \alpha\alpha'\text{-дипіридил}$ ). Комплекси охарактеризовано методами ІЧ, ЕСП і рентгенофазового аналізу. Вивчено їх термічну стійкість. Показано, що їх терморозклад веде до утворення складних оксидів  $\text{NdCoO}_3$ ,  $\text{La}_2\text{NiO}_4$ .

Контроль отриманих оксидних порошків після термообробки здійснювали за допомогою рентгенофазового аналізу. Їх дифрактограми наведено на рис.1 (а, б).

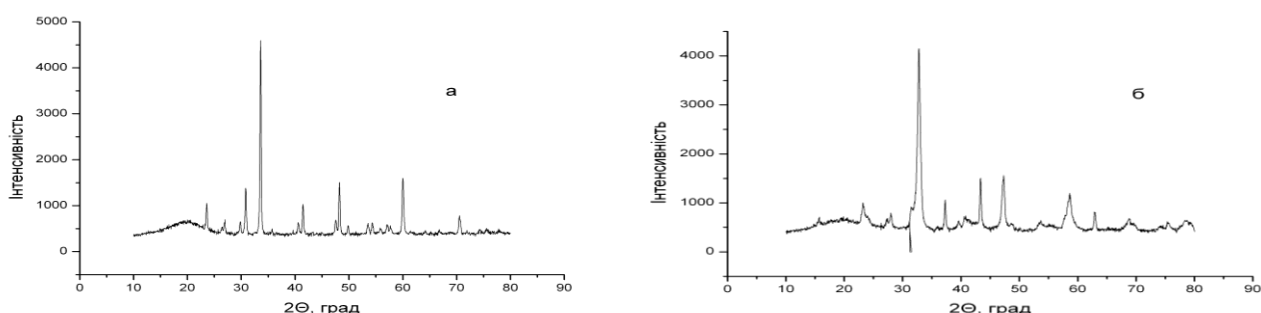


Рис. 1. Дифрактограми зразків, отриманих шляхом нагрівання  
 $\text{NdCo}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'\text{-dipy}$  (а) та  $\text{LaNi}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'\text{-dipy}$  (б)

Умови піролізу комплексів – нагрів зі швидкістю  $20\text{ }^\circ\text{C}/\text{хв}$ , витримка при  $800\text{ }^\circ\text{C}$  три години. Фазовий склад утвореного складного оксиду, одержаного з

комплексу  $\text{LaNi}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'$ -діру, відповідає  $\text{La}_2\text{NiO}_4$ , також в спектрі фіксуються невеликі кількості оксиду нікелю ( $\text{NiO}$ ). Фазовий склад утвореного складного оксиду, одержаного з комплексу  $\text{NdCo}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'$ -діру, відповідає  $\text{NdCoO}_3$ , в зразку також зафіксовано утворення невеликої кількості оксиду неодиму.

Проведено синтез по осадженню складнооксидних структур  $\text{Ln}_x\text{M}_y\text{O}_n$  на гранулах оксиду алюмінію з гетероядерних комплексів  $\text{LnM}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'$ -діру. Дрібнодисперсний порошок оксиду алюмінію просочували розчинами комплексів в етиловому спирті. Розчинник упарювали на повітрі і зразки піддавали термолізу. Методом електронної скануючої мікроскопії досліджено морфологію отриманих складнооксидних структур. На рис. 2 (а, б) наведено SEM-зображення структур покриттів, одержаних з  $\text{LaNi}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'$ -діру і  $\text{NdCo}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'$ -діру. Масив покриття складається з сукупності кристалів, повільно зрощених між собою. Частинки розміром  $\sim 30$ - $50$  нм хаотично розміщені на гранулах оксиду алюмінію.

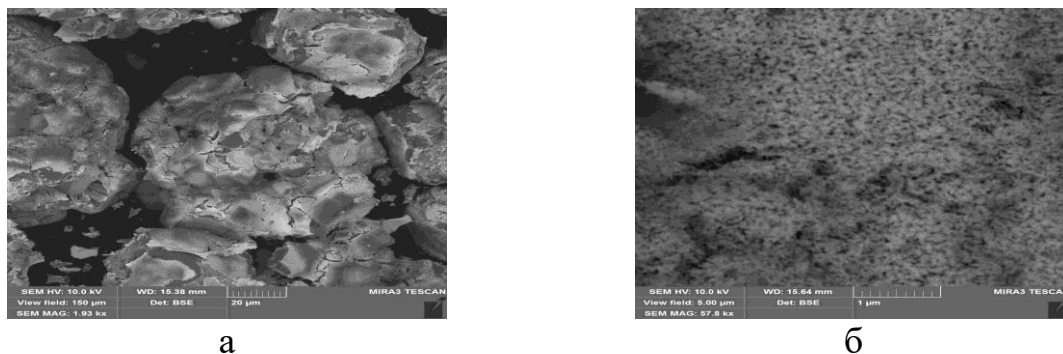


Рис. 2. SEM-зображення структури покриттів  $\text{La}_2\text{NiO}_4$  (а) і  $\text{NdCoO}_3$  (б), одержаних шляхом нагрівання  $\text{LaNi}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'$ -діру і  $\text{NdCo}(\text{AA})_5 \cdot 2\alpha\alpha'$ -діру відповідно, на гранулах  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Показана можливість одержання кобальтиту неодиму та нікелату лантану з нових гетероядерних змішанолігандних ацетилацетонатних комплексів.

#### Література:

1. Губин С.П., Юрков Г.Ю, Катаева Н.А. Микрогранулы и наночастицы на их поверхности // Неорганические материалы. – Т.41. – №10, 2005. – С. 1159-1175.
2. Доброхотова Ж.В., Коротеева П.С., Кирдянкин Д.И. и др. Получение манганитов лантанидов  $\text{LnMnO}_3$  и  $\text{LnMn}_2\text{O}_5$  из индивидуальных молекулярных прекурсоров // Журнал неорганической химии. – Т.60. – № 12, 2015. – С. 1567-1578.

**ПЛАСТИФІКАЦІЯ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ  
N,N,N',N'-ТЕТРАБУТИЛ СЕБАЦИЛАМІДОМ  
Рогальський С.П.<sup>1</sup>, Джужа О.В.<sup>1</sup>, Чернявська Т.В.<sup>2</sup>,  
Тарасюк О.П.<sup>1</sup>, Аксеновська О.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В. П. Кухаря НАН України  
Харківське шосе, 50, 02160, м. Київ*

<sup>2</sup>*Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України  
вул. Генерала Наумова, 17, 02000, м. Київ  
sergey.rogalsky@gmail.com*

У зв'язку із забороною використання токсичних фталатних естерів для пластифікації полівінілхлориду (ПВХ) актуальною проблемою є пошук нових екологічно безпечних пластифікаторів з низькою леткістю і високою стійкістю до міграції [1]. В даний час широкого промислового застосування в якості альтернативних пластифікаторів для ПВХ набули естери карбонових кислот рослинного походження: дибутилсебацінат, діоктилсебацінат, епоксидована соєва олія, ацетильовані моногліцериди гідрогенованої рицинової олії [1, 2]. Результати недавніх досліджень свідчать про ефективну пластифікуючу дію на ПВХ третинних амідів жирних кислот [3, 4]. Згідно з літературними даними, оптимальне поєднання пластифікаційних властивостей, низької леткості та стійкості до міграції мають похідні карбонових кислот, які містять принаймні дві функціональні групи, здатні до утворення водневих зв'язків з макромолекулами ПВХ [3]. З цієї точки зору значний інтерес представляють третинні аміди дикарбонових кислот. Метою цієї роботи був синтез нового потенційного пластифікатора для ПВХ – N,N,N',N'-тетрабутил себаціламідом і встановлення його впливу на термофізичні властивості полімеру.

N,N,N',N'-тетрабутил себаціламід (ТБСА) синтезували взаємодією себацілхлориду (Alfa Aesar<sup>TM</sup>, 97%) з дибутиламіном (Sigma-Aldrich, 99.5%) за схемою 1.

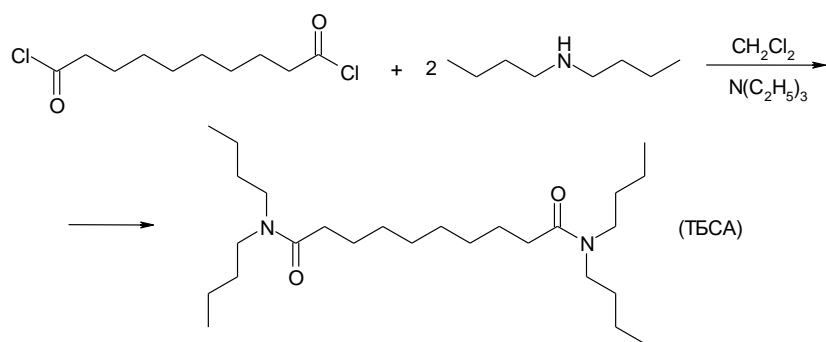


Схема 1. Синтез пластифікатора ТБСА

Композиційні плівки ПВХ/ТБСА із вмістом сполуки 30 і 40 масових відсотків отримували поливом із розчину у дихлоретані.

Термогравіметричний аналіз (ТГА) проводили на дериватографі Q-1500D в діапазоні температур 20 – 1000 °С при швидкості нагрівання 10 °С/хв у повітрі. Теплофізичні властивості композицій ПВХ досліджували методом диференційної сканувальної калориметрії (ДСК) на приладі Q2000 TA Instrument в інтервалі температур -90 – 150 °С при швидкості нагрівання 20 °С/хв. Механічні дослідження проводили з використанням розривної машини Р-50 (Мілаформ, Росія) при швидкості деформації 10 мм/хв.

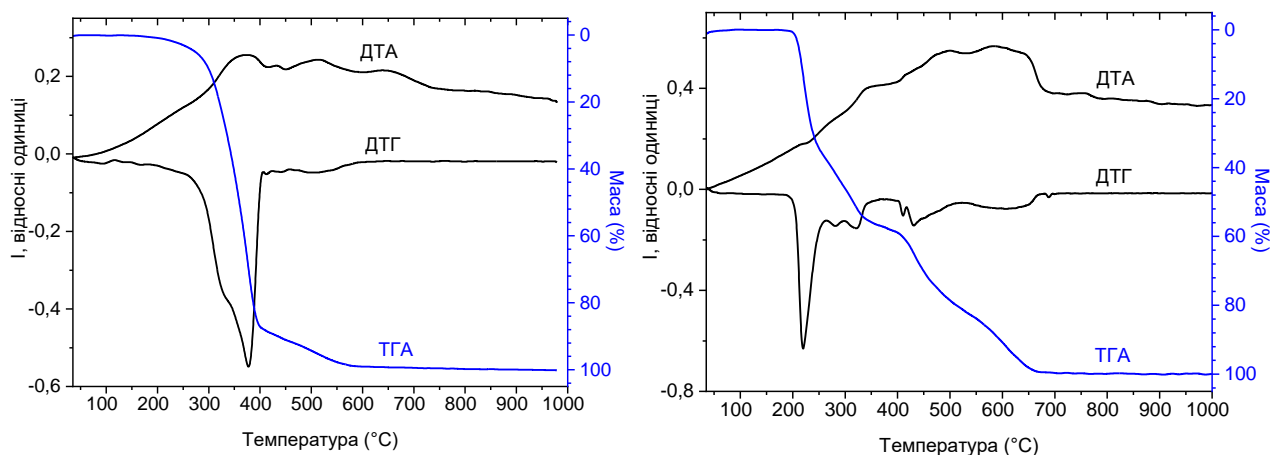
Для дослідження міграційної стійкості пластифікатора плівки ПВХ розміром 80 × 80 мм поміщали між двома листами фільтрувального паперу. Отримані сандвіч-пакети фіксували затискачами між скляними пластинами. Для оцінки стійкості пластифікатора до вимивання зразки полімерної плівки поміщали у воду та 1% розчин додецилбензолсульфонату натрію при кімнатній температурі. Контроль міграції/вимивання визначали за зміною маси зразків.

Згідно з результатами ТГА (рис. 1а, табл. 1), температура початку деструкції сполуки ТБСА становить 273 °С.

Таблиця 1. Результати ТГА

Зразок	Температура при втраті маси $\Delta m$ , °С			
	$T_{\Delta m=5\%}$	$T_{\Delta m=10\%}$	$T_{\Delta m=20\%}$	$T_{\Delta m=50\%}$
ПВХ	226	257	276	301
ТБСА	273	299	320	359
ПВХ/ТБСА (30%)	211	217	226	315

Термічна стійкість ПВХ знижується незначною мірою за присутності ТБСА (рис. 1б, табл. 1) і є достатньою для переробки матеріалу традиційними промисловими методами.

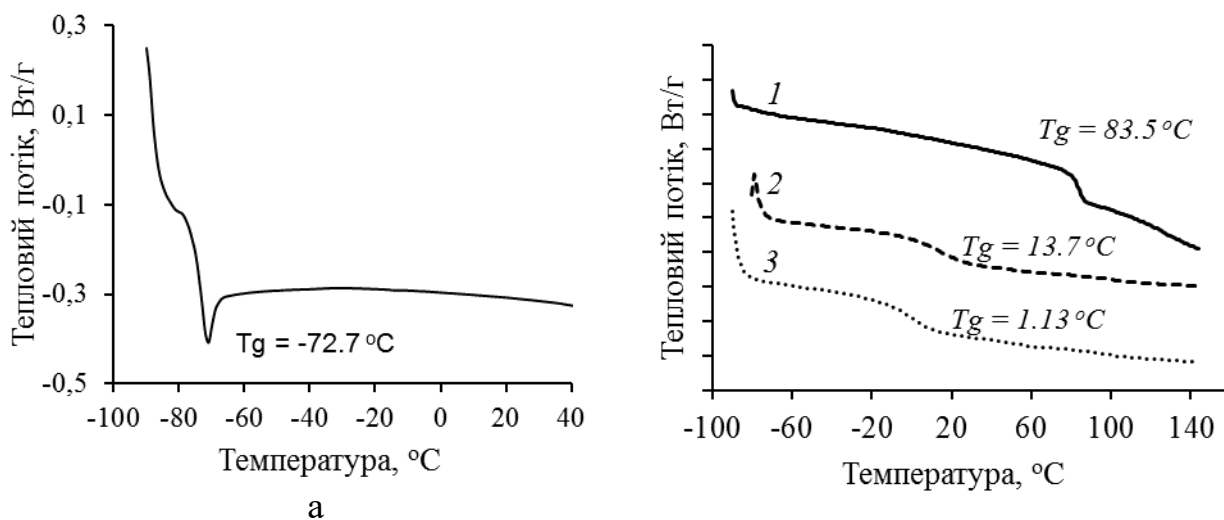


а

б

Рис. 1. Криві ТГА: а – ТБСА, б – ПВХ/ТБСА (30%)

Згідно з результатами ДСК, температура склування ( $T_g$ ) сполуки ТБСА становить  $-72.7^\circ\text{C}$  (рис. 2а). Для композицій ПВХ, які містять 30 і 40% домішки, встановлено значне зниження величини  $T_g$  у порівнянні з чистим полімером – на  $69.8^\circ\text{C}$  і  $82.3^\circ\text{C}$  відповідно (рис. 2б). Це свідчить про ефективну пластифікуючу дію ТБСА на ПВХ.



а

б

Рис. 2. ДСК криві: а – ТБСА; б – полімерні зразки; 1 – ПВХ, 2 – ПВХ/ТБСА (30%), 3 – ПВХ/ТБСА (40%)

Результати механічних досліджень підтверджують значне підвищення еластичності у композицій ПВХ/ТБСА (табл. 2). В той же час, міцність на розрив пластифікованих плівок залишається на достатньо високому рівні.

Таблиця 2. Механічні властивості плівок ПВХ

Зразок	Міцність на розрив, МПа	Видовження, %
ПВХ контроль	$37,5 \pm 1,5$	$16,5 \pm 3,5$
ПВХ/30% ТБСА	$34,5 \pm 3,5$	$104,5 \pm 14,5$
ПВХ/40% ТБСА	$29,3 \pm 2,0$	$210,6 \pm 18,5$

Міграція ТБСА з плівок ПВХ/ТБСА (30%) становила 3.5% від його загального вмісту за 30 діб. Втрата маси пластифікатора після 30 діб контакту полімерних плівок з водою і 1% водним розчином натрій додецилбензолсульфонату становила 8.5% і 13% відповідно.

В цілому, отримані результати свідчать про перспективність третинних амідів себацінової кислоти для застосування в якості альтернативних пластифікаторів для ПВХ. Пластифіковані полімерні матеріали на їх основі можуть використовуватись в медичній галузі і побуті завдяки низькій токсичності і високій міграційній стійкості модифікуючих домішок.

#### Література:

1. Phtalates and their alternatives: health and environmental concerns, Technical briefing // Massachussets: Lowell Center for Sustainable Production, 2011. – 24 p.
2. Fu Q., Long Y., Gao Y., Ling Y., Qian X., Wang F., Z. Hinbao. Synthesis and properties of castor oil based plasticizers // RCS Advances. – 9, 2019. – 10049.
3. Savvashe P. B., Kadam P. G., Mhaske S. T. Ester-amide based on ricinoleic acid as a novel primary plasticizer for poly(vinyl chloride) // Journal of Applied Polymer Sciences. – 132, 2015. DOI: 10.1002/APP.41913.
4. Rogalsky S., Cherniavska T., Dzhuzha O., Tarasyuk O., Aksenovska O. N,N-dibutyl lauramide as new alternative plasticizer for polyvinyl chloride // 2-nd International Scientific Conference “Chemical Technology and Engineering – 2”, June 24-28, Lviv. – Ukraine, 2019. – P. 334.



УДК 678; 54.057; 661.74

**АНТИМІКРОБНИЙ ПОЛІМЕРНИЙ КОМПОЗИТ  
ПРОЛОНГОВАНОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ПОЛІУРЕТАНУ**

**Рогальський С.П.<sup>1</sup>, Тарасюк О.П.<sup>1</sup>, Льошина Л.Г.<sup>2</sup>,**

**Булко О.В.<sup>2</sup>, Джужа О.В.<sup>1</sup>, Чернявська Т.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В. П. Кухаря НАН України  
Харківське шосе, 50, 02160, м. Київ*

<sup>2</sup>*Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України  
вул. Академіка Заболотного, 148, 03143, м. Київ*

<sup>3</sup>*Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України  
вул. Генерала Наумова, 17, 02000, м. Київ*

*sergey.rogalsky@gmail.com*

Поліуретани (ПУ) широко застосовують в медицині для виробництва катетерів і трубок загального призначення, імплантатів, хірургічних простирадл і перев'язувальних матеріалів [1, 2]. Для запобігання поширенню патогенних мікроорганізмів на поверхні медичних полімерів до складу останніх вводять антимікробні агенти, зокрема високодисперсні часточки срібла та його сполук [2]. Такі матеріали мають пролонгований механізм антимікробної дії виділенням катіони  $Ag^+$  при контакті з вологим середовищем. До недоліків срібловмісних біоцидів відносять їх високу вартість, а також реакційну здатність відносно полярних функціональних груп синтетичних полімерів та білкових молекул. Це може спричинювати забарвлення ПУ під час переробки, а також цитотоксичні реакції при тривалому контакті полімерного матеріалу з людським організмом [2].

Метою роботи було отримання антимікробного матеріалу пролонгованої дії на основі комерційного ПУ із застосуванням катіонного полімеру полігексаметиленгуанідин гідрохлориду (ПГМГ-Cl) в якості біоцидної домішки. Перевагами ПГМГ-Cl є низька вартість, широкий спектр антимікробної активності, зручні фізико-хімічні властивості для сумісної переробки з ПУ (низька температура топлення і висока термічна стійкість).

Полімерний біоцид ПГМГ-Cl синтезували поліконденсацією гуанідингідрохлориду (Applichem, 98%) з гексаметилендіаміном (Sigma-Aldrich, 98%) за схемою 1.

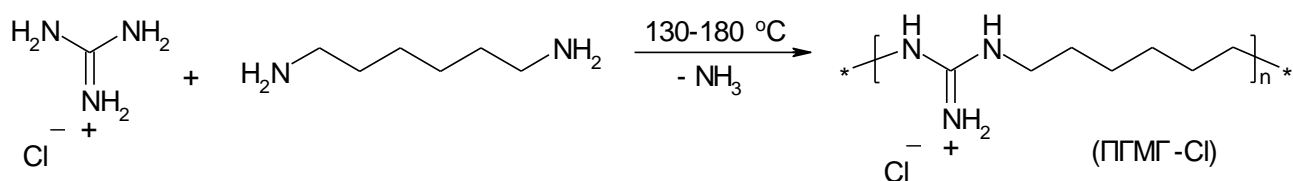


Схема 1. Синтез полімерного біоциду ПГМГ-Cl

Антимікробні полімерні плівки на основі термопластичного поліуретану Laripur®LPR9020 (С.О.І.М., Італія), які містили 1-3% ПГМГ-Cl, отримували поливом з розчину в N,N-диметилформаміді при температурі 60 °C. Термогравіметричний аналіз (ТГА) зразків проводили на дериватографі Q-1500D в діапазоні температур 20 – 1000 °C при швидкості нагрівання 10 °C/хв. Крайовий кут змочування полімерних плівок визначали методом сидячої краплі на приладі Drop Shape Analyzer DSA25E (Krüss, Німеччина). Виділення ПГМГ-Cl з ПУ у водне середовище контролювали спектрофотометричним методом на довжині хвилі 194 нм з використанням спектрофотометра Jenway 6850 (Велика Британія). Антибактеріальну активність модифікованих поліуретанових плівок досліджували стандартним диско-дифузійним методом з використанням штаму грам-негативної бактерії *Escherichia coli* GM 2163.

Згідно з результатами ТГА (табл. 1, рис. 1), введення ПГМГ-Cl в ПУ незначною мірою впливає на термічну стійкість полімеру. Температура початку деструкції (втрата маси 5%) модифікованого ПУ перевищує 300 °C, що вказує на його придатність до переробки традиційними промисловими методами.

Таблиця 1. Результати ТГА

Зразок	Температура при втраті маси $\Delta m$ , °C			
	$T_{\Delta m=5\%}$	$T_{\Delta m=10\%}$	$T_{\Delta m=20\%}$	$T_{\Delta m=50\%}$
ПУ контроль	314	332	353	402
ПУ/ПГМГ-Cl (1%)	306	321	341	400
ПУ/ПГМГ-Cl (3%)	303	317	337	395

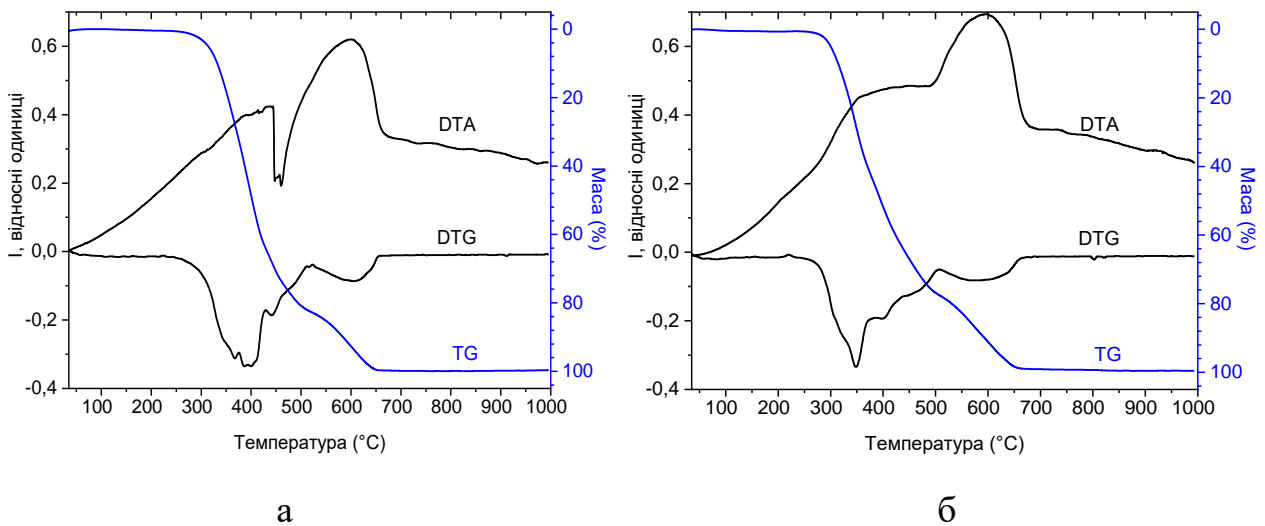


Рис. 1. Криві ТГА: а – ПУ (контроль); б – композит ПУ/ПГМГ-С1 (3%)

Для плівок ПУ/ПГМГ-С1 встановлено значне збільшення гідрофобності поверхні у порівнянні з чистим полімером. Зокрема, величина крайового кута змочування зростає від 72 °С для ПУ до 95 °С для плівок із вмістом полімерного біоциду 2%. Очевидно, цей ефект зумовлено фізико-хімічною взаємодією між ПГМГ-С1 та полярними уретановими групами полімеру, що зменшує його водопоглинання. Результати спектрофотометричного дослідження виділення ПГМГ-С1 з плівок ПУ у водне середовище наведено на рисунку 2. Криві залежності ступеня вимивання біоциду від часу містять ділянки з високою швидкістю його виділення впродовж перших 8-10 годин з наступним переходом у плавний пролонгований режим впродовж 14 діб. На кінцевій стадії ступінь виділення ПГМГ-С1 становив 45% для плівок ПУ/ПГМГ-С1 (1%) і 55-70% для плівок із вмістом біоциду 2-4% (не показано на рисунку).

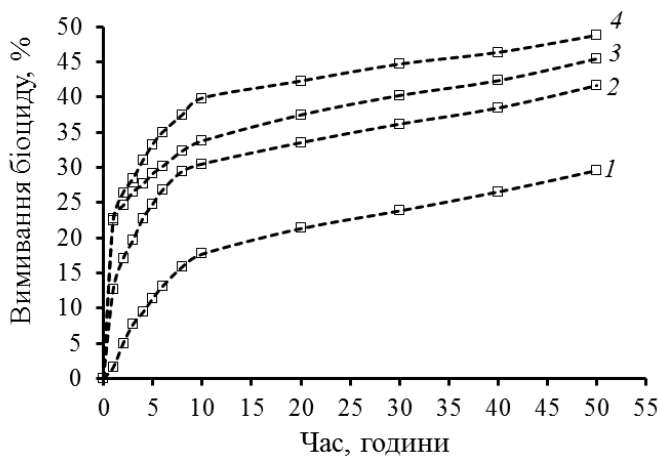


Рис. 2. Виділення ПГМГ-С1 із плівок ПУ у воду: 1 – ПУ/ПГМГ-С1 (1%), 2 – ПУ/ПГМГ-С1 (2%), 3 – ПУ/ПГМГ-С1 (3%), 4 – ПУ/ПГМГ-С1 (4%)

Результати мікробіологічних досліджень свідчать про високу антибактеріальну активність плівок ПУ, які містять 1% полімерного біоциду (рис. 3, b). Величина зони інгібування росту тест-культури для них становила 17 мм. Збільшення вмісту ПГМГ-Cl до 2% не спричинювало помітного зростання активності полімерних плівок (рис. 3, c).

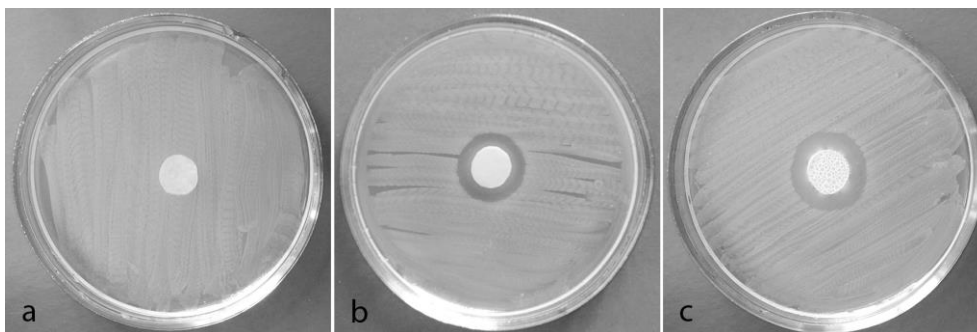


Рис. 3. Зони інгібування росту бактеріальної тест-культури (*E. coli*):  
а – ПУ (контроль), б – ПУ/ПГМГ-Cl (1%), с – ПУ/ПГМГ-Cl (2%)

#### Література:

1. Davis F. J., Mitchell G. R. Polyurethane based materials with applications in medical devices, in: P. Bártolo, B. Bidanda (Eds), Bio-Materials and Prototyping Applications in Medicine, Springer, New York, 2007. – PP. 27-48.
2. Kaali P., Strömberg E., Karlsson S. Prevention of biofilm associated infections and degradation of polymeric materials used in biomedical applications, in: A. N. Laskovski (Ed.), Biomedical Engineering, Trends in Material Science, In Tech, Rijeka. – Chapter 22, 2011. – PP. 513–541.
3. Oulè M. K., Azinwi R., Bernier A. M. et al. Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections // *Journal of Medical Microbiology*. – 57, 2008. – PP. 1523–1528.
4. Rogalsky S., Bardeau J.-F., Wu H. et al. Structural, thermal and antibacterial properties of polyamide 11/polymeric biocide polyhexamethylene guanidine dodecylbenzenesulfonate composites // *Journal of Materials Science*. – 51, 2016. – PP. 7716-7730.

**ІОНОГЕННІ ПЛІВОЧНІ МАТЕРІАЛИ  
НА ОСНОВІ ОЛІГОАЛКІЛЕНОКСИДІВ**

**Варлан К.Є.<sup>1</sup>, Завгородня К.О.<sup>1</sup>, Сінчук О.В.<sup>2</sup>, Петрушина Г.О.<sup>2</sup>**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*пр. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпро*

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро*

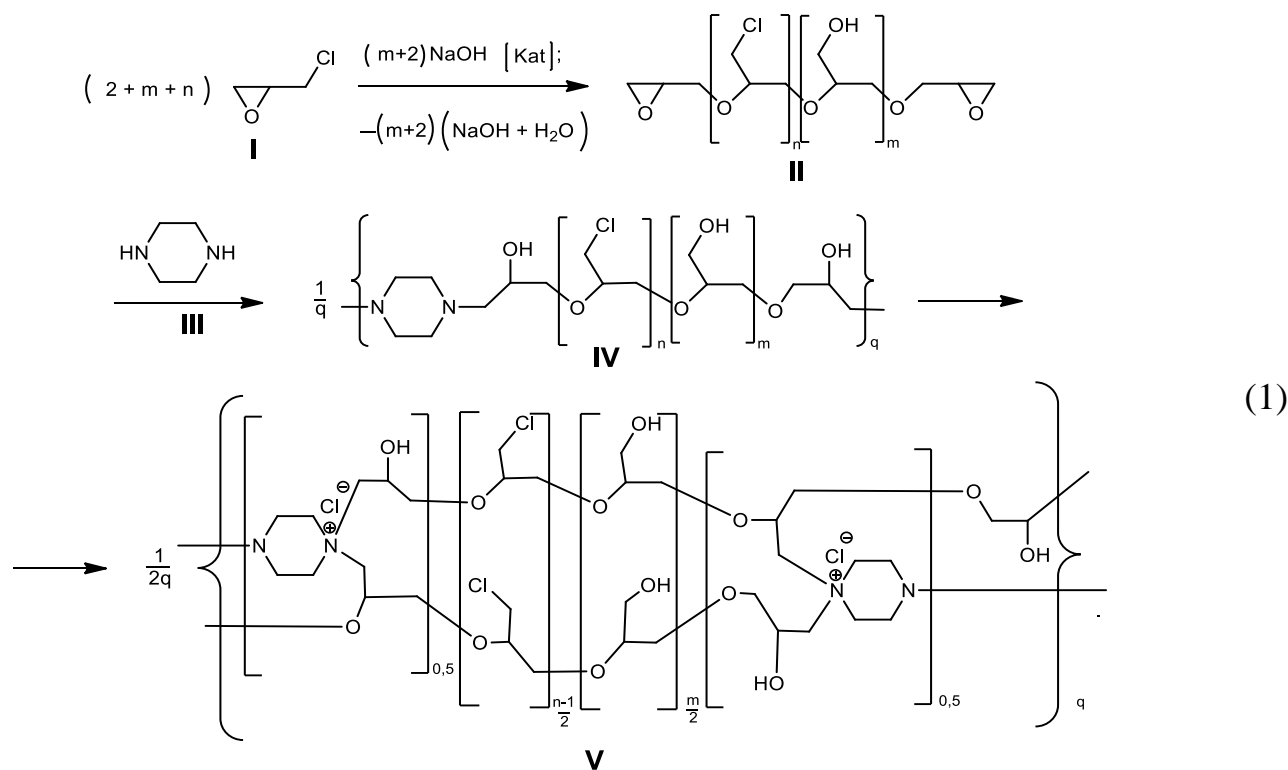
*konstvarlan@meta.ua*

Синтетичні іоногенні матеріали (СІМ) мають широке і різноманітне використання. Їх застосовують в технологіях водопідготовки, розділення складних сумішей, виробництва продуктів харчування та напоїв, гідрометалургійних процесах, у тонкому органічному синтезі, медицині тощо. Серед великого асортименту таких матеріалів особливого значення набувають вироби у вигляді плівок і мембран. Плівочні СІМ (ПСІМ), зокрема, використовують у мембранних технологіях, їх застосовують у компактних електрохімічних пристроях, газових сенсорах, системах сорбції та тонкого розділення тощо. Ефективне використання ПСІМ можливе у разі наявності в них комплексу експлуатаційних властивостей: поєднання еластичності з механічною міцністю, хімічної та термостійкості, високої сорбційної та іонообмінної ємності тощо. Експлуатаційні властивості ПСІМ, як будь-яких полімерних матеріалів, значною мірою обумовлені особливостями топології макромолекул та морфологічної будови матеріалів. Ефективність масообмінних процесів у фазі СІМ залежить від конформаційної рухомості макромолекулярних ланцюгів між вузлами просторової структури полімерної матриці. Особливого значення така умова набуває за участі у обмінних процесах сполук з великими молекулярними масами. Очевидно, що конформаційна рухомість сегментів просторової полімерної структури залежить від гнучкості ланцюгових макромолекул, що її утворюють, та відстаней між їх реакційними центрами. До гнучких макромолекулярних ланцюгових структур належать полі- та олігоетери, зокрема олігоалкіленоксиди (ОАО): поліетиленок-

сид, поліпропіленоксид та їх співполімери, поліепіхлоргідрин тощо. Носіями реакційних центрів в ОАО є кінцеві гідроксильні групи, що дозволяє підбором молекулярної маси регулювати сегментальну рухомість в макросітчастих полімерних структурах на основі таких сполук.

З метою створення ПСІМ, здатних до ефективної оборотної сорбції іонів з великими гідродинамічними розмірами синтезовані еластичні просторово зшиті полімерні матеріали на основі ОАО. В залежності від природи реагентів синтезовані ПСІМ мали аніонообмінні або катіонообмінні іоногенні центри.

ПСІМ з властивостями аніонітів отримували за схемою (1) через ОАО – продукти полімеризації епіхлоргідрину **I**, які обробкою лугом перетворювали у похідні з кінцевими гліцидиловими групами **II**.



Також у якості **II** використовували продукти кондиціонування комерційних активних розріджувачів епоксидних смол УП-655 та Э-181. Після конденсації з піперазином **III** та витримки утвореного полімеру **IV** за заданим температурно-часовим режимом отримували еластичний прозорий матеріал **V**, придатний для подальших хімічних модифікацій за рахунок наявності в просторовій полімерній матриці різних за природою функціональних груп.

Аналіз полімерних сполук **V** виявив наявність в їх структурах амонійних (четвертинних та третинних), а також непротонованих аміногруп, які в комбінації з вторинними гідроксильними групами надають таким матеріалам специфічних іонообмінних властивостей. Зокрема, виявлена здатність до ефективно сорбції з водних розчинів барвника Конго Червоного, а також гетерополісині 18-молібдодифосфорного гетерополікомплексу структури Доусона. Дослідження таких ПСІМ після сорбції вищенаведених макроаніонів за допомогою оптичної мікроскопії виявили особливості морфології та впливу на неї природи сорбтиву (рис. 1-2).

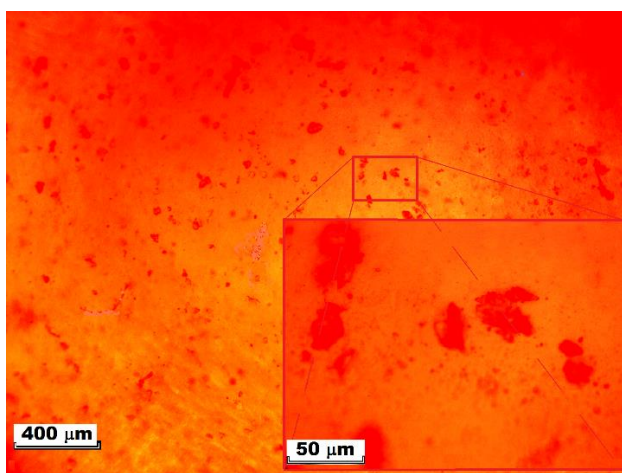


Рис. 1 Мікроструктура ПСІМ **V**  
із сорбованим барвником  
Конго Червоний

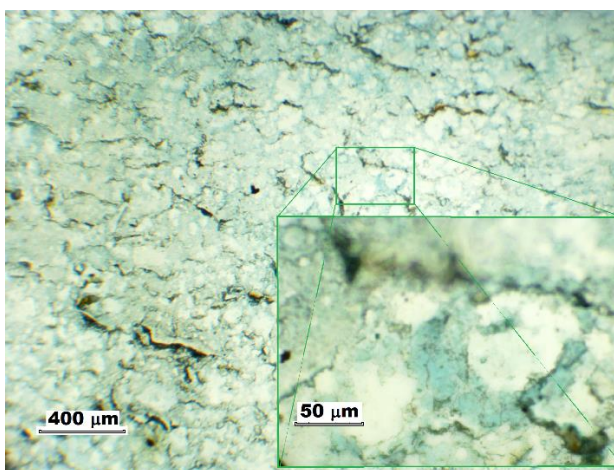
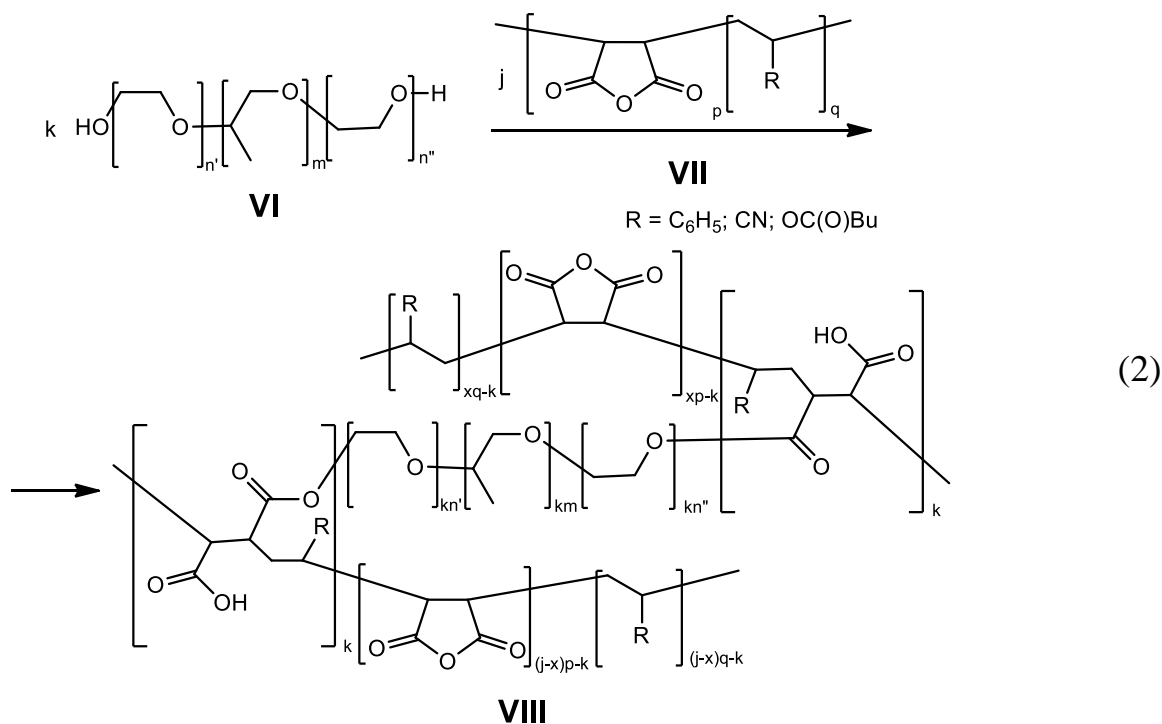


Рис. 1 Мікроструктура ПСІМ **V**  
із сорбованою гетерополісинню

Для отримання ПСІМ з властивостями катіонітів у якості ОАО використовували блокспівполімери етиленоксиду і пропіленоксиду **VI**. У цьому випадку ПСІМ синтезували реакцією **VI** із співполімерами малеїнового ангідриду **VII** за схемою (2). В ході досліджень з'ясували, що за сукупністю факторів для отримання ПСІМ із структурою **VIII** придатними є ОАО **VI** з молекулярною масою 2900-3700 а. о. м. та масовим співвідношенням оксіетиленових та оксипропіленових блоків 40 до 60.



Отримані ПСІМ **VIII** після гідролізу ангідридних циклів мають, в залежності від природи і вмісту R, статичну об'ємну ємність на рівні 5-6 мекв/г та високу сорбційну здатність відносно іонів «важких» металів, зокрема  $\text{Cu}^{+2}$ . Така властивість дозволила шляхом декількох циклів сорбції та відновлення Купруму сформувати в шарі матеріалу металеві частинки у кількості, достатній для подальшого насичення міддю гальванохімічним способом (рис. 3-4).

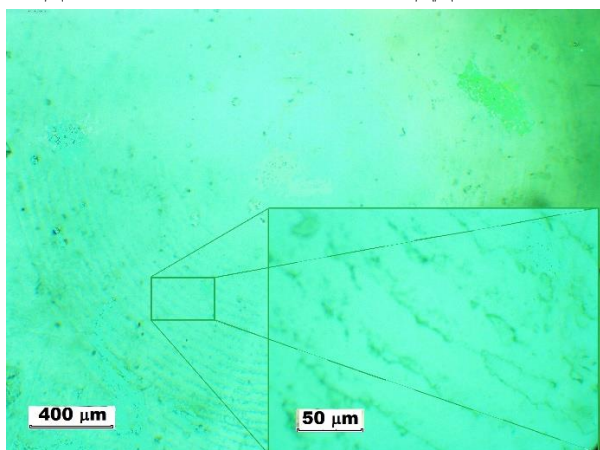


Рис. 3 Мікроструктура ПСІМ **VIII** із сорбованими та частково відновленими іонами Купруму

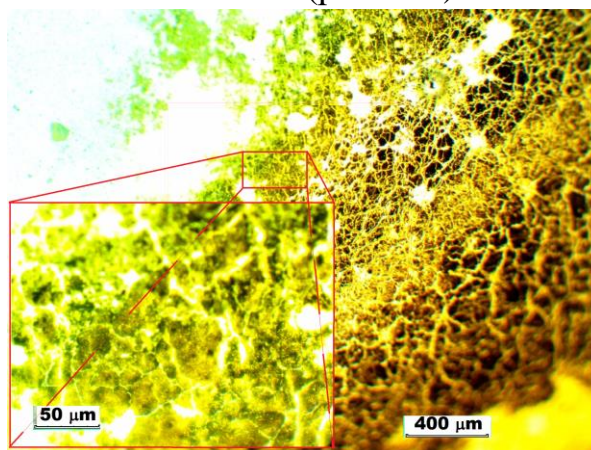


Рис. 4 Мікроструктура ПСІМ **VIII**, насиченого металічною міддю гальванохімічним способом

Автори висловлюють подяку доц. Кондратюк Н. В. за сприяння проведенню мікроскопічних досліджень; доц. Полонському В. А. за допомогу у проведенні гальванохімічного процесу.



**ВПЛИВ АКТИВНИХ РОЗРІДЖУВАЧІВ НА ТЕМПЕРАТУРНИЙ  
КОЕФІЦІЄНТ РЕАКЦІЇ У ПРОЦЕСАХ ЗАТВЕРДНЕННЯ  
ЕПОКСИДНИХ СМОЛ**

**Кіосе О.О.<sup>1</sup>, Савін С.М.<sup>1</sup>, Ложичевська Т.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,*

*кафедра загальної хімії та полімерів*

*вул. Дворянська 2, 65082, м. Одеса*

<sup>2</sup>*Одеський національний медичний університет, кафедра фармацевтичної хімії*

*Валіховський пров. 2, 65082, м. Одеса*

*mazur.olesya@gmail.com*

Однією з проблем при формуванні зразків та виробів із епоксидних смол являється технічне утруднення забезпечення відводу тепла для збереження допустимого температурного режиму, щоб уникнути перегріву системи. В даній роботі нами була вивчена найбільш поширена система: епоксидіанова смола ЕД-20, яка була відтверджена поліетиленполіаміном (ПЕПА) в присутності спеціальних добавок. В роботі [1] показано, що без таких добавок отримання зразків масою 30-50 г вже стає заважким, внаслідок низької теплопровідності та недостатнього відводу тепла з центру системи. В роботі [2] було досліджено відтвердження ЕД-20 з активними розріджувачами (АР), які отримували взаємодією епіхлоргідрину з аліфатичними спиртами. Використання таких АР дозволило значно знизити в'язкість вихідних композицій, що дало можливість отримати наповнені феромагнітними частинками ортотропні полімерні композиційні матеріали (ПКМ). Затвердження проводили безпосередньо в магнітному полі; діаметр зразків був 20 мм [2]. Однак, для подальших досліджень в цьому напрямку, необхідно було розробити методику отримання зразків діаметром 65 мм. Збільшення діаметру та об'єму було необхідно для можливості виготовити стандартні зразки для випробувань та визначення їх фізико-механічних характеристик: модуля Юнга, міцності на вигин, ударної в'язкості та ін. В науковій літературі у якості найбільш поширеного способу зниження в'язкості

вихідної композиції та збільшення рівня контролю над температурним режимом процесу затверднення пропонується заміна низькотемпературного затверджувача на високотемпературний та проведення реакції в діапазоні 80-250 °С [3]. В нашому випадку, однією з базових умов було проведення затверднення при температурі не вище 60 °С, щоб не пошкодити обладнання, яке створює магнітне поле. Для вирішення даної задачі нами були розроблені спеціальні добавки, які дозволяють не тільки значно знизити в'язкість, але й швидкість затверднення зразків.

В якості добавок було вивчено ряд органічних розчинників та вінілових мономерів, а також, високотемпературних затверджувачів. Були визначені початкові швидкості затверднення системи (ЕД-20 + 16% ПЕПА) при вмісті добавки 25%. Швидкість вимірювали при температурах 30° С та 40 °С. Також було визначено температурний коефіцієнт реакції  $\gamma$  (коефіцієнт Вант-Гоффа). Як було показано в роботі [4] для затвердіння системи при обмеженому відводі тепла, значення  $\gamma$  є визначальним, більш важливим, ніж значення початкової швидкості. Вимірювання проводили по методиці [5] методом дилатометрії з використанням спеціальних розбірних дилатометрів, центрифуги ЦУМ-1 та катетометру КМ-6. Було досліджено в якості добавки близько 50-ти різних речовин і показано, що швидкість може бути знижена в 5 разів (циклогексанон (ЦГ), бензальдегід), а  $\gamma$  на 15% (ЦГ, триетиленглікольдиметакрилат). Для ЦГ визначили залежність  $\gamma$  при його вмісті від 0% до 30% з інтервалом 2,5%. Було показано, що  $\gamma$  знижується від 1,96 до 1,74 при досягненні 20% вмісту, потім збільшується до 2,24 при 30% вмісту ЦГ.

Використовуючи отримані данні, нами була запропонована комбінована система розріджувачів: 10% ізобутилгліцидил ( $\gamma = 1,3$ ) + 10% ЦГ ( $\gamma = 1,74$ ). Було отримано зразок в вигляді епоксидного блоку діаметром 65 мм та висотою 70 мм. Показано, що використання в якості компонентів системи вінілових мономерів дозволяє проводити затверднення в 2 стадії з отриманням гібридних полімерних композитів, які містять напів-взаємопроникні полімерні сітки.

Згідно з комп'ютерними розрахунками по методиці [4], в цьому випадку діаметр зразка може бути збільшений приблизно до 100 мм, а об'єм до 500 мл.

Таким чином, запропоновані методики можуть бути використані як в дослідницьких цілях (для отримання зразків великого об'єму), так і в технологіях для виготовлення великогабаритних виробів із епоксидних олігомерів.

#### Література:

1. Савин С.Н. Моделирование процессов отверждения эпоксидных смол в сферических слоях // Вісник ОНУ. Хімія. – Т. 18, – №4 (48), 2013. – С. 38-45.

2. Савин С.Н., Ложичевская Т.В., Сейфуллина И.И., Ракипов И. М.. Применение алкилоксиранов в качестве активных разбавителей эпоксидных смол // Вопросы химии и химической технологии. – Т 2. – № 2 (95), 2017. – С. 67-71.

3. Зайцев Ю.С., Кочергин Ю.С., Пактер М.К., Кучер Р.В.. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции. – К.: Наукова думка, 1990. – 200 с.

4. Савин С.Н. Математическое моделирование процессов тепловыделения при отверждении эпоксидных смол // Вісник ОНУ. Хімія. – Т.19. – №4 (52), 2014. – С. 70-79.

5. Савин С.Н. Кинетика полимеризации олигомерных систем с повышенной вязкостью // Вісник ОНУ. Хімія. – Т. 18. – №1 (45), 2013. – С. 71-81.

**СОРБЦІЯ ІОНІВ Cr(VI) КОМПОЗИТАМИ ПРИРОДНИЙ  
МІНЕРАЛ/ПОЛІАНІЛІН**

**Сидорко М.С., Макогон В.М., Яцишин М.М., Решетняк О.В**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

*вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005, м. Львів*

*e-mail: sydorkomaria98@gmail.com*

**Вступ.** Природні мінерали (мінеральні глини), а це зазвичай алюмосилікати, побудовані з різних кількостей нанорозмірних шарів з алюмінієвих октаедрів  $[\text{AlO}_3(\text{OH})_3]^{6-}$  та шарів з кремнієвих тетраедрів  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , так званих пакетів, розділених нанорозмірними пустотами, які заповнені гідратованими іонами головно  $\text{Na}^+$  та  $\text{Ca}^{2+}$ , як-от монтморилоніт чи каолініт [1]. Цінним природним мінералом є також цеоліт, який належить до каркасних мінералів і є побудованим із тетраедрів алюмінію  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  та кремнію  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , утворюючих нанорозмірні канали. Природні мінерали (ПМ) вже давно широко використовують у різних технологічних процесах, зокрема для адсорбції важких металів [2]. Для покращення хімічних властивостей ПМ часто модифікують різними хімічними реагентами і електропровідними полімерами (ЕПП), зокрема.

Останніми роками таким модифікатором поверхонь ПМ часто є поліанілін (ПАН) [2]. Поєднання властивостей ПМ із властивостями ЕПП, як наслідок, приводить до утворення композитних матеріалів (КМ) із синергічними властивостями. Такі КМ є ефективними сорбентами іонів Хрому (VI).

Відомо, що Cr (VI) є токсичним, канцерогенним і в 500 разів шкідливішим за Cr(III) [3], який є дуже важливим для регулювання функції інсуліну в організмі людини. Найбільші кількості стічних вод, забруднених сполуками Хрому, продукуються виробництвами з обробки шкіри, виготовлення акумуляторів, барвників та пігментів, різноманітними гальванічними цехами та цехами з обробки та антикорозійного захисту металів, тощо. Традиційно використовувані процеси знешкодження Хрому до допустимої концентрації є дорогими та трудомісткими.

Поліанілін є цінним полімером завдяки сукупності повторюваних чергувань амінних  $[-(C_6H_4)-N(H)-]_x$  та імінних  $[-(C_6H_4)-N=]_{1-x}$  ланок у його макромолекулі. Загалом процес адсорбції Cr(VI) може бути пов'язаний з утворенням хімічного зв'язку або електростатичної взаємодії між іонами Cr (VI) з аміно- та імінними функціональними групами ПАН, а також окисненням емеральдинової форми ПАН в його пернігранілінову форму.

Серед численних ПМ, якими багаті надра України є каолін (Кн), глауконіт (Гл) та цеоліт (Цт). Однак перелічені Мінерали українського походження як от каолін (Кн), глауконіт (Гл) та цеоліт (Цт) практично не досліджені як компоненти композитів із ЕПП та не апробовані для детоксикації Cr(VI) із вод різного походження.

Завдання нашої праці синтезувати композити на основі деяких ПМ, як-от каолін, глауконіт, цеоліт та поліанілін, дослідити їхні фізико-хімічні властивості та можливості їхнього використання для детоксикації водних розчинів від іонів Cr(VI).

**Експериментальна частина.** Для синтезів ПАН та композитів ПМ/ПАН ми використовували анілін (Ан) та амонійпероксодисульфат (АПС), водний 0,5 М розчин  $H_2SO_4$ . Для синтезу композитів ПМ/ПАН використовували українські ПМ: каолін, глауконіт і цеоліт. Перед використанням ПМ подрібнювали, просіювали, витримували за 300 °С упродовж 3 год. Розчинник дистильована вода. Водний 866,7 мг/л розчин Cr(VI) готували з фіксаналів  $K_2Cr_2O_7$ .

Зразки ПАН та композитів ПМ/ПАН готували окисненням аніліну АПС за методикою [4]. Властивості, а саме структуру зразків ПАН та ПМ/ПАН досліджували рентгенофазовим (Дрон-04-07, Cu  $K\alpha$ ,  $\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$ ), ІЧ–ФІ-спектральним аналізами (NICOLET IS 10 ATR), електричний опір (Rigol DM 3068).

Дослідження сорбційних властивостей зразками ПАН, Кн/ПАН, Гл/ПАН і Цт/ПАН, а також вихідними зразками ПМ проводили введенням до наважки сорбента масою 0,125 г 10 мл водного розчину 866,7 мг/л Cr(VI) з наступним відбором проби об'ємом 500 мкл і її фотометруванням за допомогою спектрофотометра Cadas-100 в межах 350–600 нм з кроком 5 нм. Рівноважні концентрації Cr(VI) у досліджуваних розчинах визначали за градувальним графіком, побудованим за інтенсивністю смуги поглинання Cr(VI) за 360 нм.

Відсоток поглинання ( $I\%$ ) Cr (VI) з розчину обчислювали за формулою:

$$П(\%) = 100 (C_0 - C_p) / C_0, \quad (1)$$

а рівноважну адсорбцію – за формулою:

$$A_p = (C_0 - C_p) V / m, \quad (2)$$

де  $A_p$  – кількість Cr(VI) адсорбованого за рівноваги, мг/г;  $C_0$  і  $C_p$  – початкова і рівноважна концентрації Cr (VI), мг/л;  $V$  – об'єм розчину, л;  $m$  – маса сорбента, г.

Кінетику сорбції Cr(VI) аналізували за допомогою кінетичного рівняння реакції псевдо–другого порядку:

$$\frac{t}{g_t} = \frac{1}{k_2 g_t^2} + \frac{t}{g_p}, \quad (3)$$

де  $t$  – час сорбції, хв;  $g_t$  і  $g_p$  – кількість адсорбованого Cr(VI) впродовж певного часу ( $t$ ) та рівноважне значення, мг/г, відповідно;  $k_2$  – константа швидкості реакції псевдо–другого порядку, г/мг хв<sup>-1</sup>.

**Результати та обговорення.** На рис. 1, як приклад, наведено дифрактограми та ІЧ-ФП спектри зразків ПАН, Кн/ПАН та Кн. Дифракційні піки та смуги поглинання відповідають досліджуваним речовинам. ПАН у всіх зразках композитів був практично аморфним – наявність широкого гало в межах  $2\theta = 10\text{--}35^\circ$ . Смуги поглинання ПМ, як видно з рис. 1, б, у зразках композитів є екрановані шаром ПАН, осадженого на поверхню дисперсних частинок мінералів, що підтверджує композитний характер зразків.

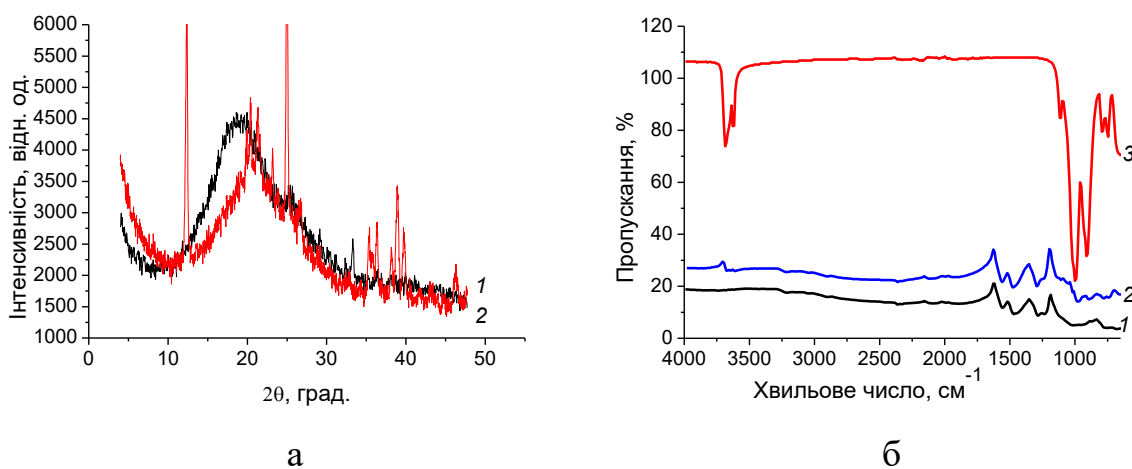


Рис.1. Дифрактограми (а) та ІЧ–ФП спектри (б) зразків:

1 – ПАН; 2 – Кн/ПАН. 3 – Кн

З кінетичних залежностей (див. рис. 2, а) бачимо, що сорбція Cr(VI) зразками відбувається з високою швидкістю впродовж ~60 хв і сягає практично 50 % поглинання всього Cr(VI). Після чого швидкість сорбції значно зменшується і є тривалішою. Однак всі зразки адсорбували практично 100 % іонів Cr(VI) упродовж 8000 хв.

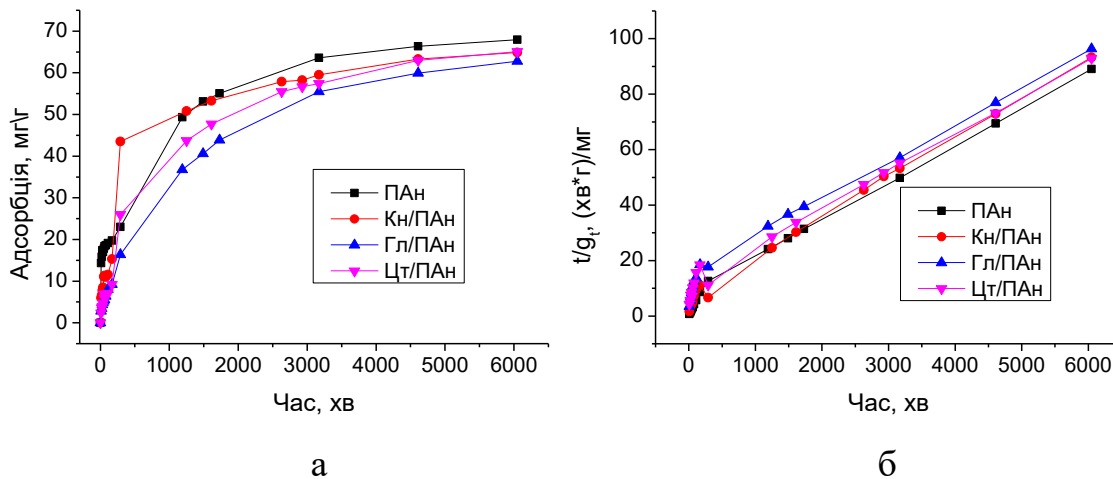


Рис. 2. Кінетика сорбції (а) та кінетичні криві (б) сорбції Cr(VI)

Як бачимо з рис. 2, б, залежності є лінійними, а прийнята кінетична модель задовільно описує процес сорбції після 60 хв перебігу процесу (значення коефіцієнта кореляції  $R^2$  становить 0,991. Максимальне значення поглинутого Cr(VI) за вихідної концентрації 866,7 мг/л становить 69,3 мг/г сорбентів, що є дуже високим показником.

Отже, результати роботи вказують на доцільність продовження досліджень з метою розробки ефективних сорбентів іонів Cr(VI).

#### Література:

1. Mishurov D. O., Avramenko V. L., Brovko O. O. Nanocomposites on based of polymers and layered silicates // Polymer J. Vol. 35. – No. 3, 2013. – PP. 217–230.
2. Яцишин М., Макогон В., Ціко У., Решетняк О. Композитні матеріали на основі поліаніліну та природних мінералів: короткий огляд. 1. Особливості синтезу, властивості та застосування // Праці НТШ. Хім. науки. – Т. 53, 2018. – С. 92–131.
3. WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, fourth edition, World Health Organization // Geneva, 2011.
4. Makogon V., Nesterivs'ka S., German N., Yatsyshyn M. Synthesis of composites glauconite/polyaniline doped phosphatic acid and their properties // Visn. Lviv Univ. Ser. Chem. – Is. 60. – Pt. 2, 2019. – PP. 363–373.

УДК 544.723.2

## СОРБЦІЯ ІОНІВ Cr(VI) ПАЛИГОРСЬКІТОМ, МОДИФІКОВАНИМ ГЕКСАДЕЦИЛТРИМЕТИЛАМОНІЙ БРОМІДОМ

Жданюк Н.В.<sup>1</sup>, Чудинович О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

пр. Перемоги, 37, 03057, м. Київ

zhdanyukn.kpi@gmail.com

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

вул. Кржижановського, 3, 03142, м. Київ

Для вилучення іонів важких металів з водних середовищ широко використовують сорбційні методи. Природні силікатні матеріали мають достатньо високу катіонообмінну ємність та можуть бути використані у якості сорбенту. У водних середовищах у широкому діапазоні рН сполуки хрому знаходяться у аніонних формах ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCrO}_4^-$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), тому використання природних силікатів буде не ефективним.

Модифікування поверхні палигорськіту катіонними поверхнево-активними речовинами дозволить змінити заряд поверхні мінералу з негативної на позитивну, що дасть змогу використовувати органоглину для вилучення аніонних неорганічних токсикантів [1].

Об'єктом дослідження вибраний палигорськіт Черкаського родовища (Україна) з катіонною об'ємною ємністю (КОЄ) 0,25 ммоль/г. Модифікування поверхні палигорськіту проводили катіонною поверхнево активною речовиною – гексадецилтриметіламоній бромідом (ГДТМА).

Природний палигорськіт очищали від домішок седиментаційним методом та переводили у Na-форму. Отриманий Na-палигорськіт відмивали від залишків хлориду натрію, висушували при температурі 105 °С. Матеріал подрібнювали та для подальших досліджень використовували фракцію 0,1-0,2 мм.

Рентгенографічні дослідження вихідних і модифікованих зразків палигорськіту свідчать про їх практичну мономінеральність.

Для синтезу органопалигорськіту суспензію Na–палигорськіту попередньо



обробляли ультразвуком та змішували з відповідною кількістю ГДТМА. Суспензію перемішували на магнітній мішалці протягом 2 год. при температурі 60 °С. Модифікування органоглини проводили при співвідношенні КОЄ палигорськиту до кількості ПАР рівному 1. Отриману органоглину промивали дистильованою водою до негативної проби на  $\text{Br}^-$  та висушували при температурі 80 °С. Для досліджень органоглину подрібнювали та відбирали фракцію 0,1-0,2 мм.

Результати ІЧ-спектроскопії органопалигорськиту підтверджують, що вуглеводневі ланцюги ГДТМА закріпилися на поверхні мінералу.

Для вивчення сорбційних властивостей сорбційних експериментів використовували дихромат калію  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Сорбцію проводили у терморегульованому боксі при температурі 25 °С. Наважка зразка складала 0,1 г, співвідношення твердої та рідкої фаз – 1/500. Після встановлення адсорбційної рівноваги водну фазу відділяли центрифугуванням та визначали в ній рівноважну концентрацію хром (VI) спектрофотометричним методом (UNICO 2100UV) з використанням реагенту дифенілкарбазиду при довжині хвилі 540 нм.

Для зразків палигорськиту та органопалигорськиту досліджено вплив рН на адсорбцію хром (VI) та отримано ізотерми адсорбції при рН = 6 та 7. Аналіз проведених досліджень підтвердив можливість використання орган опалигорськиту для очищення вод від сполук хрому (VI) при значеннях рН близькими до нейтральних.

Отже, модифікування шарувато-стрічкових силікатів катіонними ПАР дає змогу регулювати гідрофільно-гідрофобний баланс силікатної поверхні, що вилучати з природних вод аніонні форми сполук важких металів.

#### Література:

1. Bergaya F., Theng B. K .G., Lagaly G. Developments in clay science. – V.1. – Handbook of clay science. Amsterdam: Elsevier Ltd, 2006. – 1224 p.

**DFT COMPUTATIONAL DESIGN OF ONE-DIMENSIONAL TETRATHIA-  
AND TETRASELENA[8]CIRCULENE-BASED MATERIALS**

**Karaush-Karmazin N.M., Baryshnikov G.V., Minaev B.F.**

*Bohdan Khmelnytsky National University*

*Shevchenko Blvd, 81, 18031, Cherkasy*

*karaush22@ukr.net*

One- (1D) and two-dimensional (2D) conjugated polymers are of steadily research interest because of their potential applications in organic electronics. Modern computation-based approaches in design allow to engineer electronic materials with certain desired properties and functionality. In particular, controlled growth and directed assembly can be used to create organic electronic materials from molecular building blocks. In this context, heterocirculenes [1] can be considered as promising building units for creation 1D and 2D nanoscale materials because of their specific electronic structure, unusual stability and highly symmetric planar or quasy-planar structure [2, 3].

In this paper, a series of the novel tetrathia[8]circulene (**TTC**) and tetrasele-na[8]circulene (**TSC**)-based materials with various fusion types has been studied by density functional theory (DFT) method [4]. Both these species were constructed by n-repeating **TTC** and **TSC** monomers ( $n = 2 - 5$ , and infinite band) along the 1D direction. In accordance with this principle, we have designed various **TTC** and **TSC**-based materials with three different types of fusion between monomers including the **TTC** or **TSC**-materials with directly linked **TTC/TSC** units (type **I**), fused *via* a benzene-core linker (type **II**) or through a four-membered ring (type **III**).

The methoxy-substituted **TTC** and **TSC** hetero[8]circulenes (Fig. 1) have been prepared in 2015 [5] and their electronic and spectral properties have also been studied in detail [5, 6]. Both methoxy-substituted **TTC** and **TSC** molecules are non-planar and belong to the  $D_2$  symmetry point group. The **TTC** molecule demonstrates very slight deviation from planarity of about  $2^\circ$ , while the **TSC** has a more pronounced saddle-shaped structure with a bent angle of the cyclooctatetraene core of

12° [6]. Therefore, it can be assumed that these heterocirculenes being building units in the **TTC** and **TSC**-based structures will adopt the shape of the free molecules along the corresponding ribbon. Indeed, our DFT calculations predict more distorted shapes for the **TSC**-based structures compared to those of **TTC** ones due to the inherent saddle shape of the initial **TSC**-building unit. The structures of the finite **TTC** and **TSC** oligomers with  $n=5$  are presented in Fig. 2.

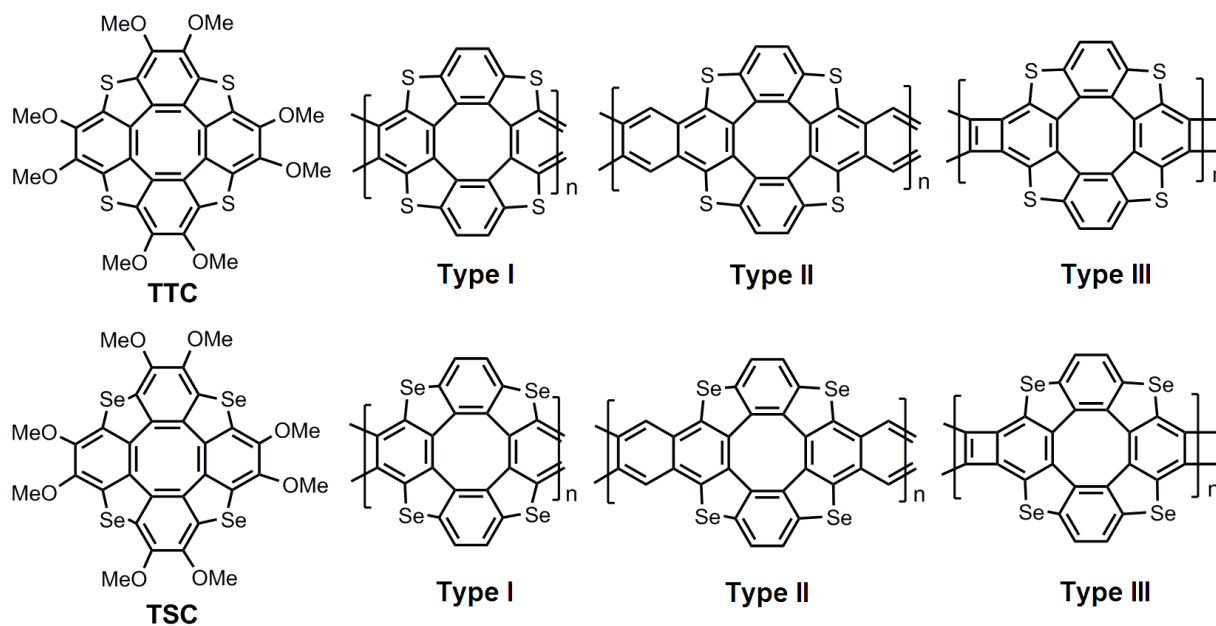
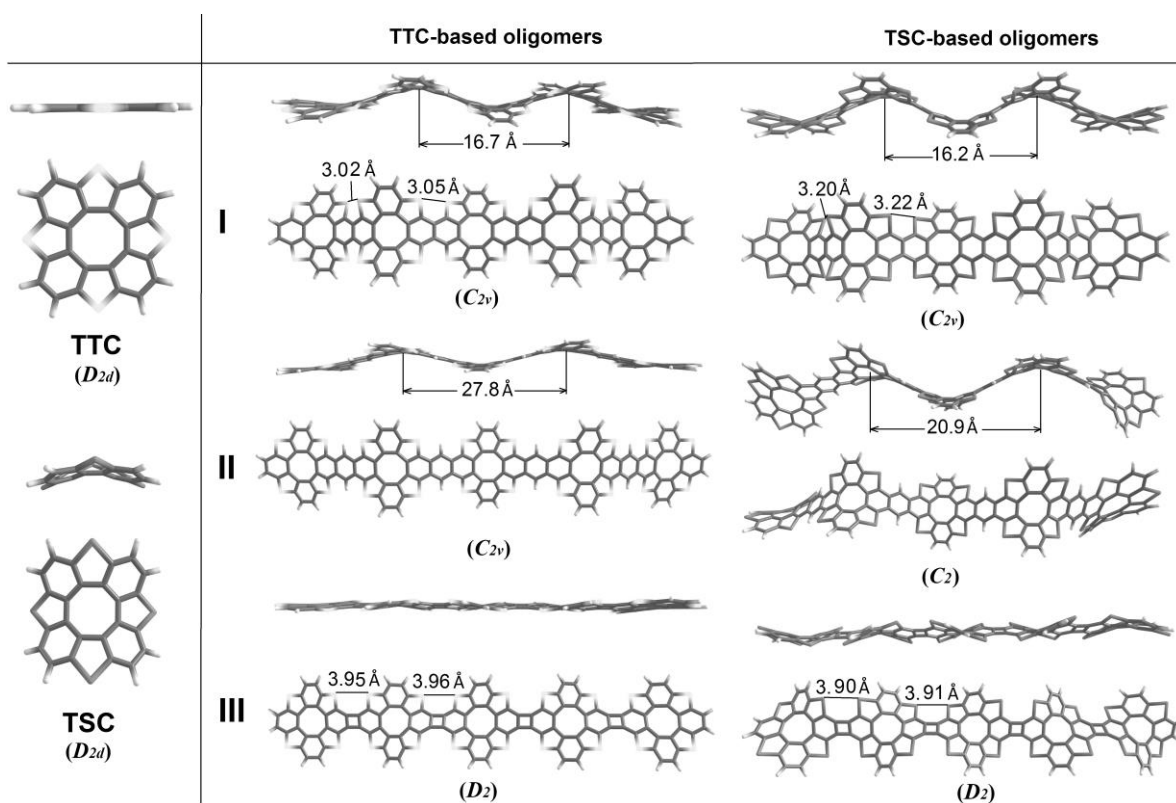


Figure 1. The structure of methoxy-substituted tetrathia[8]circulene (**TTC**) and tetraselena[8]circulene (**TSC**) molecules and 1D **TTC**- and **TSC**-based oligomers with different fusion types

Both methoxy-substituted **TTC** and **TSC** molecules show a long-wavelength absorption band (320–450 nm) in the experimental UV-vis spectra [6]. The first  $S_0 \rightarrow S_1$  electronic transition calculated at 414 and 442 nm for methoxy-substituted **TTC** and **TSC**, respectively, is symmetry allowed with very low intensity, providing a weak fluorescence [5, 6]. For the unsubstituted **TTC** and **TSC** molecules (the  $D_{2h}$  symmetry point group), the electronic transitions into the  $S_1$  excited state of the  $X^1A \rightarrow ^1A_2$  symmetry are forbidden ( $f=0$ ) in the electric-dipole approximation but allowed as magnetic-dipole transitions with relatively large magnetic moments ( $\mu_z$ )  $\approx 3.4\mu_B$  [4].



**Figure 2.** Molecular representations of the **TTC** and **TSC**-based structures with  $n = 5$  (side and top view)

All of the studied **TTC** and **TSC** ribbons show size-dependent visible absorption in the range 330–600 and 350–650 nm for the corresponding **TTC** and **TSC** ribbons, respectively [4]. The first  $S_0 \rightarrow S_1$  electronic transition is allowed for most of the **TTC** and **TSC** compounds in the calculated absorption spectra. It should be noted that strong absorption is due to specific  $\pi$ -conjugation in the macrocyclic system which plays a key role, defining the increase of the absorption intensity with the ribbon size growth. The same phenomenon is typical for other strongly conjugated systems such as polyenes, polyacenes and recently studied related tetraoxa[8]circulene (**TOC**) ribbons [3]. Replacing sulfur by more massive selenium heteroatoms in the molecular skeleton mainly affects the position of the absorption bands (i.e. the electronic transition energies), due to the different efficiency of  $\pi$ -conjugation effects; however, the origin of the absorption bands still the same.

Band structure calculations at the HSE06 level of theory reveal that band gaps decrease from 2.28 to 2.14 eV for the **TTC** ribbons of the first and second fusion

types [4]. The **TSC** structures demonstrate the same trend exhibiting band gap narrowing from 2.41 (type **I**) up to 2.11 eV (type **II**). The ribbons of type **III** possess the lack of periodicity due to the close-lying energy minima for the possible twisting configurations of **TTC** and **TSC** moieties relative to the linking four-membered ring [4]. It is important to note that the molecular nanoribbons possess direct band gaps of a size that are promising for optoelectronic applications.

#### Referenses:

1. Hensel T. Synthesis of heterocyclic [8]circulenes and related structures / T. Hensel, N. N. Andersen, M. Plesner, M. Pittelkow // *Synlett.* – Vol. 27, – N 04, 2016. – PP. 498-525.
2. Baryshnikov G. V. Electronic structure, aromaticity and spectra of hetero[8]circulenes / G. V. Baryshnikov, B. F. Minaev, V. A. Minaeva // *Russ. Chem. Rev.* – Vol. 84, 2015. – P. 455-484.
3. Recent progress in quantum chemistry of hetero[8]circulenes / N. N. Karaush, G. V. Baryshnikov, V. A. Minaeva, H. Ågren, B. F. Minaev // *Mol. Phys.* – Vol. 115. – N 17–18, 2017. – PP. 2218-2230.
4. Structure, Stability and Electronic Properties of One-Dimensional Tetrathia- and Tetraselena[8]circulene-based Materials: A Comparative DFT Study / N. N. Karaush-Karmazin, A. Kuklin, G. Baryshnikov, L. V. Begunovich, H. Ågren, B. Minaev // *New J. Chem.* – 2020. doi.org/10.1039/D0NJ00676A (Accepted Manuscript).
5. Tetrathio and tetraselena[8]circulenes: Synthesis, structures, and properties / X. Xiong, C.-L. Deng, B. F. Minaev, G. V. Baryshnikov, X.-S. Peng, H. N. C. Wong // *Chem. Asian J.* – Vol. 9, N 4, 2015. – PP. 969-977.
6. Structure and spectroscopic characterization of tetrathia- and tetraselena[8]circulenes as a new class of polyaromatic heterocycles / V. A. Minaeva, G. V. Baryshnikov, B. F. Minaev, N. N. Karaush, X.-D. Xiong, D. P. Lee, H. N. C. Wong // *Spectrochim. Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* – Vol. 151. – N 5, 2015. – PP. 247-261.

**COMPARISON OF SPECTRAL-LUMINESCENT PROPERTIES  
OF METAL POLYMERS Nd(III), Er(III), Yb(III)**

**Ivakha N.B.<sup>1,2</sup>, Berezhnytska O.S.<sup>1,2</sup>, Trunova O.K.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*V.I.Vernadsky Institute of General and Inorganic Chemistry of NAS of Ukraine*

*Akad. Palladin Avenue, 32/34, 03142, Kyiv*

<sup>2</sup>*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

*37, Prosp. Peremohy, 03056, Kyiv*

*ivakhanadiia@gmail.com*

Metal polymeric materials are widely used in various industries, due to their high durability, ductility, cheapness and regenerative capacity. Despite the wide market of polymer composites, the production of metal-containing polymeric structures is one of the most popular. The main methods of obtaining polymeric metal systems are to intercalate metal salts or oxides into polymeric matrices. When applied in the form of optical glasses or coatings, this method is not perfect, because it does not allow purposefully control the ratio of components, and, consequently, to obtain systems of a given composition. More promising and interesting, in our view, is the method of polymerization or copolymerization of metal-containing coordination compounds. The main requirement for metal chelates is the presence of double bonds in the molecules. This method allows not only to control the ratio of the polymer matrix: metal complex, but also to obtain homogeneous chemical composition of metal polymers. We have chosen  $\beta$ -diketonate compounds as the starting monomer complexes containing unsaturated substituents in the freezing rings

The polymer compounds of  $[\text{Ln}(\text{mphpd})_3]_n$ ,  $[\text{Ln}(\text{dmhpd})_3]_n$ ,  $[\text{Ln}(\text{dmod})_3]_n$  and  $[\text{Ln}(\text{bphhpd})_3]_n$  (Ln - Nd (III), Er (III), Yb(III)) based on previously synthesized  $\beta$ -diketonate metal complexes of 2-methyl-5-phenyl-pentene-1-dione-3,5 (mphpd), 2,6-dimethyl-heptene-1-dione- 3,5 (dmhpd), 2,7-dimethyl-octene-1-dione-3,5 (dmod), 2-methyl-5-biphenyl-pentene-1-dione-3,5 (mbphpd) are investigated. The structural formulas of the starting ligands are shown in Fig. 1.

2,7 – dimetylokten-1-3,5 – dion ( <b>dmokd</b> )	2,7 dimetylhepten - 1-3,5 – dion ( <b>dmhpd</b> )	2-methyl-5-phenilpenten-1-3,5-dion ( <b>mphpd</b> )	2-methyl-5-biphenilpenten-1-3,5-dion ( <b>mbhpd</b> )

The composition and structure of metal-polymer complexes were determined by the methods of IR and fluorescence spectropy, SDV, ESP and DTA analysis. The luminescent properties of some of the synthesized compounds were investigated. The dispersion and morphology of monomer and metal-polymer systems have been established. A comparative analysis of the composition, structure and properties of polymeric metal complexes was carried out. It is shown that the polymerization does not affect the geometry and structure of the coordination polyhedron of elementary units. It has been found that polymers exhibit higher thermal stability than monomeric complexes. Micrographs of monomeric systems, despite their X-ray amorphism, resemble crystalline compounds, while the SEM-photo of metal polymers indicates the spherical forms of the particles and their nanodispersity.

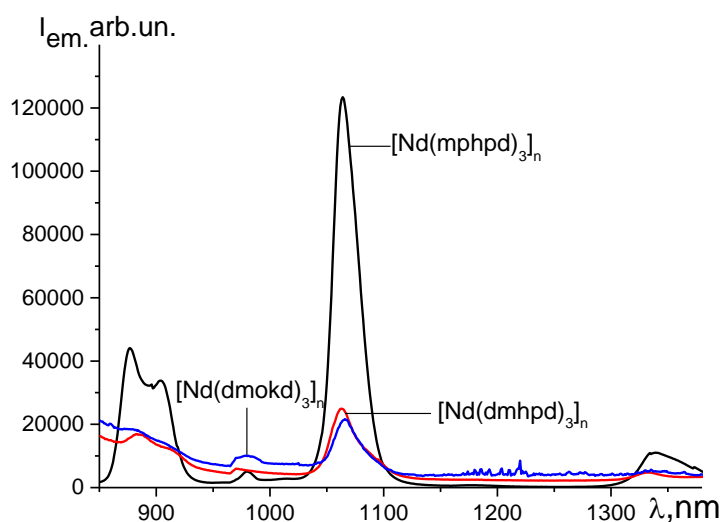


Figure 1. Emission spectrum of polymer complexes of Nd(III)

Thus, the characteristics of metal polymers Nd (III), Er (III), Yb (III) are compared in the work. It is shown that they are characterized by high emission in the IR spectral range. The relative luminescence intensity of polymeric complexes with aliphatic substituents is higher than that of monomeric ones, but lower than that of similar metalopolymers with aromatic substituents.

**UDC 544.77 546.3 546.05 546.57**

**NEW HETEROMETALLIC COORDINATION COMPOUNDS OF ZINC AND SILVER (I) BASED ON ETHYLENDIAMINDISUCCINATIC ACID**

**Semeniv V.S.<sup>1</sup>, Berezhnytska O.S.<sup>1,2</sup>, Kamenska T.A.<sup>1</sup>, Trunova O.K.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

*37, Prosp. Peremohy, 03056, Kyiv*

*<sup>2</sup>V.I.Vernadsky Institute of General and Inorganic Chemistry of NAS of Ukraine*

*Akad. Palladin Avenue, 32/34, 03142, Kyiv*

*olekberez@gmail.com*

The synthesis and study of new biologically active compounds has long been one of the first positions in synthetic chemistry. The broad market for biologically active substances, drugs and systems, unfortunately, does not always satisfy the conditions of consumers. Coordination compounds of metals, used as additives, not only as carriers of organic fragments (amino acids, vitamins, etc.), but also for the purpose of introducing the trace elements necessary for the vital activity of a living organism. The antibacterial properties of silver have been known since ancient times, but the use of silver nanoparticles in medicine and cosmetology began not too long ago. Many scientists have focused on the synthesis of nanosilver. There are conflicting opinions about the properties of nanoparticles. Some consider these properties unique, others say about the high toxicity of such systems [1-4]. Zinc is the second essential element for our body. It is a tool that helps support our beauty and youth, as it affects the appearance and color of the skin, controls hormone balance and fat metabolism. Zinc also promotes cell division - regeneration, as it regulates the work of most enzymes in the body. Its antioxidant properties help fight free radicals, promote protein synthesis, DNA and RNA stabilization, and wound healing. The condition and growth of hair also depend on the content of this element in the body. It is interesting to combine the unique properties of these two metals. There are quite a few works in the literature devoted to the synthesis of silver complexants, however, there are very few publications on hetero-metal compounds [5-7]. Therefore, the purpose of this work is to synthesize and investigate the heterometallic complex of zinc and argentum with ethylenediamindissuccinic acid.



In order to qualitatively evaluate the complex formation process, it is necessary to compare the spectral characteristics of mono- and heterometallic complexes. Since the zinc complex with edds has already been sufficiently studied, it is not appropriate to dwell on the description of its spectral properties.

The synthesis of the complexes was carried out in aqueous solution at an initial ratio of components 2:1,  $\text{AgNO}_3 : \text{Na}_3\text{Hedds}$  respectively,  $\text{pH} = 7-8$ . To the previously synthesized aqueous solution of  $\text{Znedds}$  was poured a solution  $\text{AgNO}_3 + \text{Na}_3\text{edds}$  containing excess ligand. The complexes were planted with acetone in a ratio of 1: 5 aqueous solution: acetone, respectively.

The lower values of the stability constants of  $\text{Agedds}$  are obviously due to the asymmetric structure of the acid and as a consequence of the closure of the complex into the cycle. The difference in the position of the bands  $\nu_s(\text{COO}^-)$  and  $\nu_{as}(\text{COO}^-)$  ( $\Delta\nu \sim 200 \text{ cm}^{-1}$ ) in the IR spectra indicates their monodentate coordination in the carboxylic group in the complexes. The bands of surface-plasmon resonance width of 420 and 430 nm corresponds to particles with a size of about 20-25 nm for mono- and heterometallic complexes respectively. The band is quite wide, that is, there is a possibility of particles of different size in the system of particles, which is obviously because different types of complexes can be present in the system prior to deposition.

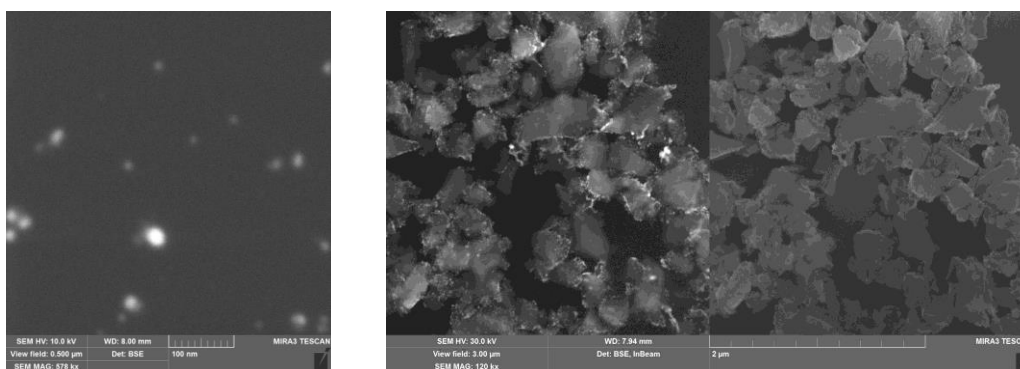


Figure 1. SEM microphotography of  $\text{Agedds}$

Investigations of the dispersion of synthesized complexes in aqueous solution by the method of dynamic light scattering and the analysis of microphotographs (Fig. 1) showed that, depending on the ligand environment, the size of nanoparticles in the system is from 20-30 nm. The particles have a spherical shape.

## References:

1. Muhammad Akram Raza, Zakia Kanwal, Anum Rauf, Anjum Nasim Sabri, Saira Riaz, Shahzad Naseem Size- and Shape-Dependent Antibacterial Studies of Silver Nanoparticles Synthesized by Wet Chemical Routes *Nanomaterials* (Basel). 2016 Apr; 6(4): 74. doi: 10.3390/nano6040074.
2. Mahmuda Akter, Md. Tajuddin Sikder, Md. Mostafizur Rahman, A.K.M. Atique Ullah, Kaniz Fatima Binte Hossain, Subrata Banik, Toshiyuki Hosokawa, Takeshi Saito, Masaaki Kurasaki. A systematic review on silver nanoparticles-induced cytotoxicity: Physicochemical properties and perspectives // *J. Advanced Research*, (2018) 9 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.10.008>.
3. G. A. Martı́nez-Castan˜o, N. Nin˜o-Martı́nez, F. Martı́nez-Gutierrez, J. R. Martı́nez-Mendoza, Facundo Ruiz Synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles with different sizes // *J Nanopart Res* (2008) 10:1343–1348, doi:10.1007/s11051-008-9428-6.
4. L.S. Sosenkova, E.M. Egorova. The effect of particle size on the toxic action of silver nanoparticles *Journal of Physics: Conference Series* 291 (2011) 012027 doi:10.1088/1742-6596/291/1/012027.
5. Marco Race, Alberto Ferraro, Massimiliano Fabbricino, Agostino La Marca, Antonio Panico, Danilo Spasiano, Alice Tognacchini, Francesco Pirozzi Ethylenediamine-*N,N'*-Disuccinic Acid (EDDS) – Enhanced Flushing Optimization for Contaminated Agricultural Soil Remediation and Assessment of Prospective Cu and Zn Transport *Int // J Environ Res Public Health*. 2018 Mar; 15(3): 543. doi: 10.3390/ijerph15030543.
6. Orama, Marjatta & Saarinen, Heikki & Aksela, Reijo. Complexation of [S,S] and mixed stereoisomers of *N,N'*-ethylenediaminedisuccinic acid (EDDS) with Fe(III), Cu(II), Zn(II) and Mn(II) ions in aqueous solution. *Journal of The Chemical Society-dalton Transactions // J Chem. Soc. Dalton Trans.* (2002). 24. 4644-4648. 10.1039/b207777a.
7. Elena Trunova, Tamara Makotryk Crystal structure of the Ni(II) and Zn(II) heterometallic complex with ethylenediamine-*N,N'*-disuccinic acid // *Ukr. Chim. Journal*, (2019) 85 (7). <https://doi.org/10.33609/0041-6045.85.7.2019.3-15>.

**АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІАНІЛІНУ ТА КОМПОЗИТІВ  
ГЛАУКОНІТ/ПОЛІАНІЛІН–ФОСФАТНА КИСЛОТА СТОСОВНО Cr(VI)**

**Нестерівська С.П., Яцишин М.М., Решетняк О.В.**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

*вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005, м. Львів*

*solomiia.nesterivska@gmail.com*

**Вступ.** Проблема утилізації Cr(VI) вже давно турбує наукову спільноту різних країн тому, що Cr(VI) є достатньо поширеним забруднювачем водного середовища планети і входить у двадцятку найбільш небезпечних важких металів та є висококанцерогенною речовиною [1]. Наявність у водних середовищах сполук Cr(VI), як відходів виробництв у вигляді стічних вод, шкідливо впливає на живі організми. Завдяки біоаккумуляції надмірної кількості в організмі сполук хрому та їхній високій токсичності вони завдають непоправної шкоди здоров'ю людини [1]. В науковій літературі наявна велика кількість праць, присвячених проблематиці утилізації Cr(VI). Останніми роками в поле зору дослідників потрапили електропровідні полімери (ЕПП), як можливі ефективні адсорбенти сполук хрому. Найпоширенішим представником ЕПП є поліанілін (ПАН) та композити ПАН з природними мінералами чи мінеральними глинами як, наприклад, монтморилонієм [2], сепіолітом [3], палегорськітом [4], цеолітом [5]. Наявність реакційноздатної аміно (–NH) групи в макромолекулярних ланцюгах ПАН надає полімерним ланцюгам необхідних сорбційних властивостей, стосовно Cr(VI) який, як показано в [2–5] може успішно видаляти Cr(VI) із вод.

Серед природних мінералів цікавим мінералом є глауконіт (Гл) [6]. Впродовж останнього десятиліття ми проводимо дослідження з його використання, як компонента композитів з ПАН [6].

Нашим завданням було випробувати ПАН та композити глауконіт/поліанілін синтезованих за різних концентрацій фосфатної кислоти (ФК) за співвідношення Гл:ПАН у композиті 1:1 на сорбцію іонів Cr(VI) та порівняти ці властивості зі зразками ПАН, синтезованого за цих самих умов.

**Експериментальна частина.** Для хімічних синтезів ми використовували: анілін ( $C_6H_5NH_2$ ) та амонійпероксодисульфат  $(NH_4)_2S_2O_8$ , фосфатну кислоту ( $H_3PO_4$ ). Розчинник – дистильована вода. Склад Гл чистотою 97–98 % і розміром частинок до 20 мкм, використовуваного для синтезу композитів, описано в [6].

Зразки ПАН та композитів Гл/ПАН-ФК одержували хімічним окисненням аніліну (АН) амонійпероксодисульфатом (АПС) у водних розчинах 0,1 і 0,5 чи 1,0 і 2,0 М  $H_3PO_4$  за методикою [6]. В дужках біля ПАН вказана концентрація ФК за якої були синтезовані зразки.

Адсорбцію Cr(VI) досліджували в статичних умовах за температура  $20 \pm 1$  °С. Наважку адсорбенту (ПАН-ФК чи композитів Гл/ПАН-ФК) заливали 10 мл 866,7 мг/л розчину Cr(VI) і впродовж певного проміжку часу відбирали проби, вводили у кварцову кювету і фотометрували. Концентрацію Cr(VI) в розчині визначали за градуальною кривою. Відсоток поглинання Cr(VI) з розчину обчислювали за рівнянням:

$$П (\%) = 100 (C_0 - C_p) / C_0, \quad (1)$$

а рівноважну адсорбцію – за рівнянням:

$$A_p = (C_0 - C_p) V / m, \quad (2)$$

де  $A_p$  – кількість адсорбованого Cr(VI), мг/г;  $C_0$  – початкова концентрація Cr(VI), мг/л;  $C_p$  – рівноважна концентрація Cr (VI), мг/л;  $V$  – об'єм розчину, л;  $m$  – маса адсорбенту, г.

**Результати та обговорення.** З огляду, невизначеності механізму перебігу процесу адсорбції доцільніше означити його як сорбцію. На рис. 1, а, б наведено кінетичні криві залежності відсотка видалення, а на рис. 1, в, г величини сорбції Cr(VI) із водних розчинів Cr(VI), зразками ПАН-ФК та композитів Гл/ПАН-ФК. Характер кінетичних кривих є подібним. Сорбційне насичення адсорбційних центрів зразків ПАН-ФК в макромолекулах ПАН, який є основним компонентом синтезованих сорбентів досягається за достатньо короткий проміжок часу. Більш тривалий період насичення адсорбційних центрів простежується для зразків Гл/ПАН-ФК.

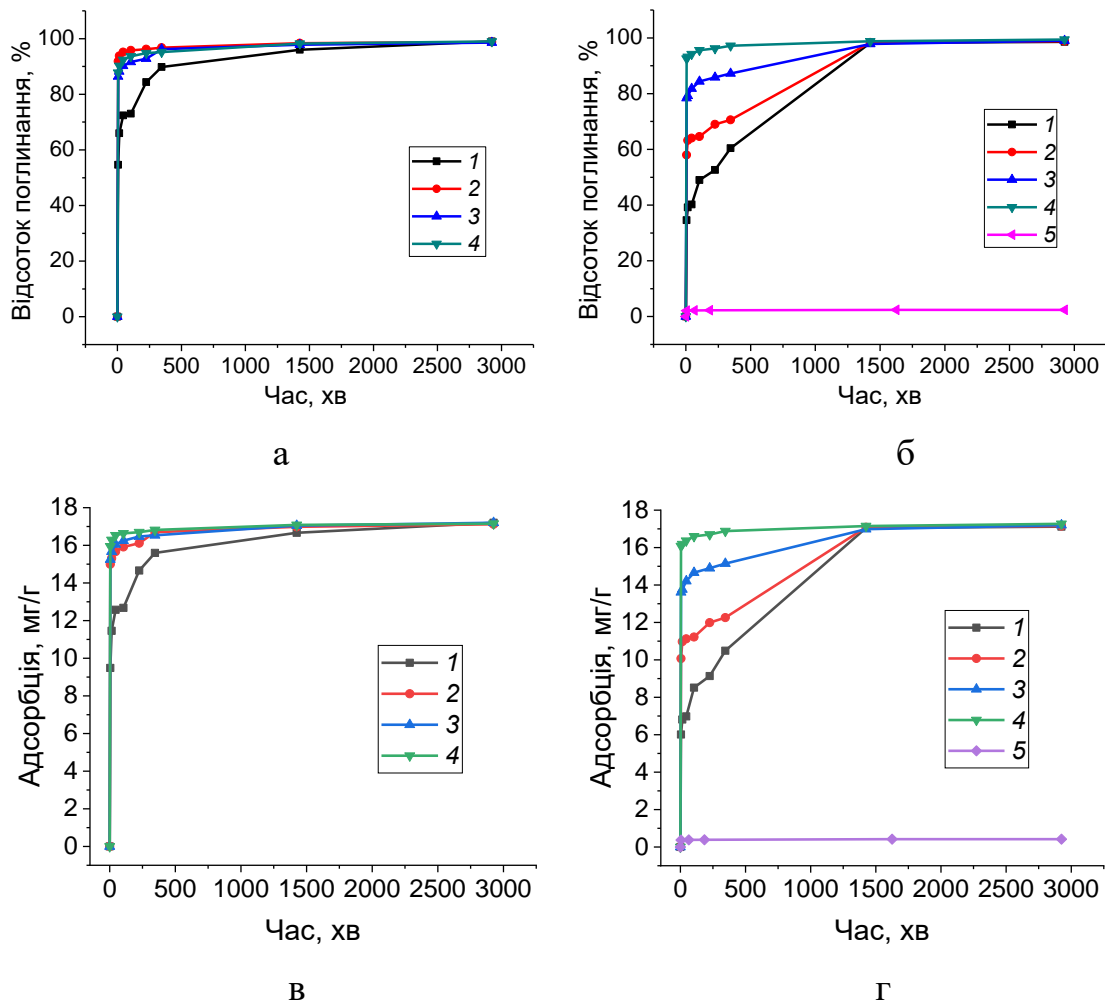


Рис. 1. Залежності відсотка поглинання (а, б) та рівноважної адсорбції (в, г) Cr(VI) від часу зразками: а, в – ПАН: 1 – ПАН (0,1); 2 – ПАН (0,5); 3 – ПАН (1,0); 4 – ПАН(2,0), б, г – Гл/ПАН: 1 – Гл/ПАН(0,1); 2 – Гл/ПАН(0,5); 3 – Гл/ПАН(1,0); 4 – Гл/ПАН(2,0); 5 – Гл

Як бачимо, вихід кривих на “плато” для зразків ПАН-ФК відбувається за час, менший за 10 хв (рис. 1, а, в). Подібний ефект простежується й для зразків Гл/ПАН-ФК (рис. 1, б, г). Зменшення концентрації  $H_3PO_4$  приводить до подовження періоду виходу кривих на “плато”. Однак у кінцевому результаті усі кінетичні криві виходять на максимальне значення поглинутого Cr(VI), яке становить практично 100 % і 17,334 мг на 1 г сорбента. Сорбція Cr(VI) зразками композитів в кількостях, як і зразками ПАН, може засвідчувати, що за умов сорбції Cr(VI) відбувається активування поверхні глауконіту. Однак цей час є коротшим для зразків, синтезованих за вищих концентрацій  $H_3PO_4$ .

Результати дослідження свідчать про те, що зразки ПАН-ФК та композитів Гл/ПАН-ФК, у яких ПАН допований фосфатною кислотою, в процесі синтезу проявляють гарні сорбційні властивості стосовно іонів Cr(VI).

Видалення Cr(VI) з вод різної природи шляхом сорбції ПАН чи композитами ПМ/ПАН може бути універсальним, економічним й енергоефективним методом. ПАН як основний сорбент у вигляді порошку, плівок чи пористих гідрогелей для видалення Cr(VI) з водних розчинів за рН  $\sim 1-5$  адсорбує аніони ( $\text{HCrO}_4^-$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  і  $\text{CrO}_4^{2-}$ ) як на протонованих поверхневих аміно- та іміно-групах, так і наявних внутрі макромолекулярних клубків поліаніліну.

#### Література:

1. WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, fourth edition, World Health Organization // Geneva, 2011.
2. Chen J., Hong X., Zhao Y. et al. Preparation of flake-like polyaniline/montmorillonite nanocomposites and their application for removal of Cr(VI) ions in aqueous solution // J. Mater. Sci. – Vol. 48. – Is. 21, 2013. – PP. 7708–7717.
3. Chen J., Hong X. Q., Xie Q. D. et al. Highly efficient removal of chromium(VI) from aqueous solution using polyaniline/sepiolite nanofibers // Water. Sci. Technol. – Vol. 70. – Is. 7, 2014. – PP. 1236–1243.
4. Wang J. H., Han X. J., Ji Y. F., Ma H. R. Adsorption of Cr(VI) from aqueous solution onto short-chain polyaniline/palygorskite composites // Desalin. Water Treat. – Vol. 56. – Is. 2, 2015. – PP. 356–365.
5. Adam M. R., Salleh N. M., Othman M. H. D. et al. The adsorptive removal of chromium (VI) in aqueous solution by novel natural zeolite based hollow fibre ceramic membrane // Environ. Manag. – Vol. 224, 2018. – PP. 252–262.
6. Nesterivska S., Makogon V., Yatsyshyn M. et al. Properties of the composites made of glauconite and polyaniline in aqueous solutions of phosphoric acid // Chem. Chem. Technol. – 2020 (in press).

**ВЗАЄМОДІЯ ОКСИДІВ ЦИРКОНІЮ, ЛАНТАНУ  
ТА ЄВРОПІЮ ПРИ ТЕМПЕРАТУРІ 1250 °С**

**Корнієнко О.А., Барщевська Г.К., Биков О.І., Самелюк А.В., Стеценко В.П**

*Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М. Францевича НАН України*

*вул. Кржижанівського, 3, 03142, м. Київ*

*Kornienkooksana@ukr.net*

Останнім часом збільшується необхідність в розробці нових керамічних матеріалів, здатних працювати в екстремальних умовах. Цирконати лантаноїдів  $\text{Ln}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ , характеризуються відсутністю фазових переходів в широкому інтервалі температур та концентрацій, високим коефіцієнтом температурного розширення та температурою плавлення, низькою теплопровідністю (в порівнянні з  $\text{ZrO}_2$ , стабілізованим  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ), що дозволяє їх вважати перспективними матеріалами для використання як теплозахисні покриття. Матеріали на основі фаз зі структурою типу пірохлору мають хімічну та радіаційну стійкість та вважаються перспективними для іммобілізації високоактивних відходів ядерної енергетики [1-4].

В даній роботі вперше за допомогою методів рентгенофазового та мікроструктурного аналізів 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 1250 °С у всьому інтервалі концентрацій. В якості вихідних речовин використовували сіль цирконію  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  а також  $\text{La}_2\text{O}_3$  та  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  з вмістом основного компоненту 99.99 % та нітратну 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 виконували протягом 6500 год, на повітрі. Зразки нагрівали від кімнатної до потрібної температури із швидкістю 3.5 град·хв<sup>-1</sup>. Випал зразків був неперервний.

У потрійній системі  $ZrO_2-La_2O_3-Eu_2O_3$  при  $1250\text{ }^\circ\text{C}$  нові фази не виявлені. Характер фазових рівноваг в системі визначає будова обмежуючих подвійних систем. При  $1250\text{ }^\circ\text{C}$  в системі  $ZrO_2-La_2O_3-Eu_2O_3$  знайдено п'ять областей твердих розчинів на основі А-модифікації  $La_2O_3$ , С та В-модифікацій  $Eu_2O_3$ , Т -  $ZrO_2$ , а також упорядкованої фази типу пірохлору  $Ln_2Zr_2O_7$  (Py). Показано, що у системі при температурі дослідження протікають твердофазні процеси.

Упорядкована фаза типу пірохлору утворює неперервний ряд твердих розчинів на основі  $La_2Zr_2O_7$  та  $Eu_2Zr_2O_7$ . Параметри елементарних комірок упорядкованої фази типу пірохлору змінюються від  $a = 1.0732$  нм для трифазного зразка (А + Py + F), що містить 40 мол. %  $ZrO_2$  – 30 мол. %  $La_2O_3$  – 30 мол. %  $Eu_2O_3$  до  $a = 1.0693$  нм для двофазного зразка (Py+А), що містить 60 мол. %  $ZrO_2$  – 20 мол. %  $La_2O_3$  – 20 мол. %  $Eu_2O_3$ , а також до  $a = 1.0677$  нм для граничного складу твердого розчину, що містить 65 мол. %  $ZrO_2$  – 17.5 мол. %  $La_2O_3$  – 17.5 мол. %  $Eu_2O_3$  та до  $a = 1.0698$  нм для двофазного зразка (Py + F) складу 70 мол. %  $ZrO_2$  – 15 мол. %  $La_2O_3$  – 15 мол. %  $Eu_2O_3$ , а також до  $a = 1.0725$  нм для трифазного зразка (Py + М + F) складу 80 мол. %  $ZrO_2$  – 10 мол. %  $La_2O_3$  – 10 мол. %  $Eu_2O_3$  вздовж променя  $ZrO_2$ - (50 мол. %  $La_2O_3$  – 50 мол. %  $Eu_2O_3$ ).

Область гомогенності на основі кубічних твердих розчинів С-  $Eu_2O_3$  витягнуто вздовж граничної подвійної системи  $ZrO_2-Eu_2O_3$  та її границі проходять від відповідних координат (15-25 мол. %  $ZrO_2$ ).

Подібно тому, як в подвійній системі  $ZrO_2-Eu_2O_3$  спостерігали розрив розчинності фази в області існування сполуки  $Eu_2Zr_2O_7$ , поле твердих розчинів на основі флюориту F- $ZrO_2$  в потрійній системі  $ZrO_2 - La_2O_3 - Eu_2O_3$ , теж зазнає розриву в області утворення упорядкованої фази типу пірохлору при  $1250\text{ }^\circ\text{C}$ . Границі області гомогенності F-фази проходять від відповідних координат в обмежуючій подвійній системі  $ZrO_2-Eu_2O_3$  (75-83 мол. % і 55-63 мол. %  $ZrO_2$ ).

В області багатій оксидом лантану утворюється незначна область гомогенності на основі А- $La_2O_3$ . Згідно з даними РФА, в зразках, що містять від 100 до 35 мол. %  $La_2O_3$ , замість А- $La_2O_3$  спостерігали утворення гексагональної модифікації на основі гідроксиду лантану А- $La(OH)_3$ . Область го-



моженності вище вказаних твердих розчинів вигнута в напрямку кута з великим вмістом оксиду цирконію та проходить від відповідних координат в обмежуючих подвійних системах  $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Eu}_2\text{O}_3$  (100-80 мол. %  $\text{La}_2\text{O}_3$ ) та  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$  (100-91 мол. %  $\text{La}_2\text{O}_3$ ).

Параметри елементарних комірок твердих розчинів F- $\text{ZrO}_2$  змінюються від  $a = 0.5376$  нм для трифазного зразка (A + B + F), що містить 5 мол. %  $\text{ZrO}_2$ -47.5 мол. %  $\text{La}_2\text{O}_3$ -47.5 мол. %  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  до  $a = 0.5384$  нм для двофазного зразка (A + F), що містить 35 мол. %  $\text{ZrO}_2$ -32.5 мол. %  $\text{La}_2\text{O}_3$ -32.5 мол. %  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  та до  $a = 0.5387$  нм для трифазного зразка (A + Py + F), що містить 40 мол. %  $\text{ZrO}_2$ -30 мол. %  $\text{La}_2\text{O}_3$ -30 мол. %  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  вздовж променя  $\text{ZrO}_2$ - (50 мол. %  $\text{La}_2\text{O}_3$  – 50 мол. %  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ).

Ізотермічний переріз діаграми стану системи  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Eu}_2\text{O}_3$  (1250 °C) перетинає чотири трифазні (A+Py+F), (A+B+F), (B+C+F), (F+T+Py) та десять двофазних (Py+T), (F+T), двох (Py+F), (A+Py), (A+F), (A+B), (F+B), (F+C), (B+C) областей.

#### Література:

1. Zhang H. S. Thermal Conductivity of  $(\text{La}_{0.5}\text{Sm}_{0.5})_2(\text{Zr}_{0.9}\text{Ce}_{0.1})_2\text{O}_7$  Ceramic for Thermal Barrier Coatings // Key Engineering Materials. – Vol. 368-372, 2008. – PP. 1331-1333.
2. Мазилин И.В., Балдаев Л.Х., Дробот Д.В. Термические и теплофизические свойства теплозащитных материалов на основе цирконата лантана // Перспективные материалы. – №. 7, 2013. – С. 21-30.
3. Erdogan G., Ustel F., Bobzin K., Öte M., Linke T.F., Zhao L. Influence of long time post annealing on thermal stability and thermophysical properties of plasma sprayed  $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$  coatings // Journal Alloys Compound. – Vol. 695, 2017. – PP. 2549-2555.
4. Zhang H., Sun K., Xu Q., Wang F., Liu L. Thermal conductivity of  $(\text{Sm}_{1-x}\text{La}_x)\text{Zr}_2\text{O}_7$  (x=0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1) oxides for advanced thermal barrier coatings // Journal of Rare Earth. – Vol. 27, 2009. – PP. 222-226.

УДК: 621.926.5:539.215:531.36

**ВПЛИВ СТРУКТУРИ ПОЛІДИСПЕРСНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ  
НА ШВИДКІСТЬ ОБЕРТАННЯ БАРАБАНА ПРИ ДОСЯГНЕННІ  
МАКСИМАЛЬНОГО РОЗМАХУ АВТОКОЛИВАНЬ**

**Дейнека К.Ю.**

*Технічний коледж Національного університету  
водного господарства та природокористування  
вул. Орлова, 35, 33027, м. Рівне*

*deineka-kateryna@ukr.net*

За певних умов усталені режими обертання машин 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 такого процесу визначається розмахом автоколивань. Технологічна ефективність автоколивного процесу суттєво залежить від значення швидкості обертання, що відповідає досягненню максимального розмаху автоколивань.

Внутрішньокамерне завантаження барабанного млина має явно виражену двофракційну структуру, що складається із крупної фракції молольних тіл та дрібної фракції частинок подрібнюваного матеріалу. Проте вплив швидкості обертання на розмах автоколивань завантаження залишається невивченим.

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 склали 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  $\kappa_M = w_M / (0.4\kappa\pi R^2 L)$ , відносний розмір частинок крупної фракції у камері барабана  $d_{2R} = d / (2R)$  та ступінь заповнення камери у стані спокою  $\kappa = w / (\pi R^2 L)$ , 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,  $L$  – довжина камери.

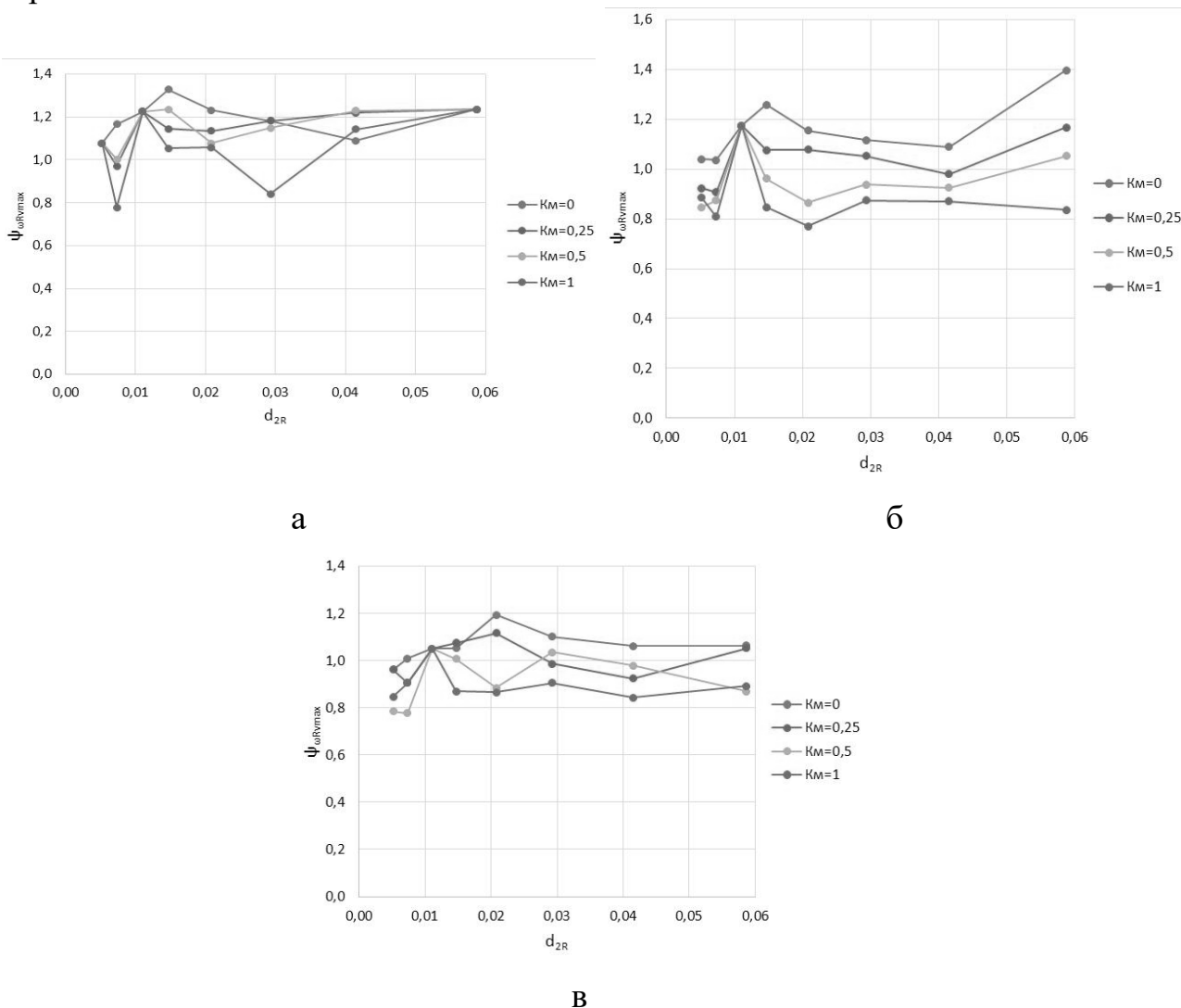


Рис. 1. Залежності  $\psi_{\omega R v \max}$  від  $d_{2R}$  при  $\kappa_M = 0, 0.25, 0.5$  та  $1$

для  $\kappa = 0.25$  (а),  $\kappa = 0.35$  (б) та  $\kappa = 0.45$  (в).

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  $0.45$ .

Значення кутової швидкості обертання барабана при досягненні автоколивань максимального розмаху  $\omega_{Rvmax}$  оцінювалось за величиною відносної швидкості обертання  $\psi_{\omega_{Rvmax}} = \omega_{Rvmax} / \omega_{cr} = \omega_{Rvmax} \sqrt{R/g}$ , де  $\omega_{cr} = \sqrt{g/R}$  – критична кутова швидкість обертання, при якій відцентрове прискорення на циліндричній поверхні камери дорівнює гравітаційному  $g$ .

На рис. 1 та 2 наведено графіки залежностей  $\psi_{\omega_{Rvmax}}$  від  $d_{2R}$  та  $\kappa_m$ .

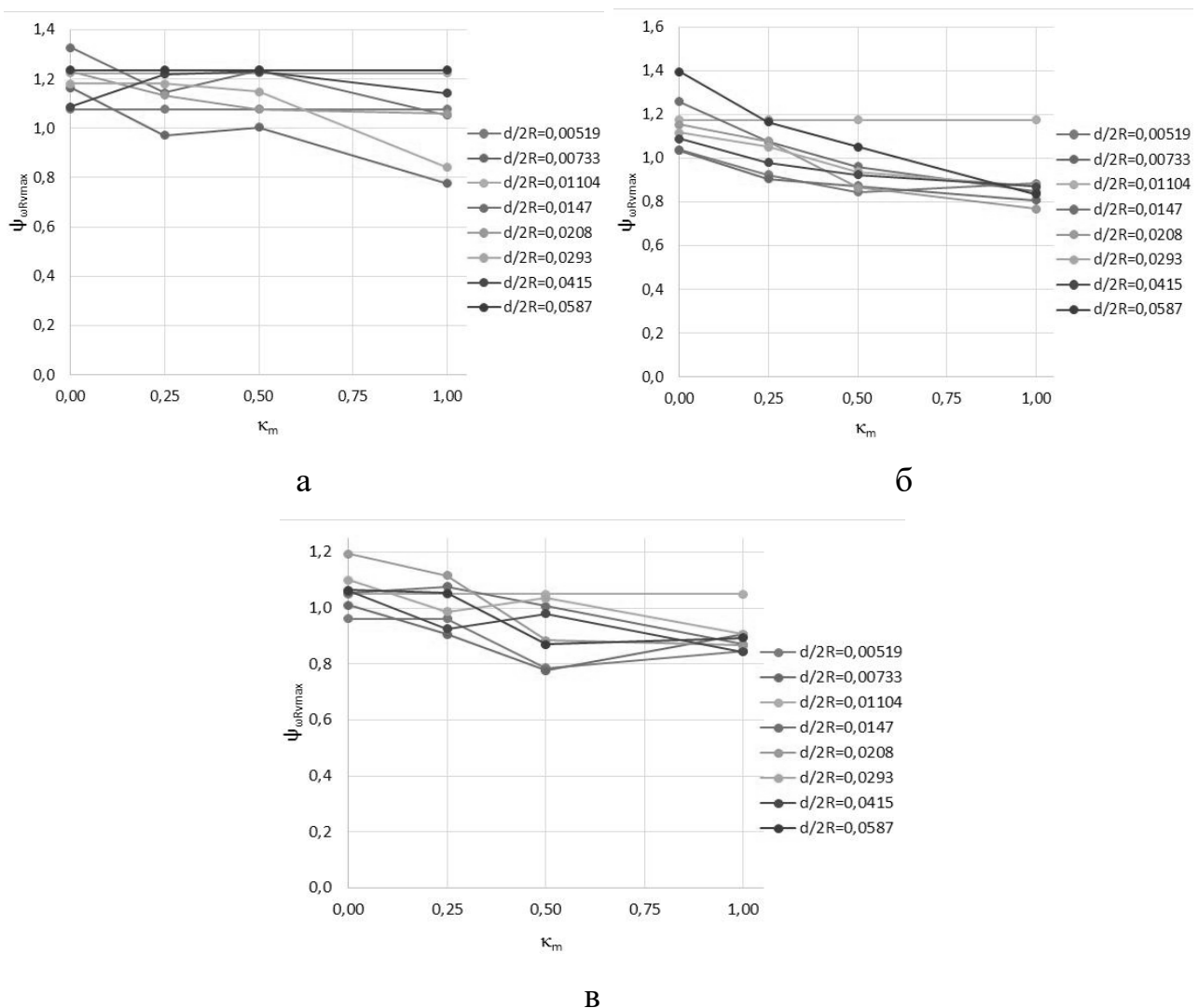


Рис. 2. Залежності  $\psi_{\omega_{Rvmax}}$  від  $\kappa_m$  при  $d_{2R} = 0.00519, 0.00733, 0.0104, 0.0147, 0.0208, 0.0293, 0.0415$  та  $0.0587$  для  $\kappa = 0.25$  (а),  $\kappa = 0.35$  (б) та  $\kappa = 0.45$  (в).

Таким чином, експериментально зареєстровано ефект спадання відносної

швидкості обертання барабана при досягненні максимального розмаху автоколивань полізернистого завантаження камери  $\psi_{\omega R_{\max}}$  із посиленням зв'язних властивостей середовища. Відносна швидкість обертання  $\psi_{\omega R_{\max}}$  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  $\psi_{\omega R_{\max}}$ , зі зменшенням  $d_{2R}$ , різко посилюється при малих значеннях відносних розмірів  $d_{2R} < 0.015$  та зменшенні ступеня заповнення камери барабана  $\kappa$ . Інтенсивність спадання відносної швидкості  $\psi_{\omega R_{\max}}$ , зі збільшенням  $\kappa_M$ , посилюється при малих значеннях  $\kappa_M$  та зменшенні ступеня заповнення камери  $\kappa$ . Інтенсивність спадання відносної швидкості  $\psi_{\omega R_{\max}}$ , зі збільшенням  $\kappa$ , посилюється при малих значеннях  $\kappa$  та зменшенні вмісту дрібної фракції у заповненні  $\kappa_M$ . При зміні вмісту дрібної фракції в завантаженні у межах  $\kappa_M = 0-1$ , відносного розміру частинок крупної фракції у камері  $d_{2R} = 0.00519-0.0587$  та ступеня заповнення камери  $\kappa = 0.25-0.45$ , відносна швидкість обертання барабана при досягненні максимального розмаху автоколивань двофракційного полізернистого завантаження камери набуває значень  $\psi_{\omega R_{\max}} = 0.777-1.4$ .

#### Література:

1. Deineka K. Y., Naumenko Y. V. The tumbling mill rotation stability // Naukovyi Visnyk Nationalnoho Hirnychoho Universytetu. – Issue 1(163), 2018. – PP. 60-68. doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/10.
2. Deineka K., Naumenko Y. Revealing the effect of decreased energy intensity of grinding in a tumbling mill during self-excitation of auto-oscillating of the intrachamber fill // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Vol. 1. – Issue 1 (97), 2019. – PP. 6-15. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155461.
3. Deineka K., Naumenko Y. 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. – Vol. 6. – Issue 7 (102), 2019. – PP. 43-52. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.183291.

## ВТОРИННА ПЕРЕРОБКА ЯК МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПЛАСТМАС

Рібун В.С.<sup>1</sup>, Тарасюк І.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
вул. Шевченка, 57, 76018, м. Івано-Франківськ  
*ribun.vika@gmail.com*

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»  
вул. Ст. Бандери, 12, 79013, м. Львів

**Вступ.** Світове споживання пластику невпинно зростає, продукуючи при цьому всі більше й і більше відходів. Вторинна переробка, так званий рециклінг пластикових відходів, є найефективнішим вирішенням проблеми, оскільки відходи полімерних матеріалів можуть слугувати як сировинним, так і енергетичним ресурсами [1, 2].

Щорічно на сміттєзвалищах України накопичується близько 6 млн. т полімерних відходів, 50% з них – пакувальні. З цього робимо висновок, що наша держава не набагато відстала від розвинених західноєвропейських країн. Проте, поки в цих країнах утилізації піддаються від 35 до 70% відходів, Україна славиться так званим методом захоронення їх на полігонах [3].

**Класифікація пластикових відходів.** Умовно відходи можна поділити на два типи: виробничі й побутові. До відходів виробництва відносять: кірки, що утворюються на стінках реакторів та фільтрів, некондиційні полімери, що характерні своєю небажаною ізомерією та нестандартним розміром часток. До складу побутових пластикових відходів належать такі речовини [5, 7]:

1. Поліетилентерефталат (ПЕТ): пляшки з-під різноманітних напоїв, блістери, обивки;
2. Поліпропілен (ПП): піддони для мікрохвильової печі, волокна та нитки для килимів, настінних покриттів, іграшки, автомобільна промисловість тощо;
3. Поліетилен (ПЕ): пачки з-під молока, більшість флаконів для шампунів, пакети для сміття, гнучкі ємності тощо;
4. Полістирол (ПС): плити теплоізоляції будівель, коробки CD, харчова плівка. Матеріал є потенційно небезпечним, оскільки містить стирол;
5. Суміш твердого пластику: піддони, ящики, контейнери, маркери.

З діаграми (рис. 1) видно, що основну частину побутових відходів складають пластикві відходи.

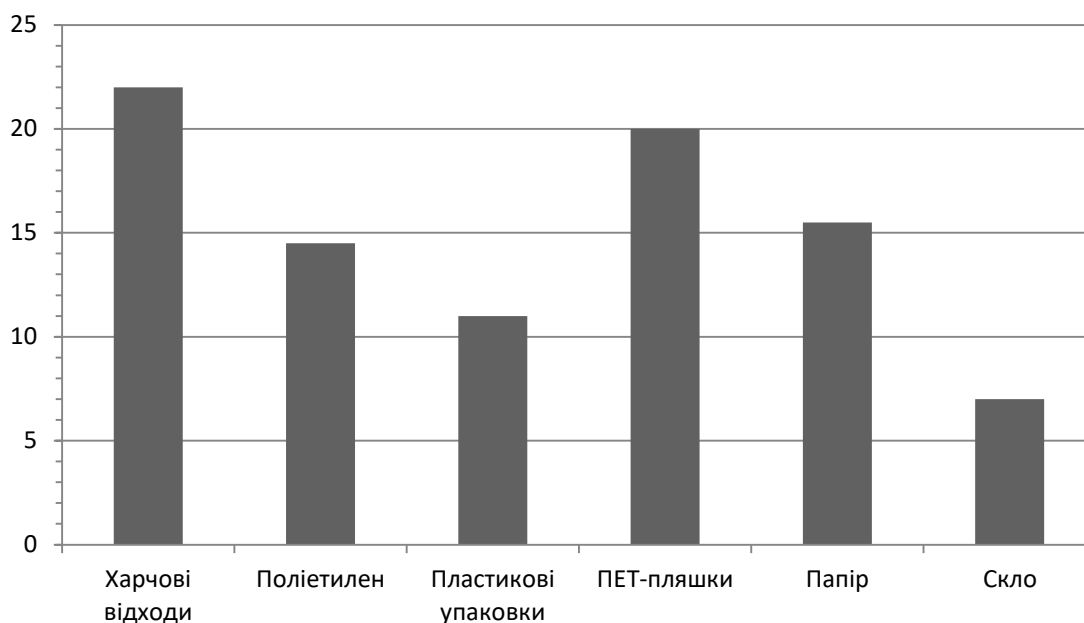


Рис. 1. Структура побутових відходів за 2017-2018 рік, %

**Способи вторинної переробки (рециклінгу) полімерів.** Основними етапами вторинної переробки є очищення, розділення та повторне використання продукту у вигляді чистого полімеру. Це основний напрям відновлення пластмас, адже він зберігає найбільшу кількість цінних продуктів.

На сьогодні існує три основні методи рециклінгу [4, 7]:

1. Термічний розклад за допомогою піролізу (може відбуватися за присутності кисню), в результаті чого отримують мономери-напівфабрикати;
2. Розклад матеріалу до рівня низькомолекулярних продуктів, котрі можна використовувати при виготовленні ливарних пластмас і легкорозчинних клеїв;
3. Механічний рециклінг – найбільш поширений метод вторинної переробки пластмас, результатом якого є отримання грануляту, придатного для подальшого виробництва. Цей спосіб переробки не вимагає спеціального обладнання і може реалізуватися в будь-якому місці;

Найважливішою проблемою механічного рециклінгу є те, що пластикові відходи потрібно ретельно сортувати, адже цей метод переробки є дуже чутливим до наявності домішок. Різні види пластику зазвичай не сумісні між собою. Для кожного притаманні різні фізичні та хімічні характеристики, такі як температура плавлення, щільність і твердість, тому суміш пластикових відходів не

представляє собою майже ніякої цінності. Методом покращення якості та швидкості переробки пластикових відходів необхідно побудувати надійний та ефективний процес сепарування для їх розподілу [6].

**Висновки.** Розробка технології переробки відходів з пластику – один з найефективніших шляхів її вирішення. Механічний рециклінг є досить перспективним методом, завдяки якому можна отримати гранулят, придатний для подальшого виготовлення пластикових виробів.

#### Література:

1. Киселева Т.В., Михайлов В.Г. Методы оценки и управление эколого-экономическими рисками как механизмом обеспечения устойчивого развития эколого-экономической системы // Системы управления и информационные технологии. –Т. 48. – №2, 2012. – С. 69 - 74.

2. Киселева Т.В., Михайлов В. Г. Оценка основных подходов к определению состояния эколого-экономических систем // Вестник Томского государственного университета. – № 9, 2007. – С. 31-32.

3. Малащук Н. С., Колосов О. Є., Шилович Т. Б. Методи утилізації відходів пластмасс // Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки 2015 рік: зб. тез II Всеукр. наук.-практ. конф., 16-17 грудня 2015 р. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – С.87-88.

4. Теряева Т. Н. Технология получения и переработки литьевых полимерных композиционных материалов конструктивного назначения на основе матриц различной природы: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. техн. наук: АлГТУ им. И. И. Ползунова. Барнаул, 2011.

5. Global Revers Supply Chain Redesign for Household Plastic Waste under the Emission Trading Scheme / Bing X et al. // Journal of Cleaner Production, 2015. – PP. 1-27.

6. Wu G., Li J., Xu Z. Triboelectrostatic separation for granular plastic waste recycling: A review // Waste Management. – V. 33, 2013. – PP. 585-597.

7. Денисенко Т.М. Дослідження сучасних технологій переробки пластикових виробів // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Вип. 71. – № 1, 2014. – С. 55-64.



## *Секція 2*

---

*Аналітична хімія навколишнього  
середовища та продуктів  
агровиробництва.*

*Інноваційні технології харчової  
промисловості*

---

**ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДИ ЗВ'ЯЗКУ  
МАЛОРОЗЧИННОЇ СПОЛУКИ ЕТОНІЮ З 12-МОЛІБДОФОСФАТНОЮ  
ГЕТЕРОПОЛІКИСЛОТОЮ**

**Кравець А.К., Манзюк М.В., Волнянська О.В., Ніколенко М.В.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

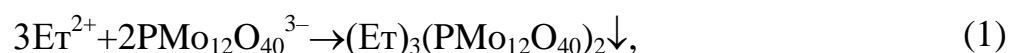
*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*kravets.nastya21@gmail.com*

Гетерополікислоти (ГПК) структури Кеггіна широко застосовуються як аналітичні реагенти для визначення багатьох поверхнево-активних речовин. Використання ГПК базується на здатності гетерополіаніонів осаджувати велику кількість неорганічних та органічних нітрогеновмісних катіонів з утворенням стійких малорозчинних речовин із асоціативним характером хімічного зв'язку.

Таким чином, утворення осаду в реакції взаємодії між ГПА структури Кеггіна та нітрогеновмісними органічними основами, та наявність при цьому ефективного аналітичного сигналу, дають змогу використовувати даний аналітичний реагент для аналізу нітрогеновмісних органічних речовин електрохімічними методами. Отримані в результаті реакції малорозчинні речовини можуть бути використані як електродно-активні речовини (ЕАР) для виготовлення іон селективних електродів, оборотних до органічного катіону.

Етоній – це біс-четвертинна амонієва сполука, яка виявляє бактеріостатичний та бактерицидний ефекти, сприяє регенерації пошкоджених тканин та застосовується як м'який антисептик широкого спектру дії. Для визначення етонію у косметичній та фармацевтичній продукції запропоновано використовувати мембранні потенціометричні сенсори [1]. Для виготовлення мембран електродів отримані іонні асоціати етонію з 12-молібдофосфатною гетерополікислотою згідно реакції:



Для дослідження характеру взаємодії між 12-молібдофосфатною гетерополікислотою та етонієм, а також ідентифікації отриманого мало розчинного іон-

ного асоціату використовували метод спектроскопії в ІЧ-області спектру в інтервалі  $4000 - 600 \text{ см}^{-1}$ .

Дослідження структури молекули етонію показало, що ІЧ-спектр даної сполуки містить характеристичні частоти поглинання в областях  $2820-2780 \text{ см}^{-1}$ ,  $1475-1430 \text{ см}^{-1}$ ,  $1395-1365 \text{ см}^{-1}$ ,  $1250-800 \text{ см}^{-1}$ ,  $770-720 \text{ см}^{-1}$  (смуги валентних та деформаційних коливань С-Н метильних та метиленових груп),  $1400-1000 \text{ см}^{-1}$  (смуги валентних коливань С-N груп),  $1310-1000$  та  $1055-870 \text{ см}^{-1}$  (смуги коливань валентних асиметричних та симетричних С-О-С груп відповідно), а також інтенсивні смуги поглинання при  $1683 \text{ см}^{-1}$ , обумовлені наявністю в молекулі груп С=О.

Для ІЧ-спектрів 12-молібдофосфатної ГПК характерними є смуги поглинання в діапазоні  $1000-900 \text{ см}^{-1}$ , що відповідають наявності в молекулі кінцевих кратних зв'язків Мо=О та тетраедричних аніонів  $\text{PO}_4$ , а також смуги поглинання в області  $900-700 \text{ см}^{-1}$ , що відповідають наявності місткових лінійних та кутових зв'язків Мо-О-Мо.

В ІЧ-спектрі малорозчинної сполуки етонію з МФК зберігаються характеристичні смуги коливань Мо=О і Мо-О-Мо в області  $1000-700 \text{ см}^{-1}$ , що свідчить про збереження структури МФК та смуги коливань зв'язків С-N в області  $1400-1000 \text{ см}^{-1}$ , С=О в діапазоні  $1740-1630 \text{ см}^{-1}$  і С-О-С в діапазонах  $1310-1000$  та  $1055-870 \text{ см}^{-1}$ , що є характерними для етонію.

Віднесення смуг поглинання в ІЧ-спектрах ГПК, етонію і малорозчинного продукту реакції між ними підтверджує асоціативну природу хімічного зв'язку між катіонами етонію і ГПК. Крім того, ІЧ-спектроскопія дозволяє ідентифікувати дані сполуки як індивідуальні речовини, що утворюються в результаті електростатичної взаємодії між макроіонами.

#### Література:

1. Волнянська О.В., Мироняк М.О., Манзюк М.В., Лабяк О.В., Ніколенко М.В. Мембранний потенціометричний сенсор для визначення етонію // Наук. вісник Ужгород. ун-ту. Сер. Хімія. – № 1(41), 2019. – С. 61-67.

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕТОНІЮ МЕТОДОМ  
АМПЕРОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ**

**Кравець А.К., Манзюк М.В., Волнянська О.В.,**

**Мироняк М.О., Ніколенко М.В.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*kravets.nastya21@gmail.com*

Етоній знаходить широке застосування у виробництві лікарських та косметичних засобів в якості емульгаторів, стабілізаторів та солюбілізаторів. Для визначення етонію у косметичних та фармацевтичних засобах використовують хроматографічні та спектроскопічні методи. Існуючі методики відрізняються багатостадійністю експерименту, токсичністю реагентів та складністю обладнання. Тому актуальною аналітичною задачею є розробка альтернативних методик визначення етонію у субстанції та промисловій продукції, що відрізняються експресністю та простотою.

Запропоновано використовувати метод амперометричного титрування, що ґрунтується на реакціях взаємодії між органічним катіоном етонію та 12-молібдофосфатною кислотою (МФК) з утворенням малорозчинних сполук з асоціативним характером зв'язку та фіксації точки еквівалентності за струмом електровідновлення двох атомів молібдену. Для проведення амперометричного титрування використовували в якості індикаторного торцевий графітовий електрод, що обертається, як електрод порівняння – каломельний напівелемент. Для вибору напруги, що накладається на систему електродів, отримано вольт-амперні криві етонію та МФК. При взаємодії етонію з МФК утворюється іонний асоціат складу  $(Et)_3(PMo_{12}O_{40})_2$ . Розраховано іонний добуток розчинності асоціату, що складає  $1,1 \cdot 10^{-17}$ .

Розроблена методика визначення етонію у субстанції в межах  $10^{-2}$ - $10^{-4}$  моль/л методом амперометричного титрування, характеризується простотою виконання, чутливістю та відтворюваністю результатів.

**ВИЗНАЧЕННЯ БЕНЗАЛКОНІЮ ХЛОРИДУ  
ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ МЕТОДАМИ**

**Кравець А.К, Манзюк М.В., Волнянська О.В.,**

**Мироняк М.О., Ніколенко М.В.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*kravets.nastya21@gmail.com*

У фармацевтичній та косметичній продукції в якості консерванту широко використовується бензалконій хлорид (БАХ), який найчастіше застосовують у очних краплях, вологих серветках, дезинфікуючих засобах та інше. Для визначення БАХ у промисловій продукції використовують хроматографічні та спектроскопічні методи, що мають ряд недоліків. Використання електрохімічних методів аналізу (амперометрії та потенціометрії) є альтернативою існуючим методикам і дає можливість розробити прості та експресні способи кількісного визначення бензалконію хлориду.

Розроблено методику потенціометричного визначення бензалконію хлориду з використанням мембранних сенсорів, які виготовлено з використанням іонних асоціатів, отриманих при взаємодії катіону БАХ з 12-молібдофосфатною гетерополікислотою (МФК).

Також розроблено методику амперометричного титрування БАХ. В якості аналітичного реагенту використовували МФК. Електрохімічну поведінку БАХ та МФК досліджували методом вольтамперометрії. Бензалконій хлорид утворює іонний асоціат з МФК складу  $(\text{BAH})_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ . Іонний добуток отриманого асоціату складає  $2,1 \cdot 10^{-17}$ .

Розроблені методики визначення БАХ мають ряд переваг у порівнянні з існуючими: безпечність та доступність, експресність і простота у виконанні, достатня точність, чутливість і селективність, окрім того, їх застосування значно скорочує час аналізу та зменшує витрати на проведення аналізу, оскільки не було потреби у складному та коштовному обладнанні.

## КАРБОСИЛКАГЕЛЬ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Токар А.В.<sup>1</sup>, Ларченко С.В.<sup>2</sup>, Синичич Л.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро

<sup>2</sup>КЗ «Горянівський НВК "Загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів  
– ДНЗ" Дніпровської районної ради Дніпропетровської області»  
atokar\_2004@ukr.net

Питна вода є необхідним елементом життєзабезпечення населення: від її якості залежить стан здоров'я людей, рівень санітарно-епідеміологічного благополуччя, ступінь комфортності та, як результат, соціальна стабільність суспільства. Тому забезпечення населення якісною питною водою є однією з найважливіших задач сьогодення [1, 2]. Проте, через підвищену забрудненість основних джерел водопостачання традиційні технології обробки води стали мало-ефективними, а водопровідні системи не завжди забезпечують подачу питної води гарантованої якості (табл. 1) [3]. У зв'язку із цим головною метою проекту стала розробка методологічних аспектів поліпшення якості питної води за рахунок застосування карбосилікагелю як перспективного сорбенту для зв'язування основних типів домішок органічного та мінерального походження.

Таблиця 1. Деякі показники мінерального складу  
питної води за ДСанПіН 2.2.4-171-10

Показник	Норматив	Показник	Норматив
Загальна твердість, ммоль-екв/л	1,4–7,0	Кальцій, мг/л	25–75
Загальна лужність, ммоль-екв/л	0,5–6,5	Магній, мг/л	10–50

В якості об'єктів дослідження нами було обрано зразки поверхневих, а також підземних природних вод м. Дніпра (Дніпропетровська обл.), які у значній мірі відрізнялися за своїм хімічним складом, та містили типові надходження у

вигляді солей кальцію та магнію, а також органічних забруднювачів сільськогосподарських підприємств, у тому числі й поверхнево-активних речовин (ПАР). Предметом дослідження стало вивчення діапазонів твердості води, а також її перманганатної окиснюваності (за методом Кубеля) в умовах кип'ятіння до та після обробки зразків комплексним сорбентом з метою подальшого порівняння одержаних результатів між собою та встановлення кількісних показників ефективності застосування карбосилікагелю. Для цього використовувалися широкі можливості хімічних методів аналізу, зокрема кислотно-основного, окисно-відновного та комплексонометричного титрування за класичними методиками у поєднанні з інструментальними методами, а саме визначенням активної реакції водного середовища за допомогою рН-метрії.

Робочою гіпотезою проекту стали загальнотеоретичні уявлення про адсорбцію як один з найбільш ефективних методів, що дозволяє досягнути глибокого очищення води промислового, оборотного, санітарно-побутового та іншого використання з одночасною утилізацією чи деструктивним руйнуванням вилучених речовин. Значною перевагою цього методу є можливість проведення адсорбції із багатокомпонентних сумішей з достатньо високою ефективністю, особливо при очищенні низько концентрованих стічних вод. У ряду адсорбентів особливе місце з цієї точки зору посідає активоване вугілля, що зв'язує переважно органічні домішки, та за умов його оптимального поєднання із силікагелем, забезпечує більш високу ефективність видалення, у тому числі й мінеральної складової води.

У табл. 2 наведено результати аналізу вихідних зразків води із поверхневих та підземних джерел водопостачання, а також водопровідної води, що дають можливість здійснити їх безпосереднє порівняння за показниками твердості та активної реакції рН. Зокрема, визначення загальної твердості свідчить про те, що сумарний вміст солей кальцію та магнію у водопровідній та річковій воді фактично є однаковим, тоді як колодязна вода містить значний сольовий фон та потребує його видалення з метою подальшого застосування води. Що стосується тимчасової твердості, то тут спостерігається схожа ситуація, а зага-

льною рекомендацією із пом'якшення досліджуваних зразків природних вод може слугувати їх кип'ятіння або обробка содою із видаленням малорозчинних домішок. Активна реакція середовища в усіх випадках вказує на слабо лужний характер води та свідчить про відсутність забруднень солями важких металів та інших токсичних речовин, що цілком відповідає загальним вимогам до відповідних показників якості питної води.

Таблиця 2. Показники твердості вихідних зразків води та їх активна реакція середовища

Показник	Джерело водопостачання		
	Водогін	Поверхневі води	Ґрунтові води
Загальна твердість, ммоль-екв/л	3,13	3,25	14,32
Тимчасова твердість, ммоль-екв/л	2,37	2,73	11,10
Постійна твердість, ммоль-екв/л	0,76	0,52	3,22
Рівень рН	7,28	8,07	8,12

У табл. 3 показано результати дослідів, що включали обробку води у киплячому шарі високодисперсним кремній діоксидом з розміром часток не більше 40 мкм, а також у суміші із 10 мас.% дрібнозернистого активованого вугілля [4] з ефективним діаметром частинок від 0,25 до 1,5 мм.

Таблиця 3. Показники загальної твердості (ммоль-екв/л) та хімічного споживання кисню (мгО/л) в умовах кип'ятіння води до та після обробки зразків сорбентом

Джерело водопостачання	Кип'ятіння без сорбенту	Кип'ятіння із SiO <sub>2</sub>	Кип'ятіння із SiO <sub>2</sub> + 10 мас.%C <sub>акт.</sub>
Ґрунтові води	8,0 ммоль-екв/л	6,5 ммоль-екв/л	6,2 ммоль-екв/л
Поверхневі води	54,4 мгО/л	21,1 мгО/л	16,9 мгО/л

При цьому у випадку колодязної води за рахунок застосування карбосилікагелю вдалося досягнути зменшення показника загальної твердості майже на 57%, тоді як сумарне зв'язування органічних домішок у річковій воді загалом становило близько 31%. В останньому випадку помітне зменшення окис-



нюваності води дозволило досягнути рівня нормативних вимог, що висуваються до хімічного споживання кисню (ХСК) води побутового використання (30 мгО/л) [5].

Таким чином, застосування карбосилікагелю продемонструвало високу адсорбційну здатність цього сорбенту по відношенню до типових складових природних вод, що зазвичай представлені домішками органічного та мінерального походження. До головних переваг запропонованого методу обробки води, порівняно із адсорбцією у нерухомому шарі, слід віднести поєднання глибокого очищення із високою інтенсивністю процесу. Останнє дозволяє рекомендувати цей матеріал як перспективний сорбент для застосування у локальних системах очищення води з метою поліпшення її якості. Серед подальших планів розвитку дослідження особливої уваги слід приділити розробці методів регенерації сорбенту, а також застосуванню флокулянтів для стабілізації киплячого шару.

#### Література:

1. Мельников К. О., Онопрієнко Д. М. Водопровідні очисні споруди і технологія поліпшення якості води в системах сільськогосподарського водопостачання: Навчальний посібник. Дніпропетровськ : Поліграфіст, 1999. – 80 с.
2. Буря А. И., Кудина Е. Ф. Вода – свойства, проблемы и методы очистки. Днепропетровск: Пороги, 2006. – 520 с.
3. Наказ МОЗ України № 400 від 12.05.2010 р. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
4. Карякин Ю. В., Ангелов И. И. Чистые химические вещества. Руководство по приготовлению неорганических реактивов и препаратов в лабораторных условиях. 4-е изд., пер. и доп. Москва : Химия, 1974. – С. 227-228.
5. Більченко М. М. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Кількісний аналіз: Навчальний посібник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2007. – С. 53-55, 125-126.

## ІННОВАЦІЙНІ ФЕРАТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВОДООЧИЩЕННЯ

Головко Д.А.<sup>1</sup>, Гончарова І.В.<sup>2</sup>, Шевченко Л.В.<sup>3</sup>, Барашовець Я.О.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*olimp17tnv@ukr.net*

<sup>2</sup> Київський національний торговельно-економічний університет

*вул. Кіото, 19, 02156, м. Київ*

*irina.goncharova.knteu@gmail.com*

<sup>3</sup> Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

*пр. Гагаріна, 72, 49050, м. Дніпро*

*ludmilashevchenko@bigmir.net*

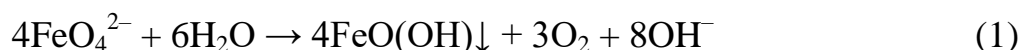
<sup>4</sup> ТОВ «Системи чистої води», «Clean Water Systems» LTD

*вул. Пирогова, 2/37, 01030, м. Київ*

*cws@cws.kiev.ua*

Традиційні речовини (хлор, натрій гіпохлорит, озон та інші), які використовуються для водоочищення, не в повній мірі задовольняють сучасним вимогам до якості питної води. В даному дослідженні наводяться результати по розробці інноваційних технологій, заснованих на застосуванні перспективних окиснювачів – фератів(VI), що мають високу реакційну здатність і один з найбільших Red-Ox потенціалів [1].

Встановлено, що сполуки Fe(VI) доцільно застосовувати для руйнування токсичних речовин різної природи та видалення важких металів, в тому числі радіонуклідів. Однією з основних переваг фератів є їх бінарна роль в процесі водоочищення. Ферати(VI) є сильними окиснювачами ( $E^{\circ}_{\text{Fe(VI)/Fe(III)}} = 2.2 \text{ В}$ ), а нетоксичний продукт їх відновлення (ферум(III) оксигідроксид), що утворюється в результаті руйнування шкідливих домішок, має коагулюючу дію. Показано, що надлишкові аніони ферату в широкому інтервалі рН швидко руйнуються:



Доведено, що в результаті фератної обробки в системі не утворюються токсичні галогенпохідні, зокрема бромати та органічні сполуки хлору, які ідентифіковані в технологіях водопідготовки із застосуванням таких окиснювачів, як хлор та озон [2].

Враховуючі унікальні фізико-хімічні властивості сполук Fe(VI) можна стверджувати, що реакція:



термодинамічно можлива. Однак в наших експериментах, як з природними водами, так і з модельними розчинами, що містять різну кількість йонів  $\text{Br}^-$  ( $10^{-5}$ – $10^{-3}$  М), бромати в системі не були зафіксовані, на відміну від авторів [3].

Також встановлено, що сторонні домішки сполук металів не каталізують протікання хімічних реакцій, при яких в водній фазі утворюються аніони  $\text{BrO}_3^-$ .

В результаті досліджень розроблені оригінальні методики синтезу сполук Fe(VI) та наведені можливості застосування кристалічних фератів або їх лужних розчинів для очищення води. Практичне використання фератів(VI) в багатшарових фільтрах систем попередньої фільтрації апробоване на пілотній установці, в якій вода змішується з фератним розчином за допомогою спеціальних дозаторних насосів пропорційно потоку, що вимірюється імпульсними датчиками, з постійним контролем та корекцією значення рН.

#### Література:

1. Sharma V. K., Zboril R., Varma R. S. Ferrates: greener oxidants with multimodal action in water treatment technologies // *Acc. Chem. Res.* – Vol. 48. – No 2, 2015. – PP. 182–191.
2. Liu Zh., Cui Y., Chen J., Yan Zh. The control of bromate formation in ozonation of bromide-containing water // *Desalination and Water Treatment.* – Vol. 52, 2014. – PP. 4942–4946.
3. Huang X., Deng Y., Liu S., Song Y., Li N., Zhou J. Formation of bromate during ferrate(VI) oxidation of bromide in water // *Chemosphere.* – Vol. 155, 2016. – PP. 528–533.

УДК 543.544.941+922; 547.655.6

**ПРОГНОЗУВАННЯ УТРИМУВАННЯ ПОХІДНИХ 1,4-НАФТОХІНОНУ  
В УМОВАХ ОБЕРНЕНО-ФАЗОВОЇ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ РІДИННОЇ  
ХРОМАТОГРАФІЇ З АЦЕТОНІТРИЛЬНИМ ЕЛЮЕНТОМ**

**Полюжин І.П., Смірнова О.Я., Колобич С.В., Ятчишин Й.Й.**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*вул. Степана Бандери, 12, 79013, м. Львів*

*ihor.p.poliuzhyn@lpnu.ua*

Похідні 1,4-нафтохінону показали широкий спектр біологічної активності, зокрема мають антибактеріальні та протигрибкові властивості, а також можуть використовуватися як хелатоутворюючі агенти для транспортування мікроелементів, що зумовлено наявністю в структурі хіноїдного фрагменту та певних замісників у другому та третьому положеннях [1]. Рідинна хроматографія є одним з основних методів дослідження похідних 1,4-нафтохінону. Зокрема в роботі [2] узагальнено залежності коефіцієнта ємності для утримування в умовах обернено-фазової високоефективної рідинної хроматографії (ОФ-ВЕРХ – RP-HPLC) від вмісту метанолу у елюенті для двадцяти похідних 1,4-нафтохінону, які містять фрагменти амінокислот, бензтріазолу, заміщених анілінів та екранованих трет-бутильними радикалами фенолів і хінонів. Для прогнозування утримування в ОФ-ВЕРХ часто використовується сольвофобна теорія [3,4]. Згідно певних положень цієї теорії [4] розрахунок натуральних логарифмів коефіцієнтів ємності ( $k'$ ) речовин в умовах ОФ-ВЕРХ здійснюють за рівнянням (1) на основі парціальних молярних об'ємів молекул солютів у воді –  $V$  [см<sup>3</sup>/моль] та енергій їх взаємодії з водою –  $\Delta G_{ES}$  [кДж/моль].

$$\ln k' = a \cdot \sum_i V_i^{2/3} + b \cdot \sum_i \Delta G_{iES}(H_2O) + c \quad (1)$$

Параметри  $V$  та  $\Delta G_{ES}$  розраховуються як сума відповідних структурних інкрементів, що наведені в роботі [5], для зв'язків атомів та фрагментів. Згідно цих принципів прогнозування утримування речовин в умовах ОФ-ВЕРХ реалізовано в програмі ChromSword (<http://www.chromsword.com/>), яка описана в

монографії [6] і про результати використання якої доповідалося недавно в декількох роботах, наприклад [7].

Таблиця 1.

№	Назва речовини	V	$\Delta G_{ES}$
1	1,4-нафтохінон	107.54	66.16
2	2,3-дихлоро-1,4-нафтохінон	142.12	63.24
3	2-(диметиламіно)-1,4-нафтохінон	150.61	67.32
4	2-(аліламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	176.95	88.48
5	2-феніламіно-3-хлоро-1,4-нафтохінон	188.78	100.24
6	2-(3-фторофеніламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	196.07	95.88
7	2-(4-хлорофеніламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	206.07	101.68
8	2-п-толіламіно-3-хлоро-1,4-нафтохінон	205.5	98.14
9	2-(4-метоксифеніламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	212.9	105.64
10	2-(4-гідроксифеніламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	194.27	128.88
11	2-(4-метил-3-нітрофеніламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	219.12	113.78
12	2-циклогексиламіно-3-хлоро-1,4-нафтохінон	204.71	94.06
13	2-(морфолін-4-ил)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	182.3	71.6
14	2-(4-карбоксіетилпіперидин-1-ил)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	241.4	115.32
15	2-[4-(1,3-бензодіоксол-5-ил-метил)-піперазин-1-ил]-3-хлоро-1,4-нафтохінон	267.74	87.36
16	2-[4-(4-гідроксифеніл)-піперазин-1-ил]-3-хлоро-1,4-нафтохінон	243.8	125.04
17	2-[2-(1-нафтиламіно)етиламіно]-3-хлоро-1,4-нафтохінон	260.35	129.84
18	2,3-дипіперидин-1-ил-1,4-нафтохінон	240.82	85.84
19	2-(4-гідрокси-3,5-дитрет-бутилфеніл)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	356.14	135.04
20	2-(4-гідрокси-3,5-дитрет-бутилфеніл)-3-гідрокси-1,4-нафтохінон	344.34	153.52
21	3-(4-оксо-3,5-дитрет-бутилциклогекса-2,5-дієнілітен)-1,2,3,4-тетрагідронафтаген-1	335.62	136.24
22	2-(4-гідрокси-3,5-дитрет-бутилфеніл)-3-(бензотриазол-2-ил)-1,4-нафтохінон	397.72	176.68
23	2-(3-карбоксіпропіламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	195.31	151.96
24	2-(1-карбоксіпентиламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	226.24	157.64
25	2-(1-карбоксі-2-фенілетиламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	232.96	164.66
26	2-(2-карбоксіфеніламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	204.91	158.51
27	2-(2-карбоксіпіролідин-1-ил)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	189.72	138.18
28	2-(4-карбоксіпіперидин-1-ил)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	204.89	141.02
29	2-(2-імідазол-5-ил-1-карбоксіетиламіно)-3-хлоро-1,4-нафтохінон	209.39	179.58
30	1,2-нафтохінон-4-сульфокислота	-	-

Метою даної роботи є перевірка можливості прогнозування утримування похідних 1,4-нафтохінону (табл.1) на основі сольвофобної теорії в умовах ОФ-ВЕРХ з ацетонітрильним елюентом.

Експериментальні умови описано в роботі [2], хроматографування проводили в ізократичних умовах і рухомими фазами (елюентами) були суміші води та ацетонітрилу (40, 50, 60 % об. MeCN). Речовина №30 використовувалася як неутримуваний компонент. Вибір шести референтних речовин (№№ 1, 2, 13, 15, 21, 29 – вершини багатокутника на рис.1) для визначення коефіцієнтів *a*, *b*, *c* (табл.2) в рівнянні (1) здійснено згідно рекомендацій роботи [4], взявши до уваги той факт, що для речовини №№ 12, 18, 19, 20, 22 (позначено трикутниками) експериментальні дані для ln(k') при 40% об. MeCN були відсутні внаслідок надмірно великого часу утримування.

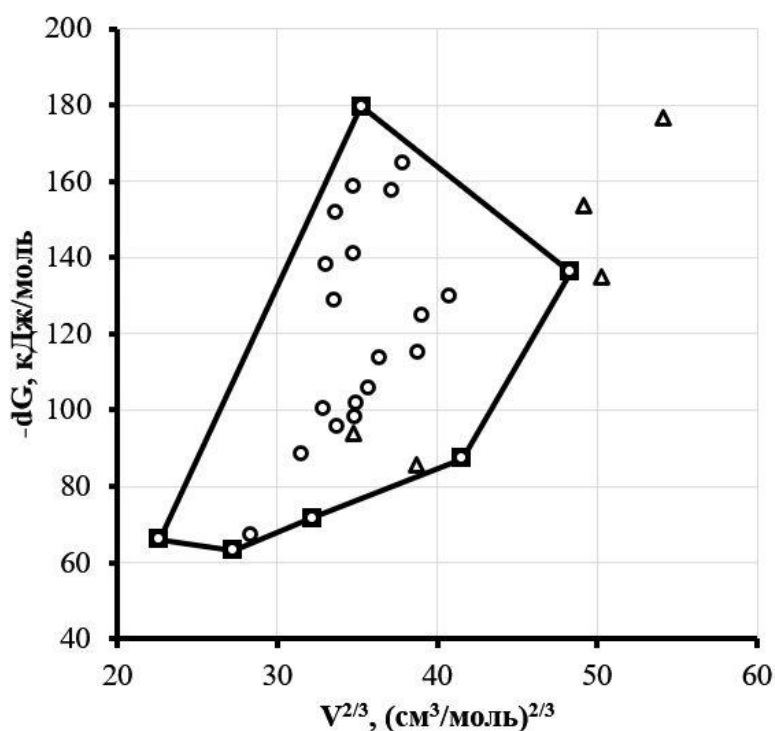


Рис. 1. Співвідношенням між  $V^{2/3}$  та  $\Delta G_{ES}$  для вибору референтних речовин

Таблиця 2.

Вміст MeCN в елюенті	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
40	0.0914	0.0125	0.3234
50	0.0913	0.0097	-0.7441
60	0.0909	0.0095	-1.3543

Згідно рис.1 три речовини №№ 19, 20, 22 знаходяться поза контуром многокутника референтних речовин, речовини №№ 12, 18 всередині цього многокутника. Використовуючи параметри  $V$  та  $\Delta G_{ES}$  (табл.1) коефіцієнти  $a$ ,  $b$ ,  $c$  (табл.2) за рівнянням (1) розраховано  $\ln(k')$  та величини  $k'$ , Відносні відхилення від експериментальних величин  $k'$  для більшості речовин є в межах 30-50%. Максимальні відхилення (>100%) спостерігаються для речовин №№23, 26, 28, які відносяться до амінокислотних похідних.

#### Література:

1. Поліш Н.В., Марінцова Н.Г., Журахівська Л.Р., Новіков В. П., Вовк М.В. Синтез та прогнозування біологічної активності нових гетероциклічних n-похідних нафтохінону // Хімія, технологія та застосування речовин (Chemistry, Technology and Application of Substances). – Т.2. – № 1, 2019. – С. 69-75.

2. Смірнова О.Я., Полюжин І.П., Ятчишин Й.Й., Мусянович Р.Я. Узагальнення впливу складу елюента на утримування похідних 1,4-нафтохінону в умовах обернено-фазової високоефективної рідинної хроматографії // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Хімія, технологія речовин та їх застосування. – № 529, 2005. – С.19-25.

3. Vailaya Anant, Horvath Csaba. Solvophobic Theory and Normalized Free Energies of Nonpolar Substances in Reversed Phase Chromatography // Journal of Physical Chemistry B. – Vol.101, 1997. – PP. 5875-5888.

4. Galushko S.V. Calculation of retention and selectivity in reversed-phase liquid chromatography // Journal of Chromatography. – Vol.552, 1991. – PP. 91-102.

5. Galushko S.V., Kamenchuk A.A., Pit G.L. Calculation of retention in reversed-phase liquid chromatography. IV. ChromDream software for the selection of initial conditions and for simulating chromatographic behaviour // Journal of Chromatography A. – Vol. 660, 1994. – PP. 47-59.

6. Software-assisted method development in high performance liquid chromatography / edited by Szabolcs Fekete, Imre Molnár. – New Jersey: World Scientific, 2018. – 335 p.

7. Vorslova, S., Golushko, J., Galushko, S., & Viksna, A. Application of the Solvatic Model for Prediction of Retention in RP-LC for Multi-Step Gradient Profiles // Chromatographia. – Vol.78 (13-14), 2014. – PP. 899–908.

## ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЇ

### «КЛИНОПТИЛОЛІТ-УЬ(ІІІ)-ПАН»

Сташків О.Д.<sup>1</sup>, Василечко В.О.<sup>1,2</sup>, Гамерник Р.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний університет ім. Івана Франка

вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005, Львів

<sup>2</sup>Львівський торговельно-економічний університет

вул. Самчука, 9, 79011, Львів

*olgastashkiv@ukr.net*

Люмінесценція (ЛМ) ряду лантанодів може бути ефективно збуджена в комплексах з органічними лігандами. При цьому світло поглинається органічною частиною молекули, і далі відбувається внутрішньомолекулярний перенос енергії від органічного ліганду до іона лантаноду. Відомо, що УЬ(ІІІ) в розчині з 1-(2-піридилазо)-2-нафтолом (ПАН) проявляє ЛМ властивості. Одним зі способів підвищення ефективності світіння є закріплення елемента на твердій матриці. В результаті цього збільшується жорсткість структури, що сприяє зменшенню міжмолекулярного переносу енергії, крім того має місце ефект концентрування. Такою твердою матрицею можуть бути природні цеоліти, які є ефективними сорбентами лантанідів. Сорбовані метали зберігають здатність до утворення комплексних сполук з органічними лігандами. Раніше нами досліджені оптимальні умови сорбції УЬ(ІІІ) на закарпатському клиноптилоліті. Цікавим було вивчити здатність до ЛМ іонів ітербію, сорбованих на природному клиноптилоліті, в комплексі з ПАН. Встановлено, що композиція «клиноптилоліт-УЬ(ІІІ)-ПАН» є ефективним люмінофором. Максимум поглинання комплексу УЬ(ІІІ) з ПАН є в області 530-550 нм, тому ЛМ збуджували випромінюванням лазера  $\lambda=532$  нм. ЛМ композиції «клиноптилоліт-УЬ(ІІІ)-ПАН» спостерігається в ІЧ-області спектру з максимумом  $\lambda=978$  нм. ЛМ комплексів УЬ(ІІІ) з ПАН є максимальною при рН=8,5. Досліджена ЛМ композиція може бути використана для сорбційно-люмінесцентного визначення УЬ(ІІІ).



**ТЕРМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОЛОКОН ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР**

**Харитонов М.М.<sup>1</sup>, Рула І.В.<sup>1</sup>, Сова Н.А.<sup>1</sup>, Петраченко Д.О.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро*

<sup>2</sup>*Інститут луб'яних культур НААН України*

*вул. Терещенків, 45, м. Глухів, Сумська обл., 41400*

*iryua.chem79@gmail.com*

Біополімери і полімерні композити з біомаси в останні роки викликають великий інтерес оскільки вони піддаються природному процесу біорозкладання (Кухарь, 2008). Виробництво біосировини стає все більш нестабільним, оскільки багато біополімерів виробляються з їстівної біомаси, такої як кукурудза. Для вирішення цих проблем настійно потрібні нові інженерні матеріали, виготовлені на 100 % з неїстівних матеріалів рослинного походження. Тим часом в останні десятиліття великий інтерес викликають дослідження рослинних волокон, таких як лляне та конопляне волокно (Круглий та Прохорова, 2011). Ці природні волокна мають деякі екологічні переваги перед неорганічними волокнами, такими як вуглецеві та скляні волокна, оскільки вони є поновлюваними, легкими та придатними для вторинної переробки (Nishitani et al., 2016; Теракова et al., 2012).

Для дослідження термостійкості луб'яних культур застосовували термогравіметричний (TG), диференційно-термогравіметричний (DTG) і диференційно-термічний (DTA) аналізи. Термогравіметричні дослідження проводили в динамічному режимі зі швидкістю нагрівання 10 °С/хв в атмосфері повітря на дериватографі Q-1500 D системи "F. Paulik – J. Paulik – L. Erdey", з чутливістю гальванометрів TG, DTG, DTA 500 мкВ. Маса зразків становила 100 мг, еталонний зразок – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Виділення волокна з луб'яних рослин (первинна обробка) досягається в результаті біологічних і механічних процесів. Сутність біологічних процесів полягає в тому, що під впливом мікроорганізмів руйнуються тканини кори і пов-

ністю порушується зв'язок між луб'яною частиною і деревиною. Це здійснюється шляхом застосування водяного мочіння в ємностях або росяного (в результаті розстилання стебел тонким шаром на угіддях). Тривалість мочіння залежить від температури води і може коливатися для різних луб'яних культур від 6 до 25 діб і більше при холодноводному мочінні та 2–3 доби при мочінні теплою (30–35 °С) водою. При цьому руйнування тканин відбувається завдяки життєдіяльності особливих видів мікроорганізмів або плісневих грибів.

Дослідження термостійкості волокон льону, а також конопель після водяного та росяного мочіння показало наступне (рис. 1).

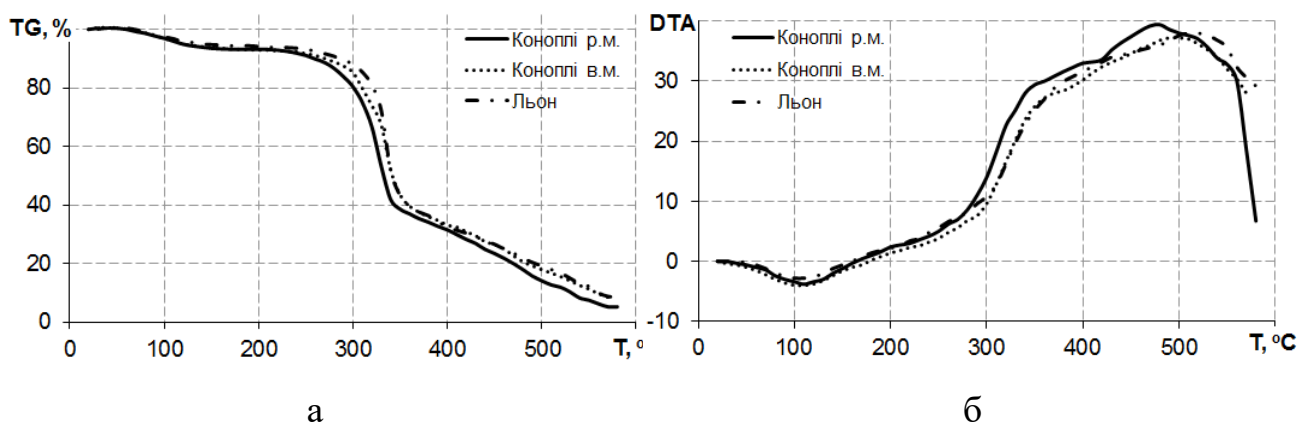


Рис. 1. Криві втрати маси (а), диференціально-термічного (б) аналізів волокон конопель (росяного та водяного мочіння) і льону-довгунця

Згідно літературних даних (Sharma and Kernaghan, 1988; Zheng et al., 2014, Stevulova et al., 2017), як лляне так і конопляне волокно має достатньо високу гігроскопічність до 12 %, але при цьому вони легко як поглинають так і виділяють вологу, що ми і спостерігаємо на першому етапі в температурному інтервалі 70–150 °С, при цьому волокна втрачають 5,2–6,5 % ваги.

На другому етапі, до температури 250 °С, термодеструкція волокон відбувається не значно, втрата маси складає лише 1,6–2,4 %, що пояснюється високим вмістом лігніну у складі волокон, це робить їх стійкими до світла, погодних умов та мікроорганізмів. Суттєва термодеструкція волокон відбувається на третьому етапі, в температурному інтервалі 250 ÷ 360-370 °С (рис. 2). Зразки при цьому втрачають ~55 % ваги, а енергія активації процесу термодеструкції волокон на

даному етапі найбільша і складає 65–71 кДж/моль. Також даний етап характеризується високими значеннями DTG, що значно перевищують інтенсивність втрати маси таких енергокультур як сосна та робінія в аналогічному температурному інтервалі (Güngör et al., 2012; Torri et al., 2010). Таку поведінку можна пояснити тим, що волокна містять до 80 % целюлози та до 8 % лігніну, термодеструкція яких в основному відбувається до 400 °С.

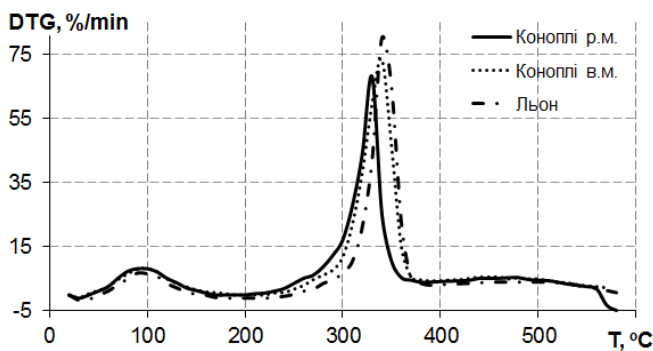


Рис. 2. Криві диференціально-термогравіметричного аналізу волокон конопель (росяного та водяного мочіння) і льону-довгунця

метричного аналізу довели, що термічна стабільність волокна конопель може бути збільшена після застосування його деструкції. Це було пов'язано з видаленням деяких нецелюлозних сполук з волокон конопель, які розкладалися раніше, ніж сама целюлоза.

Таким чином, логічним є висновок, що відходи від переробки конопляних та лляних волокон можна використовувати для утворення біополімерів та біокомпозитів.

#### Література:

1. Кухарь В. П. Біоресурси – потенційна сировина для промислового органічного синтезу // Біотехнологія, Київ. – №1, 2008. – С.12–26.
2. Круглий Д. Г., Прохорова Н. І. Створення екологічно чистих технологій одержання лляної трести // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк. – №34, 2011. – С.145–147.

Остання четверта стадія 360 – 370 ÷ 580 °С термоокиснювальної деструкції є заключною, так як завершується розкладання всієї органічної речовини волокон, включаючи лігнін, з утворенням мінералізованих залишків незначної маси. Схожі висновки були зроблені й іншими дослідниками (Kaczmar et al., 2011). Результати термограві-

3. Güngör A, Önenç S, Uçar S., Yanik J. Comparison between the «onestep» and «two-step» catalytic pyrolysis of pine bark // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Amsterdam.–Vol. 7, 2012. –PP. 39–48. doi.org/10.1016/j.jaap.2012.06.011
4. Kaczmar J. W., Pach J., Burgstaller C. The chemically treated hemp fibres to reinforce polymers // *Polimery*, Warsaw. – Vol. 56, 2011. – PP. 817–822.
5. Nishitani Y, Yamanaka T., Kajiyama T., Kitano T. Thermal Properties of Hemp Fiber Reinforced Plant-Derived Polyamide Biomass Composites and their Dynamic Viscoelastic Properties in Molten State // *Viscoelastic and Viscoplastic Materials* (Edited by Mohamed Fathy El-Amin), Saudi Arabia, 2016. doi: 10.5772/64215.
6. Sharma H. S. S., Kernaghan K. Thermogravimetric analysis of flax fibres // *Thermochimica Acta*, Amsterdam. – Vol. 132, 1988. – P. 101–109. doi.org/10.1016/0040-6031(88)87099-0.
7. Stevulova N., Estokova A., Cigasova J. et al. Thermal degradation of natural and treated hemp hurds under air and nitrogen atmosphere // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Budapest, – Vol. 128, 2017. – PP. 1649–1660. <https://doi.org/10.1007/s10973-016-6044-z>.
8. Terpakova E., Kidalová L., Estokova A., Čigášová J., Stevulova N. Chemical Modification of Hemp Shives and their Characterization // *Procedia Engineering*, Amsterdam. – Vol. 42, 2012. – PP. 931–941. doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.486.
9. Torri C., Reinikainen M., Lindfors C., Fabbri D., Oasmaa A., Kuoppala E. Investigation on catalytic pyrolysis of pine awdust: Catalyst screening by Py-GC-MIP-AED // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Amsterdam. – Vol. 88 (1), 2010. – PP. 7–13. doi.org/10.1016/j.jaap.2010.02.005.
10. Zheng D., Ding R.-Y, Lei Z., Xingqun Z., Chong-Wen Y. Thermal properties of flax fiber scoured by different methods // *Thermal Science*. Belgrade, Vol. 19, 2014. – P. 5. doi: 10.2298/TSCI130329005Z.

**АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ  
ДЕЯКИХ КОСМЕТИЧНИХ ЗРАЗКІВ**

**Аношенкова Р.М., Сидорова Л.П.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*просп. Гагаріна, 72, 49000, м. Дніпро*

*anoshenkova98@gmail.com*

Косметичні препарати – препарати, які застосовуються для догляду за шкірою, нігтями, волоссям, ротовою порожниною; виконуються гігієнічні, профілактичні та естетичні функції. Лосьйони і тоніки відносяться до рідких гомогенних косметичних засобів, які застосовуються для додаткового очищення та тонізування шкіри. Лосьйонами називають препарати, які містять спирт, тоніки, як правило, не містять спирту.

При органолептичних дослідженнях лосьйонів і тоніків визначають зовнішній вигляд, колір та запах. Косметичний препарат об'ємом 5 мл досліджуваної речовини, вміщували у пробірку та на фоні білого паперу проглядали у денному світлі. Запах визначали органолептично за допомогою щільного паперу, який занурювали у досліджувану речовину [1].

Для визначення рН, досліджуваний продукт об'ємом 15 мл вміщували в склянку місткістю 50 мл, кінці електродів вміщували в досліджувану рідину. Показання рН знімали за шкалою рН-метра [2].

Вільний і зв'язаний луг визначали титруванням. У плоскодонній колбі зважували 1 г продукту, доливали 100 мл гарячої дистильованої води, струшували, а потім після охолодження до кімнатної температури додавали 2-3 краплі метилового помаранчевого і титрували 0,01 М розчином соляної кислоти до зміни жовтого забарвлення в рожевий [3].

Таблиця 1. Результати дослідження тоніків та лосьйонів-тоніків

Назва препарату	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	рН	Кількість вільного та зв'язаного луку	
					$X_{cp} \pm A$	$S_r$
Черный жемчуг	Однорідна рідина	Прозорий, блакитний	Парфумований	5,6	1,77±0,01	0,01
Чистая линия		Прозорий, зеленуватий	Волошковий	6,5	2,55±0,05	0,02
Ziaja		Прозорий	Трав'яний	6,6	2,82±0,03	0,02

## Література:

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу “Хімія та технологія косметичних засобів” для студентів IV курсу спеціальності 7.091628/ Укл.: О.Г. Кольцова, О.В. Вишнікіна. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2007. – 20 с.
2. ГОСТ 29188.2-91. Изделия косметические. Метод определения водородного показателя рН.
3. ГОСТ 29188.5-91. Изделия косметические. Методы определения свободной и связанной щелочи.

УДК 614.7

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ГІДРОХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЧОК ЛІМНИЦЯ ТА ДНІСТЕР У МІСЦІ ЇХ ЗЛИТТЯ

**Бельмега І.І., Сиса Л.В.**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

*вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів*

*teacher\_leon@ukr.net*

Екологічний стан гірських річок Івано-Франківщини був і залишається об'єктом посиленої уваги дослідників. З кожним роком на їх мальовничих берегах збільшуються обсяги житлової забудови, у першу чергу – об'єктів курортно-санаторного призначення. Звичайно, такі процеси не можуть не впливати на чистоту цих річок.

Однією з окрас північної частини Івано-Франківщини, її природною перлиною є річка Лімниця, що протікає у межах Рожнятівського, Калуського і Галицького районів цієї області.

Зокрема, представники американської компанії «Waterlife. Earth» у 2017 р. проводили дослідження води на території всієї України. До уваги бралось багато чинників, серед яких природна унікальність, екологічний стан, придатність води для споживання, наявність певних мікроорганізмів.

Згідно з результатами дослідження, найчистіші ріки на території нашої держави – у Карпатах. До списку переможців увійшли водянні артерії Івано-Франківської та Закарпатської областей. Очолила рейтинг Лімниця, другу сходинку посів Чорний Черемош.

Річка Лімниця бере початок із джерел за 1,5 км на північний схід від гори Велика Кепута на висоті близько 1370 м. Тече вона переважно на північний схід і впадає у Дністер біля села Шевченкове. У нижній течії тече територією Галицького національного природного парку [1].

За довжиною – це найбільша притока Дністра (122 км); басейн її розташований у центральній частині Українських Карпат і на Прикарпатській височині.

У верхів'ї (до с. Ясень) річка має характер гірського потоку, що протікає у вузькій V-подібній долині, з випуклими, крутими обривистими схилами, що дуже порізані річковими потоками. Нижче долина Лімниці трапецієподібна, завширшки 4 – 7 км; у нижній течії ширина зменшується до 2 км. Основні притоки – р. Мимода, Турава, Черлен, Чечва, Бережниця.

У місці впадіння Лімниці річка Дністер – переважно рівнинна річка. Вона протікає по широкій долині, її правий берег високий і крутий, лівий – пологий. Заплава ріки широка, зайнята луками. На заплаві є заболочені стариці. Ширина русла біля Галича – 60-80 м. Великих прибережних населених пунктів на цій ділянці річки немає [1].

Метою даного дослідження було порівняти якість води цих двох річок у місці їх злиття, враховуючи, що до цієї точки обидві річки протікають мало-населеною долиною. Відповідно, антропогенний вплив на якість їх вод приблизно рівний, якщо не враховувати маленьке село Шевченкове, яке розташоване на березі Лімниці поряд з місцем її впадіння у Дністер.

Проби було відібрано автором влітку 2019 р. на околиці с. Шевченкове. Навколишні пагорби густо вкриті лісами, серед яких з кожним роком видніється все більше будиночків класичної Карпатської архітектури, явно відпочинкового типу; великих готельних комплексів тут немає.

Відібрано одну пробу з русла р. Лімниця, та одну – з р. Дністер. Відбір проводився по типу усередненої проби – воду відбирали з декількох точок та змішували. Окремі показники якості води були заміряні на місці (температура, запах, кислотність, загальний вміст солей – TDS); усі інші – у НДЛ екологічної безпеки ЛДУ БЖД за методиками [2] та відповідними КНД.

Враховуючи той факт, що від моменту відбору проб до часу виконання лабораторного аналізу пройшло бл. 3 днів, то числові значення певних показників (лужність, вміст нітритів, амонію та деяких інших) ми використали лише як наглядний матеріал для порівняння. Наприклад, загальновідомо, що під час зберігання при відносно високих температурах нітрит-іони легко переходять у



нітрат-іони, що значно спотворює результат, але для порівняння якості двох проб води, які перебували в однакових умовах, їх можна використати.

Співвідношення найбільш показових (на наш погляд) параметрів цих проб, визначених лабораторно, вказані у табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники проб води з річок  
Лімниця та Дністер у місці злиття

№ з/п	Назва показника	Одиниця виміру	Значення показника	
			р. Лімниця	р. Дністер
1.	Водневий показник (рН)	од. рН	6,3	7,1
2.	Завислі речовини	мг/дм <sup>3</sup>	15,4	12,5
3.	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	250	305
4.	Жорсткість загальна	мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,2	3,7
5.	Гідрокарбонати (НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	164	220
6.	Хлориди (Сl <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	34,1	21,5
7.	Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	24,0	27,2
8.	Нітрити (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	2,2	0,9
9.	Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	15,5	22,4
10.	Фосфати (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,6	0,0
11.	Амоній сольовий (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	4,6	2,3
12.	Загальна мінералізація	мг/дм <sup>3</sup>	321	401
13.	Хім. спож. кисню (ХСК)	мг/дм <sup>3</sup>	8,3	6,1

У результаті проведених досліджень було встановлено значні відмінності у якості води цих двох річок. Навіть візуально було видно, що вода р. Лімниця у місці злиття з водою р. Дністер має темніший відтінок та вищу каламутність. Температури води у р. Лімниця, навпаки, виявилась на декілька градусів нижчою, ніж у р. Дністер. Вода останньої практично не мала запаху, в той час як у першій відчувався легкий «річковий» запах.

На підставі порівняння вказаних у табл. 1 гідрохімічних показників можна констатувати, що р. Лімниця у місці злиття з р. Дністер зазнає значного антропогенного впливу: дещо нижче значення рН (слабокисле середовище), вищий

вміст нітритів та амонію, наявність фосфатів є типовими ознаками попадання у річку забруднених стічних вод населеного пункту або виробничих об'єктів. Відносно нижча температура води у р. Лімниця та значно коротша протяжність її русла сповільнює природні процеси самоочищення та дозволяє цим забруднювачам довше зберігатись у незміненому вигляді.

Очевидно, на стан води у р. Лімниця все таки значно впливає м. Калуш, хоча воно розташоване значно вище за течією (бл. 25-30 км). У самому місті та в його околицях працюють промислові підприємства, проживає значна кількість населення. Ці факти не можна не враховувати під час екологічної оцінки якості води у р. Лімниця у нижній течії.

У той же час, р. Дністер до місця злиття тривалий час тече по розлогій долині з малою кількістю населених пунктів і добре прогрівається. Ці фактори сприяють швидкому метаболізму як органічних забруднювачів (різниця у значенні ХСК), так і окремих мінеральних параметрів (напр., нітрит-іонів). Проте, загальний показник мінералізації у пробі з р. Дністер дещо вищий, що може вказувати на більш тривалий контакт річкової води з мінеральними відкладами берегів.

#### Література:

1. Хільчевський В.К., Гребін В.В. Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене в 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС // Гідрологія, гідрохімія та геоекологія: науковий збірник. – № 1(44), 2017. – С. 8-20.

2. Ломницька Я.Ф., Василечко В.О., Чихрій С.І. Склад та хімічний контроль об'єктів довкілля. Навчальний посібник з хімічних методів аналізу об'єктів довкілля. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 496 с.

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА  
ЯРЕМЧЕ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ РІЧКИ ПРУТ**

**Бойчук Б.Я., Кузик А.Д.**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

*вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів*

*komandos2703@ukr.net*

Більшість великих і малих міст, як в давнину, так і в сучасності, зароджувались та розвивались на берегах річок. Неминучим наслідком цього сусідства ставало забруднення річок продуктами життєдіяльності людського суспільства: біогенними іонами (амоній, нітрити, нітрати, фосфати), поверхнево-активними речовинами (миючими засобами натурального походження та на основі СПАР), пізніше – нафтопродуктами і важкими металами.

Не оминає ця проблема і малі міста, розташовані далеко від промислових центрів. Прикладом може служити невелике курортне містечко Яремче, яке знаходиться у південно-західній частині Івано-Франківської області, обмеженій гірськими формуваннями Горган, Покутсько-Буковинських Карпат та Чорногори.

Місто Яремче, його околиці та сусідні населені пункти входять до складу Карпатського національного природного парку. З усіх сторін місто оточують гірські вершини: з півдня і південного заходу лежить хребет Явірник, з заходу розмістились гори Щивка, Черногориця і Синечка, зі сходу — гора Маковиця.

Через м. Яремче протікає р. Прут – одна з природних перлин Прикарпаття, мальовнича водна артерія регіону, туристична гордість краю. Річка Прут – ліва притока Дунаю, має загальну протяжність 967 км і площу басейну 27540 км<sup>2</sup>. Вона бере свій початок на північно–східному схилі Черногірського хребта, біля підніжжя г. Говерли на висоті понад 1750 м над рівнем моря; впадає в р. Дунай з лівого берега на 164 км від гирла.

Річка Прут є однією із наймальовничіших в регіоні і відіграє надзвичайно важливу роль в рекреаційному, господарському та естетичному значенні. Не-

від'ємною складовою моніторингу екологічної ситуації в самій річці та в її басейні були і залишаються гідрохімічні дослідження якості води. Цим питанням займалися і продовжують займатися цілий ряд виробничих та наукових установ, окремі науковці [1 та ін.].

Місто Яремче з 1977 року віднесено до категорії міст обласного підпорядкування з включенням в його межі таких населених пунктів: м. Яремче з мікрорайонами Ямна (вище за течією) та Дора (нижче за течією), смт. Ворохта, с. Татарів, с. Микуличин, с. Яблуниця, с. Вороненко, с. Поляниця.

У місті працюють комплексні очисні споруди (КОС), які очищають стічні води житлового сектору міста та декількох невеликих підприємств. Приватний житловий сектор, рівно як новозбудовані відпочинкові котеджі і розважальні заклади, не завжди підключені до центральної каналізаційної системи міста. Частина з них має свої локальні очисні споруди (ЛОС), а частина користується традиційними засобами – вигрібні ями, септики тощо.

Метою даного дослідження було вивчення гідрохімічних параметрів річки Прут в околицях міста Яремче, безпосередньо біля місця скиду у річку очищених стічних вод з міських КОС. На основі лабораторного дослідження проб води у цій точці можна оцінити ефективність роботи цих КОС, а також розробити пропозиції щодо збереження і покращення житлового та рекреаційного потенціалу цієї частини Прикарпаття.

Основними методами отримання числових даних для побудови діаграм та розрахунків екологічних індексів були хіміко-аналітичні методи: гравіметричний, потенціометричний, титрометричний, фотометричний та атомно-абсорбційний [2].

Уточнення експериментальних даних для побудови графіків і розрахунку індексів виконувалось методами математичної статистики та регресійного аналізу. Використовувались стандартні можливості загальновідомих офісних програм (Microsoft Office) та спеціалізовані комп'ютерні програми, які забезпечують високу надійність та достовірність отриманих результатів.

Проби води з р. Прут відбирались поквартально протягом 2019 р. Місце відбору вибрано на 500 м нижче за течією від точки виходу до річки стічної труби КОС м. Яремче. Проби відбирались за принципом «середньої проби»: на різних відстанях від берега набирали по 0,5 л води, які потім змішували.

Лабораторне дослідження відібраних проб здійснювалось у НДЛ екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (НДЛ ЕБ ЛДУ БЖД), яка атестована в системі «Метрологія» на право виконання відповідних досліджень (свід. № РЛ 127/17 від 14.11.2017 р.).

Серед багатьох гідрохімічних параметрів досліджених проб ми вибрали найбільш інформативні (на наш погляд). Їх числові значення наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Результати хімічного аналізу проб води з р. Прут в м. Яремче

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Квартал				Норматив
			1	2	3	4	
1.	Амоній-іон	мг/дм <sup>3</sup>	1,91	1,93	1,93	1,88	2,0
2.	Нітрити	мг/дм <sup>3</sup>	0,13	0,16	0,17	0,12	0,16
3.	Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	4,46	4,76	4,71	4,21	6,0
4.	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	26,6	28,9	28,8	24,9	35,0
5.	Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	28,4	29,4	30,7	28,6	35,0
6.	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	216	221	210	168	250
7.	Завислі речовини	мг/дм <sup>3</sup>	12,7	13,3	17,2	12,6	15,0
8.	Нафтопродукти	мг/дм <sup>3</sup>	0	0	0	0	0,0
9.	СПАР	мг/дм <sup>3</sup>	0,16	0,17	0,15	0,14	0,20
10.	ХСК	мгО/дм <sup>3</sup>	25,6	22,3	24,3	23,6	< 80
11.	БСК	мгО/дм <sup>3</sup>	10,1	9,9	9,7	9,6	15,0
12.	Фосфати	мг/дм <sup>3</sup>	0,14	0,16	0,18	0,19	0,17

Як бачимо з табл. 1, значних перевищень нормативних значень концентрацій забруднювачів не спостерігається. Винятками є хіба що поодинокі випадки підвищеного вмісту нітритів та завислих речовин (3-й квартал), а також фосфатів (4-й квартал).

У той же час тривожною є тенденція, що практично всі речовини-забруднювачі перебувають у річковій воді у концентраціях, близьких до граничних. Це вказує на критичний стан очисних споруд м. Яремче, що може бути спричинене або їх технічною чи моральною застарілістю, або значним збільшенням останнім часом обсягів скидів міських комунальних каналізаційних мереж. Не виключається також можливість потрапляння у річку неочищених стоків з домогосподарств приватного сектору або відпочинкових комплексів, змивів з сільськогосподарських угідь.

Крім того, місцеве населення і туристичний потік щороку споживають значно більше палива для обігріву приміщень, а зростаюча кількість автомобільних засобів створює величезні об'єми вихлопних газів. Ці гази також забруднюють річку, вступаючи у хімічну взаємодію з водою.

У будь-якому випадку комунальним службам та керівництву міста слід звернути значну увагу на стан міських КОС. Забруднення води біогенними іонами є небезпечним, оскільки ці сполуки є хімічними каталізаторами процесу антропогенного евтрофування поверхневих вод (т. зв. «цвітіння води»). Забруднення поверхневих вод неминуче призводить до потрапляння поллютантів у підземні горизонти, а з них – у питну воду.

#### Література:

1. Корчемлюк М.В. Екологічна оцінка якості води верхньої течії Пруту за блоком сольового складу та індексом забрудненості води. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: науковий збірник. К.: ВГЛ «Обрії». – Том 9, 2006. – С.142-148.
2. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. Справочник. М: Химия, 1989. – 348 с.

УДК 543.6

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ  
КАТІОНОВОГО ФЛОКУЛЯНТА МАРКИ FO4800  
З ОРГАНІЧНИМИ БАРВНИКАМИ**

**Вишнікін А.Б., Сидорова Л.П., Чернявська А.Ю.,**

**Пащенко Н.О., Йорш Г. П., Притика Д. В.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*пр. Гагаріна, 72,49010, м. Дніпро*

*nataliia31@gmail.com*

Однією з найважливіших екологічних проблем в даний час є очищення природних і стічних вод від забруднень. У багатьох галузях промисловості для підвищення ефективності очищення стічних вод, що містять нерозчинні тверді компоненти, використовуються високомолекулярні водорозчинні сполуки – флокулянти.

Методи визначення полімерних флокулянтів нечисленні. Серед них виділяються спектрофотометричні методи з огляду на те, що вони адекватні по чутливості, прості у використанні, дозволяють проводити експресний або автоматизований аналіз [1].

Метою роботи є створення чутливих та селективних методик для спектрофотометричного визначення полімерних флокулянтів в технологічних процесах.

У роботі використовувалися органічні барвники бромкрезоловий пурпурний, бромфеноловий синій, еритрозин та катіоний флокулянт-сополімер акриламідумарки FO4800.

Вихідні розчини барвників ( $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л), полімера (0,1 г/л), неорганічні солі готували шляхом розчинення точних наважок в дистильованій воді.

Необхідні значення рН в інтервалі від 3 – 4,65 підтримували за допомогою ацетатного буферного розчину.

Вимірювання проводилися на однопроменевому спектрофотометрі СФ-26, використовуючи кювети з товщиною поглинаючого шару 1 та 2 см, в якості розчину порівняння дистильована вода.

Для вибору робочих довжин хвиль готували два розчини (з полімером та без), додаванням хлоридної кислоти встановлювали рН = 3,5. Таким чином було визначено, що максимум світлопоглинання барвника еритрозину при рН = 3,5 знаходиться при  $\lambda_{\max} = 510$  нм, а максимум іонного асоціату барвника з полімером знаходиться при  $\lambda_{\max} = 540$  нм, а для двох інших барвників: БКП  $\lambda_{\max} = 540, 590$ , для БФС  $\lambda_{\max} = 430, 590$  нм відповідно.

Для кожної з систем підбирався відповідний буферний розчин. Таким чином було встановлено, що найкраще підходить ацетатний буферний розчин (рис. 1).

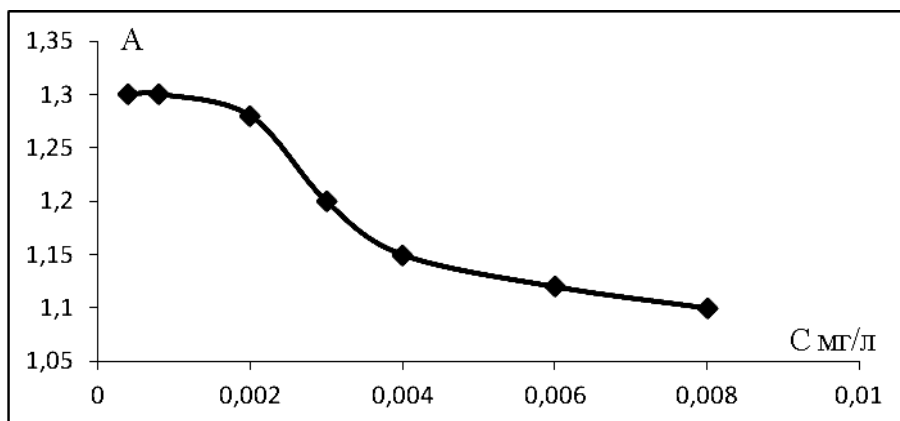


Рис. 1. Залежність оптичної густини іонного асоціату бромкрезолового пурпурного з флокулянтном при різній концентрації ацетатного буферного розчину ( $\lambda = 590$  нм;  $C_{\text{БКП}} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л;  $C_{\text{FO4800}} = 0,1$  г/л;  $l = 2$  см)

Також був оцінений вплив концентрацій деяких аніонів, які входять до складу природних вод (рис. 2).



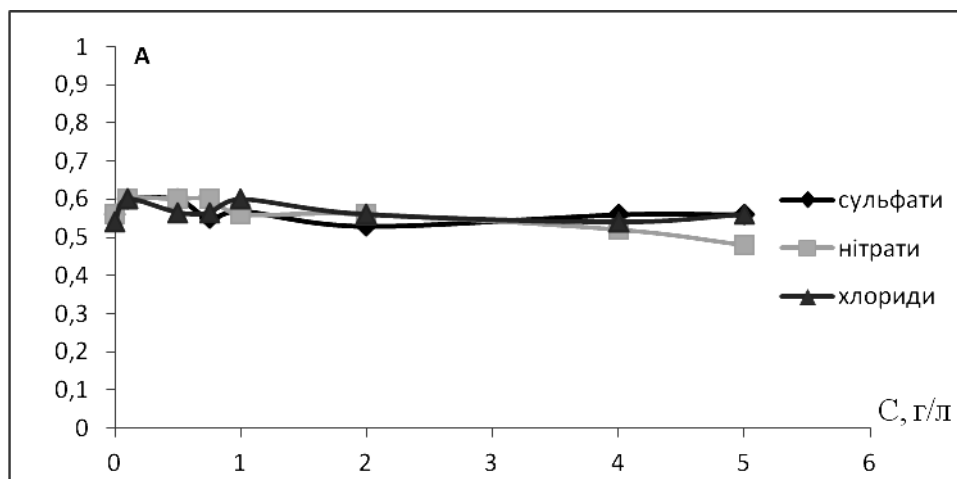


Рис. 2. Залежність оптичної густини EP-FO4800 в присутності неорганічних солей ( $\lambda = 540$  нм,  $l = 2$  см,  $pH = 4,65$ ,  $C_{EP} = 1 \cdot 10^{-3}$ )

Отже, спектрофотометричним методом вивчено взаємодію полімерного флокулянта FO4800 з органічними барвниками. У присутності неорганічних солей спостерігається часткове руйнування іонного асоціату БКП-FO4800 та EP-FO4800.

#### Література:

1. Чернявська А.Ю., Вишнікін А.Б., Іваниця Л.О. Дослідження взаємодії бромфенолового синього з катіонними поліакриламидами і застосування його в аналізі // Вісник ОНУ. Хімія. – Том 23. – Вип. 1(65), 2018.

**ОПТИМІЗАЦІЯ АДСОРБЦІЙНОГО ВИЛУЧЕННЯ  
АНТОЦІАНІВ НА ВОЛОКНИСТОМУ КАТІОНІТІ ФІБАН К-1**

**Солдаткіна Л.М.**

*Одеський національний університет імені І.І.Мечникова*

*вул. Дворянська, 2, 65082, м. Одеса*

*soldatkina@onu.edu.ua*

В останні роки перспективними є дослідження стосовно екстракційного концентрування антоціанів з рослин, їх адсорбційного вилучення та очистки з екстрактів і застосування в харчовій промисловості замість канцерогенних синтетичних барвників. Аналіз літературних джерел показав [1, 2], що інформація щодо моделювання адсорбційного вилучення антоціанів з екстрактів рослин для оптимізації процесу адсорбції нечисленна, що не дозволяє широко запроваджувати адсорбцію в промисловому виробництві антоціанів.

Мета роботи: провести моделювання процесу адсорбції антоціанів з екстрактів ягід чорноплідної аронії та чорної бузини на волокнистому катіоніті ФІБАН К-1 і визначити оптимальні умови адсорбційного процесу.

Сировиною для отримання екстрактів антоціанів були заморожені при  $-20^{\circ}\text{C}$  ягоди чорноплідної аронії (*Aronia melanocarpa*) та чорної бузини (*Sambucus nigra L.*). Для приготування екстрактів антоціанів екстрагентом обрали 0,1 М водний розчин хлоридної кислоти і застосували метод мацерації ягід.

В якості адсорбенту використовували волокнистий катіоніт ФІБАН К-1, синтезований в Інституті фізико-органічної хімії НАН Білорусі. ФІБАН К-1 належить до сильнокислотних сульфокатіонітів, і є стійким до концентрованих розчинів  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ , а також і до всіх органічних розчинників.

Для визначення оптимальних умов адсорбційного вилучення антоціанів застосували центральний композиційний план факторного експерименту (табл. 1). На основі попередньо проведених адсорбційних досліджень обрали в якості незалежних змінних: час адсорбції ( $\tau$ ), дозу адсорбенту ( $m$ ), вихідну кон-

центрацію антоціанів у розчині (С) та температуру (Т). Параметром оптимізації слугувала ступінь адсорбційного вилучення ( $\alpha$ ) антоціанів. Математичну обробку експериментальних результатів адсорбційного вилучення антоціанів проводили за допомогою програми Minitab 17.1.0.

Таблиця 1. Умови багатофакторного планування експерименту

Незалежні фактори	Рівень				
	- $\alpha$	- 1	0	+ 1	+ $\alpha$
$\tau$ , год	30	50	70	90	110
T, К	283	293	303	313	323
m, г/л	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5
C, мг/л	100	150	200	250	300

Математичні та статистичні розрахунки дозволили отримати скорочені регресійні рівняння другого порядку в кодованому вигляді для описання адсорбції антоціанів аронії

$$\alpha(\%) = 97,91 + 2,72\tau + 5,45T + 2,25m - 1,66C - 1,56Tm + 1,42mC - 1,97\tau^2 - 4,35T^2 - 1,93m^2$$

і антоціанів бузини

$$\alpha(\%) = 92,50 + 2,88\tau + 3,63T + 6,26m - 3,68C - 1,66Tm + 1,28mC - 1,67\tau^2 - 2,31T^2 - 2,51m^2 - 1,41C^2,$$

які враховують залежність ступеню адсорбційного вилучення антоціанів від головних змінних факторів та їх взаємодій.

Для оптимізації адсорбційного вилучення антоціанів аронії та бузини на катіоніті ФІБАН К-1 використовували методологію поверхні відклику. Оскільки головні фактори по різному впливають на функцію відклику, тому важливо одночасно визначити значення всіх факторів для оптимізації адсорбційного вилучення антоціанів. Отримані за допомогою програми Minitab 17.1.0. оптимальні теоретичні значення головних факторів для максимальної ефективності вилучення антоціанів ягід на катіоніті ФІБАН К-1 представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Параметри оптимізації адсорбції антоціанів ягід на ФІБАН К-1

Параметр	Оптимальне значення	$\alpha$ , %	
		Передбачуване	Експериментальне
Аронія			
$\tau$ , хв	70	100	98
T, К	303		
m, г/л	8		
$C_{\text{ант.}}$ , мг/л	103		
Бузина			
$\tau$ , хв	87	100	99
T, К	312		
m, г/л	9		
$C_{\text{ант.}}$ , мг/л	153		

Аналіз літературних джерел показав, що оптимальні значення часу та температури при адсорбції антоціанів чорниці на макропористій смолі АВ-8 дорівнюють відповідно 120 хв та 293 К, при цьому ступінь вилучення антоціанів становить не більше 92% [2].

Таким чином, для адсорбції антоціанів ягід аронії та бузини волокнистим катіонітом ФІБАН К-1 потрібна менша затрата часу в порівнянні з макропористими смолами, проте ступінь вилучення антоціанів більший.

#### Література:

1. Chandraserhar J., Madhusudhan M.C., Raghavarao K.S.M.S. Extraction of anthocyanins from red cabbage and purification using adsorption // Food and bioproducts processing. – №90, 2012. – PP.615–623.
2. Xianzhe Z., Zhaoguo Z., Changjiang J., Xianzhe Z., Purification characteristics and parameters optimization of anthocyanin extracted from blueberry // International J. Agricultural and Biological Engineering. – №8(2), 2015. – PP.135-144.
3. Буряк Л. Ч. Исследование содержания антоцианов в соках прямого отжима плодов и ягод бузины, черной смородины и аронии, произрастающих в республике Беларусь. МГУП. – №34, 2010. – С. 14-19.

**ВИЗНАЧЕННЯ СУМІШІ БАРВНИКІВ E110 ТА E124 У МОДЕЛЬНИХ  
РОЗЧИНАХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНИМИ МЕТОДАМИ**

**Сидорова Л.П., Протасюк Є.В.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*пр. Гагаріна 72, 49000, м. Дніпро*

*eprotasyuk@mail.ru*

У процесі розвитку харчової, текстильної, фармацевтичної промисловості, медицини, косметології, парфумерії широко використовуються синтетичні харчові барвники, їх налічується близько 60. Контроль та дотримання норм вмісту синтетичних барвників в харчових продуктах покладено на виробника. Тому розробка способів ідентифікації і визначення синтетичних барвників в продуктах харчування залишається однією з актуальних тем, для вирішення якої можна використати метод спектрофотометрія [1-2].

Визначити індивідуальний барвник досить просто. Але набагато більш складною проблемою є визначення барвників у суміші. У випадку коли, спектри барвників повністю або дуже сильно перекриваються, запропоновано багато способів математичної обробки, але продовжуються спроби віднайти найбільш прості і ефективні методи.

Для визначення суміші барвників було використано метод Mean Centering та Фірордта.

Одночасне визначення барвників (E110, E124) методом Mean Centering засноване на використанні відносин спектрів поглинання двох речовин. Позначимо спектр поглинання барвника E110 літерою А, а E124 – В.

При розподілі одного спектра на інший отриманий спектр виключає інформацію про речовину E124 і є вже функцією тільки концентрації речовини E110. Для цього після поділу спектрів А на спектр В обчислюють для кожного з отриманих спектрів відносин середнє арифметичне з усіх світлопоглинань. Потім вираховують із кожного відношення оптичної густини спектра середнє арифметичне. Отриманий в результаті спектр вже автоматично містить і відні-

має інформацію про речовину В і залежить тільки від концентрації речовини А. Для побудови градууювального графіка вибирають довжину хвилі, для якої амплітуда (висота піку або аналітичного сигналу) максимальна.

У роботі використовувались синтетичні харчові барвники: жовтий «сонячний захід» (E110) та Понсо 4R (E 124).

Модельні суміші готували методом розведення. Вихідний розчин з концентрацією 100 мкг/мл, відбирали піпеткою, та доводили до мітки у колбі на 25 мл. Було приготовлено 5 модельних сумішей.

Концентрацію барвників визначали за градууювальними графіками. Результати визначення барвників жовтий “Захід сонця”(E110) та Понсо 4R (E124) в модельних сумішах методами Mean Centering наведенні в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати визначення вмісту барвників E110 та E124 у модельних сумішах методом Mean Centering

E110		E124		Правильність у %	
Введено мкг/мл	Знайдено мкг/мл	Введено мкг/мл	Знайдено мкг/мл	E110	E124
3	2,9	13	12,7	96,6	97,7
5	4,9	11	10,8	98,0	98,1
7	6,8	9	8,8	97,1	97,7
9	8,8	7	6,8	97,7	97,1
11	10,7	5	4,9	97,3	98,0

Для визначення вмісту барвників методом Фіордта було приготовлено 5 модельних сумішей з концентраціями: 3, 5, 7, 9, 11 мкг/мл. Встановлено діапазон концентрацій компонентів, при якому дотримується принцип адитивності оптичних густин. Для реалізації методу Фіордта підібрані довжини хвиль з максимальною відмінністю коефіцієнтів поглинання окремих компонентів. Правильність визначення барвників методом Фіордта варіювала в діапазоні концентрацій від 95% до 106%.

### Література:

1. Заєва А.С., Медведєва Д.Д., Сидорова Л.П. Спектрофотометричне визначення вмісту бінарних сумішей харчових барвників «Понсо 4R» (E124) та «Азорубін» (E122) // III Всеукраїнська науково-методична конференція «Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи» 19 квітня 2018 р., м. Шостка. – С. 13.
2. Волобой А.О., Пльонсак П.П., Сидорова Л. П. Розрахункові спектрофотометричні методи при визначенні вмісту бінарних сумішей барвників E102 та E110 // III Всеукраїнська науково-методична конференція «Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи», 19 квітня 2018 р., м. Шостка. – С. 27.
3. Протасюк Є.В., Сидорова Л.П. Одночасне спектрофотометричне визначення барвників E110 та E124 у напоях методами RatioDifference та MeanCentering // XVII Всеукраїнська конференція молодих вчених та студентів з актуальних питань сучасної хімії, 20-23 травня 2019 р., м. Дніпро.

## ПОТЕНЦИОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОХІНОНУ

Петрушина Г.О.<sup>1</sup>, Бойко Ю.В.<sup>1</sup>, Шевченко А.О.<sup>1</sup>, Вишнікін А.Б.<sup>2</sup>

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

вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

пр. Гагаріна 72, 49050, м. Дніпро

*petrushyna.h.o@dsau.dp.ua*

Молібденовий гетерополіаніон структури Доусона 18-молібдодифосфат-аніон  $P_2Mo_{18}O_{62}^{6-}$  (18-МДФК) є достатньо сильним окисником – реакція з деякими відновниками відбувається майже миттєво, відновлення протікає без деградації 18-МДФК, що дає можливість використовувати його багаторазово. Взаємодія 18-МДФК з різними відновниками відбувається при різній кислотності розчинів. Таким чином, варіювання рН розчину дозволяє визначати декілька речовин у сумісній присутності. Все це обумовлює перспективність його використання як компонента електрохімічного сенсора.

Для створення полімерного композиційного матеріалу (ПКМ) використовували тетрабутиламонійну (ТБА) сіль 18-МДФК, оскільки амонійна сіль  $P_2Mo_{18}O_{62}^{6-}$  добре розчинна у воді і вимивається із композиційного матеріалу (КМ) у водних розчинах. Синтезували ТБА сіль 18-МДФК осадженням надлишком ТБА броміду із концентрованого розчину ГПА.

Як полімерну матрицю використовували поліуретан (ПУ). Не зважаючи на високі технологічні та експлуатаційні характеристики, ПУ не характеризується високою електропровідністю. Для підвищення електропровідності додавали дрібнодисперсний графітовий порошок у кількості 20% до загальної маси КМ. Створений ПКМ наносили на графітовий електрод та висушували на повітрі.

Відомо [1], що реакція відновлення 18-МДФК залежить від рН середовища, оскільки приєднання електронів зумовлює зменшення заряду аніона та призводить до протонування ГПА. Визначено, що при відновленні гідрохінону 18-МДФК оптимальним є рН 6.



Потенціометричне детектування гідрокінону з використанням модифікованого графітового електрода проводили в водному розчині з рН = 6 відносно хлоридсрібного електрода порівняння. Залежність потенціал-негативного логарифму концентрації гідрокінону є лінійною в інтервалі 0,02-10 мМ ( $R^2 = 0,999$ ) з нахилом  $+ 0,070 \pm 0,001$  В.

Межа визначення була знайдена графічно як точка перетину двох екстраполяції градувального графіка і області низьких концентрацій, в якому практично не відбувається зміна потенціалу при зміні концентрації гідрокінону, і склала  $2 \cdot 10^{-5}$  М.

Час відгуку електрода визначали при різних концентраціях АК як час між моментом, коли обидва електроди були опущені в розчин, і коли зміна потенціалу не перевищувала 1 мВ. Час відгуку для різних концентрацій становив 3 – 5 хв.

Для оцінки відтворюваності запропонованого електрода були проведені потенціометричні вимірювання розчинів гідрокінону з різними концентраціями. Проводили вимірювання розчинів від низьких значень концентрацій до високих через 3 хв. після опускання електродів в розчин. Середні значення потенціалів з трьох вимірів і стандартні відхилення наведені в табл. 1. Як видно з табл. 1, електрод володіє достатньою відтворюваністю для визначення гідрокінону.

Таблиця 1. Оцінка відтворюваності графітового електрода, модифікованого 18-МДФК, при визначенні гідрокінону

$C_{\text{гідр.}}, \text{М}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$10^{-3}$
$E_{\text{сєр}} \pm \Delta$	265±4	243±4	221±3	196±4	173±5
Sr, %	1,5	1,5	1,3	1,5	1,9

Оскільки відновлення 18-МДФК відбувається оборотно, без руйнування його структури, можливе багаторазове використання розробленого електрода. Після закінчення вимірювання 18-МДФК, що міститься в електроді, необхідно

регенерувати. Для цього досить витримати електрод у розчині 1%-вого гідроген пероксиду протягом 10 хвилин.

Вплив присутніх деяких неорганічних іонів речовин оцінювали за допомогою константи селективності методом фіксованих [2]. Знайдені константи селективності представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Константи селективності для графітового електрода, модифікованого 18-МДФК

Іон	$K_{A,B}^{pot}$	$-\lg K_{A,B}^{pot}$	Іон	$K_{A,B}^{pot}$	$-\lg K_{A,B}^{pot}$
$Na^+, Ca^{2+}$	$5 \cdot 10^{-5}$	4,3	$Al^{3+}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	3,5
$Zn^{2+}, CH_3COO^-$	$6 \cdot 10^{-5}$	4,2	$PO_4^{3-}, SO_4^{2-}$	$5 \cdot 10^{-4}$	3,3
$Cl^-$	$7 \cdot 10^{-5}$	4,1	$Cu^{2+}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	2,9
$CO_3^{2-}$	$10^{-4}$	4,0	$Fe^{3+}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	2,8
$NH_4^+, Mg^{2+}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	3,8	$Br^-$	$2 \cdot 10^{-3}$	2,7
$NO_2^-, S_2O_3^{2-}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,7	$K^+, Fe^{2+}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,6
$NO_3^-, SO_3^{2-}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	3,6	$F^-, I^-$	$8,6 \cdot 10^{-3}$	2,1

Як видно з табл. 2, запропонований електрод має високу селективність по відношенню до великого числа неорганічних іонів.

Апробацію розробленого електрода проводили при визначенні гідроксінону у природних водах та модельних розчинах.

#### Література:

1. Andriy B. Vishnikin, Hana Sklenářová, Petr Solich, Galina A. Petrushina, Ludmila P. Tsiganok (2011). Determination of ascorbic acid with Wells-Dawson type molybdophosphate in sequential injection system // Analytical Letters, 44(1-3). – PP. 514-527.
2. Richard P. Buck and Erno Lindner. Recommendations for nomenclature of ion-selective electrodes (iupac Recommendations 1994) // Pure & Appl. Chem. – Vol. 66. – No. 12, 1994. – PP. 2527-2536,

УДК 614.7

## ХІМІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВНАСЛІДОК ЕРОЗІЇ ТЕРИКОНІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ В ОКОЛИЦЯХ МІСТА ЧЕРВОНОГРАДА

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

<sup>1</sup>*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

*вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів*

*teacher\_leon@ukr.net*

<sup>2</sup>*Національний лісотехнічний університет України*

*вул. Генерала Чупринки, 103, 79057, м. Львів*

*oksmyakush@gmail.com*

В умовах значного техногенного навантаження, яке відбувається на територіях діяльності підприємств гірничодобувної промисловості, неминуче відбувається забруднення ґрунтів сполуками сірки, азоту, важкими металами (ВМ) та іншими поллютантами. Сукупно з ерозійним виснаженням ґрунтів цей процес негативно впливає на якість сільськогосподарської продукції та призводить до її недобору.

При видобуванні корисних копалин на поверхню землі потрапляють мільйони тонн відходів у вигляді пустих порід, які складують у відвали, причому 75 % цих відвалів – це терикони висотою 50...100 м і більше. Кожен з відвалів займає площу у середньому 2...10 га. Ці об'єкти не тільки займають родючі землі, але й негативно впливають на навколишнє середовище, зокрема тим, що забруднюють атмосферу, водні ресурси та рослинний світ [1].

Метою даного дослідження став аналіз хімічного перетворення ґрунтів поблизу териконів вуглевидобувних шахт внаслідок процесів їх природної ерозії.

Відходи вуглевидобутку, що потрапляють на поверхню, проходять етапи фізичного і хімічного перетворення, щоб пристосуватись до нових термічних умов. У результаті частина твердих відходів розсіюється разом з токсичними елементами, у тому числі й радіоактивними, навколо породного відвалу по зонах у відповідності до індивідуальної швидкості поширення речовин.

Водна ерозія порід відвалів та териконів спричинюється стоком зливових, талих та іригаційних вод, під яким, як правило, розуміють рух води по поверхні і приповерхневому шарі ґрунту.

Великої шкоди ґрунтовому покриву завдає місцева вітрова ерозія, що виникає, в основному, на вітроударних схилах і підвищених елементах рельєфу. Саме тут посилюються вітри невеликої швидкості (менше 6 м/с). Тому локальна (місцева) вітрова ерозія найчастіше виникає при загальній відсутності сильних пилових бур.

Львівсько-Волинський вугільний басейн розташований на північному заході України у верхній течії річки Західний Буг і є південно-східною частиною Люблінського вугільного басейну, що знаходиться на території Польщі. Площа Львівсько-Волинського вугільного басейну – 1400 квадратних кілометрів, протяжність 190 км, середня ширина – приблизно 60 км.

У межах Червоноградського вуглепромислового району зосереджено 70–80% усіх балансових запасів вугілля, більшість діючих шахт і майже всі підготовлені для подальшого промислового освоєння шахтні поля. Тут розміщуються 9 діючих вугільних шахт.

Для відбору проб обрано терикон шахти «Великомостівська – 3» та територія поблизу нього. Відібрано 3 проби ґрунту:

перша – на відстані 5 м від терикону;

друга – на відстані 50 метрів від першої в сторону чистої ділянки території;

третья – на відстані 100 метрів від підніжжя терикону (першої точки).

Проби доводились до повітряно-сухого стану у кімнатних умовах, пакувались у поліетиленові пакети та доставлялись у науково-дослідну лабораторію екологічної безпеки ЛДУ БЖД. Лабораторія атестована на проведення вимірювань у сфері поширення державного метрологічного нагляду (св. атест. № РЛ – 127/17 від 14.11.2017 р.), і виконує цілий ряд екологічних досліджень – аналізи атмосферного повітря, газових викидів, природних та стічних вод, ґрунтів, відходів тощо. Тут із висушених проб ґрунтів готувались водні та сольові витяжки, які досліджувались за стандартними методиками хімічного аналізу [2].

Частина результатів, отриманих у процесі досліджень, вказані у табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні параметри досліджених ґрунтів  
(на 1000 г сухої породи)

Показник	Відстань від терикону, м		
	5	50	100
Гідрогенкарбонати, мг/кг	807	869	905
Нітрати, мг/кг	204	185	180
Фосфати, мг/кг	3,2	3,5	2,1
Хлориди, мг/кг	273	206	210
Сульфати, мг/кг	495	482	460
Кальцій, мг/кг	312	369	347
Магній, мг/кг	62,3	60,4	58,1
Залізо <sub>(зар)</sub> , мг/кг	58,2	50,3	49,5

На підставі проведених досліджень можна стверджувати таке: основну роль при взаємодії стічних шахтних вод з поверхневими, ґрунтовими водами і породами відіграють реакції між і сульфатами і карбонатами (гідрогенкарбонатами), катіонний обмін, а також реакції нейтралізації. Інші реакції (гідратації, гідролізу, карбонатизації) мають другорядне значення.

Самоочищення стічних вод призводить до втрати ними сульфатів і випадання карбонатів, а концентрація хлорид-іона змінюється тільки частково. Стічні шахтні води характеризуються різким домінуванням хімічного стоку над механічним. У складі завислих частинок знаходиться 2,5...6,6% карбонатів, серед яких  $\text{CaCO}_3$  переважає (80,9%). У колоїдах осадів основну роль відіграє поглинання кальцію, натрію, вторинне значення має магній.

Сульфатно-хлоридне засолення ґрунтів збільшується по площі. Окиснені породи характеризуються бурим кольором, який обумовлений гідроксидами й оксидами заліза. На перших стадіях утворення гідроксидів і оксидів заліза процеси ідуть по послаблених зонах породи (по нашаруванню, по тріщинах, порох

тощо), далі переходить на глинисті компоненти в аргілітах і цемент в алевролітах і пісковиках.

Поряд із кислим процесом у відвалах порід відбувається сірчаноокислий процес, оскільки при видобутку вугілля у відвали (терикони) надходить велика кількість сірки (від низькосірчаних – 0,1%, до високосірчаних – 4,1%). Видобуті на-гора породи вміщують сульфідну і вільну сірку; в середньому тут знаходиться 2,2% сірки, у тому числі 2% сірки сульфідної.

Активне виділення агресивних речовин призводить до значного послаблення екологічної рівноваги на територіях розміщення відходів. Не менш серйозною проблемою є неконтрольовані зміни стану самих відвалів, спричинені внутрішніми та зовнішніми чинниками.

Таким чином, на основі експериментальних результатів визначено найбільш екологічно небезпечні чинники териконів внаслідок процесів ерозії – зміни ландшафтно-геохімічного стану території та активізацією геохімічних процесів у ґрунтах – розвитком засолення хлорид- і сульфат-іонами, зростання вмісту нафтопродуктів і сполук заліза.

#### Література:

1. Генік Я.В. Технологічна класифікація порушених екосистем з метою їх ревіталізації // Науковий вісник НЛТУ України. – Вип. 23.3, 2013. – С. 103–108.
2. Дмитриев М.Т. Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. Справочник. М: Химия, 1989. – 348 с.

УДК 621.774.35.016

## НЕДОСКОНАЛІСТЬ МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЛЕЦИТИНУ З ФОСФАТИДНОГО КОНЦЕНТРАТУ

Шунькін І.С., Сухий К.М.

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*619ignat@gmail.com*

Удосконалення технології отримання сухого лецитину є однією з основних тенденцій розвитку харчової промисловості з метою отримання екологічно-чистих продуктів харчування. Лецитин (сукупність фосфоліпідів) є важливим компонентом мембранного апарату клітини; визначає структуру мембрани та її функції; приймає участь у регуляції синтезу та активності ферментів і важливіших метаболічних процесів. Тому дослідження, що спрямовані на удосконалення технології отримання, та отриманого продукту є актуальними.

У промисловості лецитин отримують з побічних продуктів виробництва рослинних олій, таких як соєва, соняшникова, ріпакова, льняна, бавовняна, оливкова. Основними процесами отримання лецитину, які впливають на якість кінцевого продукту, є екстракція ацетоном (більш досконалий метод – ізопропіловим спиртом) фосфатидного концентрату (система рідина - тверде тіло), фільтрація і сушка готового продукту.

Недосконалість методу отримання сухого лецитину полягає у використанні токсичного розчинника, сліди якого залишаються, або майже залишаються у сухому лецитині. Проблему погіршує економічна складова, яка виражена у підтриманні певної температури процесу знежирювання та процесу зберігання, а також регенерації розчинника. Для вирішення питання продуктів з використанням лецитину (з екологічної та економічної сторони) суттєвим є зміна технології (екстрагенту в першу чергу) буде супроводжувати зміну технологічного обладнання.

УДК 631.1

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ  
ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ МЕТОДАМИ АНАЛІЗУ**

**Сокирко М.Ю., Складанюк М.Б.**

*ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»*

*вул. Шевченка, 5, 76018, м. Івано-Франківськ*

*mariasokyrko602@gmail.com*

Рослинні олії у медицині відіграють важливу роль, а саме: у підвищенні імунної системи, нормалізації цукру в крові, регенерації клітин печінки, зниженню холестерину та запобігають серцево-судинним захворюванням.

Було встановлено що недостатнє надходження жиру в організм людини призводить до порушення центральної нервової системи, послаблення імунологічних механізмів, змін шкіряного покриття, нирок, зору, скороченню тривалості життя. Також надлишкова кількість жиру в раціоні харчування призводить до ожиріння, атеросклерозу, жовчно-кам'яного та інших захворювань.

Проведено порівняльний аналіз хімічних показників та жирно-кислотного складу рослинних олій вітчизняного та домашнього виробництва. У даній дипломній роботі розглядаємо найбільш поширенні рослинні олії як: соняшникова, гарбузова, лляна. Оскільки ці олії є загальнодоступними і багаті на Омега-3 (ліноленова кислота – 24-40%), Омега-6 (лінолева кислота – 15-30%) та Омега-9 (олеїнова кислота – 50-60%) поліненасичені кислоти, які ще називають незамінними.

Метою даної роботи було висвітлення сучасних фізико-хімічних методів встановлення контролю якості рослинних олій. Згідно з чинним стандартами, жирнокислотний склад олій визначається методом газової хроматографії. Цим методом досліджуються різноманітні жирні кислоти – із вмістом атомів карбону від 1 до 30 і вище, насичені, розгалужені, ненасичені, цис- і транс-ізомери, оксикислоти. Самі по собі жирні кислоти, особливо вищі, не мають достатньої летючості для проведення газохроматографічного аналізу, тому попередньо переводили їх у летку форму. Пробопідготовка заснована на лужному гідролізі



тригліцеридів до вільних жирних кислот з подальшим отриманням за допомогою реакції етерифікації метилових ефірів жирних кислот. Отримані метилові ефіри хроматографували і визначали їхній склад за часом утримування піків на хроматограмах.

Для визначення показників якості досліджуваних олій використовували стандартні методи. Пероксидне число визначали за ДСТУ ISO 3060:2001 [1], йодне число – за ДСТУ ISO 3961:2004 [2], кислотне число – ДСТУ 4350:2004 [3]. Органолептичні властивості олій оцінювали за зовнішнім виглядом, кольором, запахом та смаком згідно ДСТУ 4536:2006 [4]. Визначення жирнокислотного складу проводили згідно ДСТУ ISO 5509:2002 [5].

Було встановлено, що зразки даних видів олій за показниками пероксидного та йодного числа відповідають нормам ДСТУ 4492:2005 [6].

#### Література:

1. ДСТУ ISO 3960:2001 «Жири та олії тваринні і рослинні. Визначення пероксидного числа».
2. ДСТУ ISO 3961:2004 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення йодного числа».
3. ДСТУ 4350:2004 «Олії. Методи визначення кислотного числа».
4. ДСТУ 4536:2006 « Олії купажовані. Технічні умови».
5. ДСТУ ISO 5509:2002 «Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот».
6. ДСТУ 4492:2005. Олія соняшникова. Технічні умови.

**ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ПІДСОЛОДЖУВАЧА  
СУКРАЛОЗИ У ВИРОБНИЦТВІ КЕКСУ СИРНОГО**

**Аксьонова О.Ф., Губський С.М., Торяник Д.О., Кот С.М.**

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

*вул. Клочківська, 333, 61051, м. Харків*

*aksenova@hduht.edu.ua*

Зростання серед населення захворюваності на цукровий діабет та поява високого відсотку людей із зайвою вагою спонукають промисловість до розробки рецептур борошняних кондитерських виробів із низьким вмістом цукру або із його повною заміною на вискоєфективні підсолоджувачі, такі як сукралоза. Сукралоза (1,6-дихлор-1,6-дидезокси-β-D-фруктофуранози-4-хлор-4-дезоксид-α-D-галактозид) являє собою похідне хлорованої сахарози. Потенційно вона в 600 разів солодше сахарози.

Сукралоза є у продажу як низькокалорійний підсолоджувач під торговою маркою (TM) SPLENDA, що включає в себе інші супутні компоненти і доступний у вигляді гранульованих таблеток і порошку. Ця TM підкреслює можливість використання сукралози як інгредієнта в зростаючому асортименті низькоенергетичних продуктів харчування та напоїв завдяки тому, що сукралоза є стабільною під час температурної обробки та в широкому інтервалі рН [1, 2].

За регламентом європейського союзу № 1333/2008 від 16 грудня 2008 року «Про харчові добавки» сукралоза під кодом E 955 віднесена до функціонального класу «підсолоджувачі», тобто до речовин, що використовуються для надання солодкого смаку продуктам харчування або у столових підсолоджувачах. Максимальний рівень сукралози в здобних булочних виробках може досягати рівня 700 мг/кг продукту, а для дієтичних харчових продуктів максимальної дози 320 мг/кг.

Проведений аналіз літературних джерел показав відсутність вітчизняних публікацій, присвячених технологіям борошняних кондитерських виробів із застосуванням сукралози, що підкреслює актуальність їх розробки. Тому, ме-

тою даної публікації була розробка технології кексу сирного з частковою заміною цукру сукралозою. В якості прототипу було обрано кекс сирний згідно [3]. Рецептурну кількість підсолоджувача на основі сукралози (TM SPLENDA) було вирішено обрати виходячи із заміни 70%, 50% та 30% цукру на сукралозу. Таким чином було сформовано наступні рецептурні композиції чотирьох зразків дослідження (табл. 1). Кекси випікали в силіконових формах, вага кожного кексу до запікання складала 100 г. Кекси випікали при температурі 170 °С протягом 30 хв. Втрата ваги в середньому складала близько 20%.

Проведене органолептичне оцінювання виготовлених зразків дозволило відмітити наступні показники:

- зразок 4 відрізняється більш світлим кольором; він гірше піднявся, ніж інші зразки; м'якушка більш глевка та темна порівняно з іншими зразками;
- зразок 3 мав більш зависоку щільність та відсутність приємної карамельної скоринки;
- всі досліджені зразки були однаковими за солодкістю;
- сторонніх присмаків в жодному із зразків не було виявлено.

В результаті дегустації найбільш придатними було визнано зразки 2 та 3.

Таблиця 1. Рецептурні композиції досліджуваних зразків

Сировина, г	Зразок 1 контроль (на цукрі)	Зразок 2 (заміна цукру 30%)	Зразок 3 (заміна цукру 50%)	Зразок 4 (заміна цукру 70%)
Борошно пшеничне	288,6	288,6	288,6	288,6
Масло вершкове	154,6	154,6	154,6	154,6
Цукор білий кристалічний	329,8	229,3	164,9	98,94
Сир кисломолочний, 9%	258,4	309,0	340,8	372,3
Меланж	165,9	212,9	243,4	269,9
Розпушувач	10	10	10	10
Сукралоза	–	3	5	10
Всього, г	1207,3	1207,3	1207,3	1207
Вихід, г	1000	1000	1000	1000

Таким чином було відзначено, що заміна цукру у виробі більше 50% – є непридатною для цього виду борошняних кондитерських виробів.

На підставі проведених досліджень розроблено принципову технологічну схему виробництва кексу сирного із сукралозою (рис. 1), що передбачає наступні етапи: підготовку сировини до виробництва; приготування суміші вершкового масла, цукру, меланжу та гомогенізованого сиру кисломолочного; просіювання борошна; приготування суміші борошна, розпушувача, сукралози та її ретельне перемішування; змішування та перемішування масляної суміші та суміші сухих речовин; розкладання у форми та випікання за температури 170 °С протягом 30 хв.

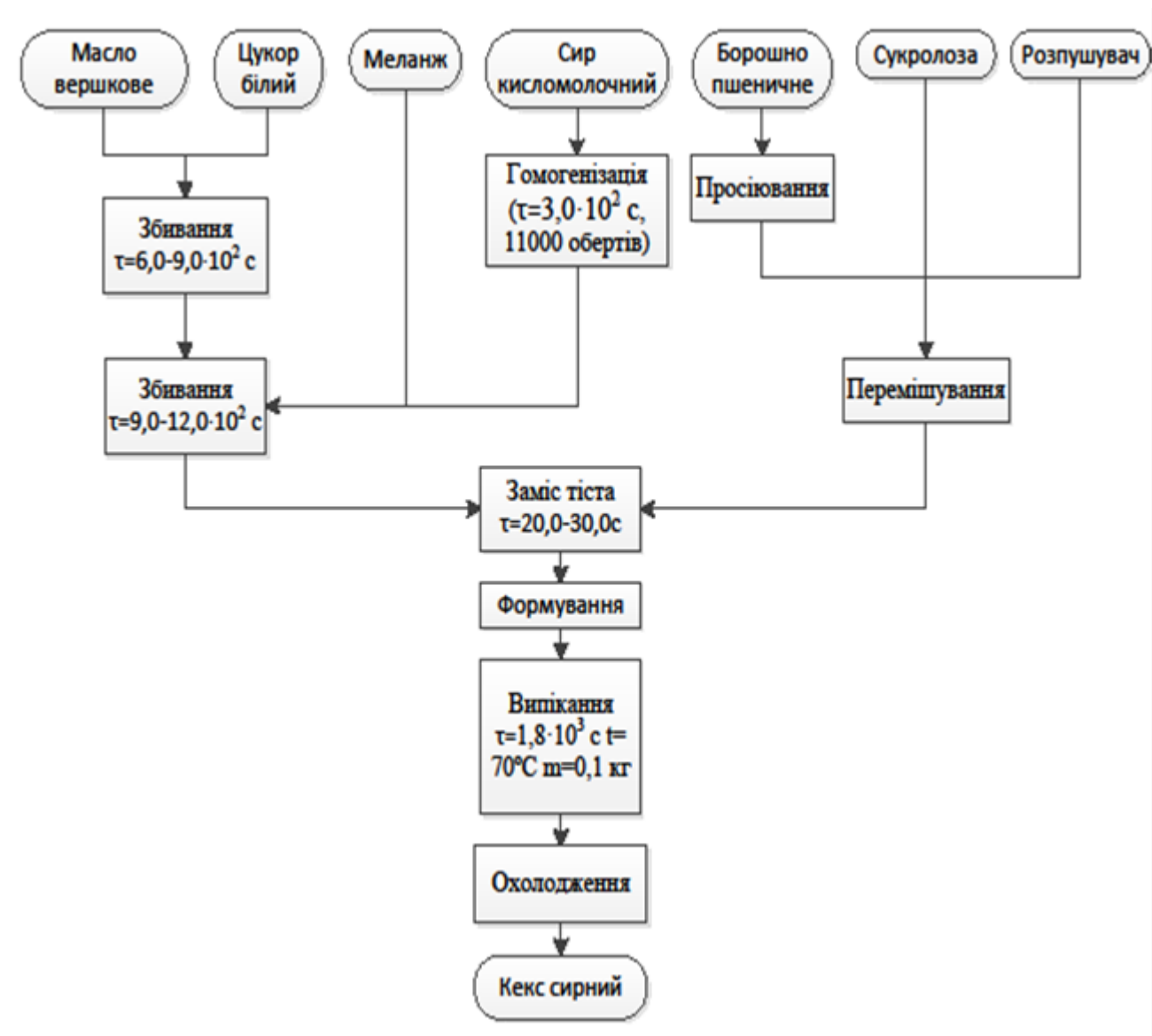


Рис. 1. Технологічна схема виробництва кексу сирного

Таблиця 2. Розрахунок енергетичної цінності отриманих кексів сирних

Вміст, г/1000 г	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Білки	93,9	108,3	117,2
Жири	173,6	183,1	189,3
Вуглеводи	542,0	444,3	380,1
Енергетична цінність/ калорійність, кКал/1000 г рецептурної суміші	4101,8	3857,2	3693,1

У табл. 2 наведено розрахунок енергетичної цінності отриманих кексів сирних. Отриманий продукт містить більше білків, має меншу кількість вуглеводів та меншу калорійність. Слід зазначити, що кількість жиру зростає незначною мірою за рахунок введення більшої кількості сиру кисломолочного та меланжу, але це не можна вважати недоліком запропонованої технології.

Таким чином, в результаті дослідження було розроблено технологію виробництва кексу сирного із сукралозою. Досліджені органолептичні показники цього продукту показали недоцільність заміни більше ніж на 50% у рецептурному складі цукру білого кристалічного на сукралозу. Відзначено, що вміст сукралози у десерті не перевищує вимоги нормативних документів. Проведений розрахунок енергетичної цінності отриманого сиркового десерту вказує на зменшену калорійність продукту в порівнянні з контрольним зразком на цукрі.

#### Література:

1. Barndt R. L., Jackson G. Stability of sucralose in baked goods // Food Technol. – № 44(1), 1990. – PP. 62-66.
2. Binns N. M. Sucralose: Alt sweeteners and light // Nutr. Bull. BNF. – №29(1), 2003. – PP. 53-58.
3. Павлов А.В. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. СПб: Гидрометеиздат, 1998. – 252 с.

**ЗМІНИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ М'ЯТИ ПЕРЦЕВОЇ  
ПІСЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ТА КРІОГЕННОГО ЗБЕРІГАННЯ**

**Зарецька Д. К., Сердюк М. Є.**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

*пр. Богдана Хмельницького, 18, 72312, м. Мелітополь*

*dakafenageeva@gmail.com*

М'ята перцева – *Mentha piperita L.* є природним гібридом м'яти водяної *Mentha aquatica L.* та м'яти колоскової (м. зелена) – *Mentha spicata Gilib* (*M. viridis L.*) [1, 2, 3].

Вона вважається однією з найвідоміших пряноароматичних і лікарських рослин, яка знаходить своє застосування не тільки в медицині, але і в кондитерській, консервній промисловості. М'ята є невід'ємним компонентом ароматного чаю.

Відомо, що надземна частина м'яти перцевої містить флавоноїди, серед яких ідентифіковані: еріоцитрин, нарірутин, гесперидин, ізохоіфолін, діосмин, ментозид, неваденсин, гіменоксин, ментакубанон, фенолкарбонові кислоти наведені похідними гідроксикоричної кислоти [1, 3].

У листі рослини міститься до 2,8% етерної олії, в квітках її набагато більше – до 6%. Крім того, присутні дубильні речовини і смоли, флавоноїди, серед яких гесперидин і рутин, органічні кислоти (кавова, хлорогенова, урсолова, олеанолова), фітостероли, моносахарид рамноза, глюкоза і сапоніни. Етерна олія м'яти перцевої багата ментолом, карвакролом, терпіненом, лімоненом, гераніолом, цитральом та іншими речовинами, що зумовлюють її анальгезуючий і тонізуючий ефект [4].

Вітамінний склад представлений вітамінами А (203 мкг), С (13 мг), РР (0,9 мг) і групи В (В1 – 78 мкг, В2 – 175 мкг, В5 – 250 мкг, В6 – 158 мкг і В9 – 105 мкг).

З метою подовження періоду споживання зелень м'яти заморожують або сушать. Під час висушування м'ята втрачає більшість вітамінів і етерних олій. Заморожування вважається більш ефективним способом збереження біологічноактивних речовин у м'яті, ніж сушіння [5].

Метою проведених досліджень було вивчення впливу заморожування на зміни хімічного складу м'яти перцевої.

Процес заморожування зелені м'яти складався з наступних технологічних операцій: миття, сортування, відділення листя від стебел, фасування, заморожування за температури  $-30^{\circ}\text{C}$ . Заморожену зелень зберігали за температури  $-18^{\circ}\text{C}$ . Результати дослідження наведені у таблиці 1.

Наведені результати свідчать, що зміни хімічного складу замороженої зелені починаються вже під час заморожування та продовжуються протягом криогенного зберігання.

Таблиця 1. Хімічний склад зелені м'яти

Варіант	Вміст компонентів				
	Цукри, %	Кислоти, %	Вітамін С, мг/100г	Фенольні речовини, мг/100г	Хлорофіли, мг/100г
Свіжа	2,88±0,11	0,60±0,07	4,44±0,41	206,91±2,61	198,65±0,77
Після заморожування	2,66±0,13	0,56±0,04	4,33±0,32	197,23±1,62	193,72±0,58
Після 3 місяців зберігання	1,65±0,03	0,43±0,04	3,71±0,34	176,27±1,97	190,77±0,44

Відразу після заморожування вміст цукрів в зелені м'яти зменшувався внаслідок витрати їх на дихання, яке посилюється як відповідна реакція рослинної клітини на зниження температури. Втрати цукрів становили 7,6% після заморожування та 42,7% через 3 місяці криогенного зберігання. Втрати кислот були 6,7% та 28,3% відповідно. Вміст вітаміну С знизився на 2,3% після заморожування та 15,9% після тримісячного криогенного зберігання. У змінах фенольних речовин та хлорофілів спостерігається аналогічна динаміка. Загальні втрати

фенольних речовин після 3 місяців низькотемпературного зберігання становили 14,8%, хлорофілів – всього 3,9 %.

За літературними даними відомо, що втрати в поживних речовин сушеної м'яти знаходяться на рівні: цукрів – 45...50%, аскорбінової кислоти 40...55%, хлорофілів – 20...25%.

Таким чином, в заморожених листях м'яти краще зберігаються смакові та біологічноактивні речовини. З погляду на це, заморожування є більш ефективним методом консервування зелені м'яти, ніж сушіння.

#### Література:

1. Попова Н. В., Литвиненко В. И. Лекарственные растения мировой флоры. Харьков: СПДФЛ, Т. 510. – 2008.
2. Wwhlt, M.. Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals. / M. Wwhlt, N.G. Bisset, Stuttgart: Medpharm Sdentific PubUshers, 1994. – 566 p.
3. World Health Organization. WHO monographs on selected medicinal plants // Geneva. – Vol. 2, 2002. – 356 p.
4. Аннамухаммедова О. О., Аннамухаммедов А. О. Лікарські рослини: навч. посібник, 2014.
5. Кочергина Е. М., Карлина А. В. Сушка и замораживания зелени мяты //Агропромышленный комплекс: контуры будущего, 2018. – С. 87-90.



## ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІЛКОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ ТА ІЗОЛЯТІВ

**Сова Н.А., Максименко Л.А., Коваленко Н.В.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро*

*sova.n.a@dsau.dp.ua, dneprgoldi9@gmail.com, natalikovalenko262@gmail.com*

Сучасна економічна ситуація характеризується зростанням дефіциту продовольства у світі. У зв'язку з цим актуальним залишається більш раціональне використання традиційної сировини, а також пошук нових її видів. Для виробництва харчових білків широко використовують шроти олійних культур. Насіння переважної більшості олійних культур характеризується високим вмістом білків, а після вилучення з нього олії масова частка білків у шротах та макусі стає ще більш суттєвою (табл. 1). Крім високої масової частки, білки насіння олійних культур характеризується також високою біологічною цінністю, яка в основному оцінюється за вмістом незамінних амінокислот [1].

Таблиця 1. Порівняльний вміст білків в насінні та шротах деяких олійних культур

Культура	Вміст білків, % на суху речовину	
	Насіння	Шроту
Соя	39–45	45–50
Соняшник	14–20	37–40
Ріпак	22–25	39–41

Відомі дослідження Носенко Т.Т. та інших з вилучення білків із шротів гарбузового насіння, соняшнику, сої, та ріпаку [1–3]. Як свідчать літературні дані, гарбузове насіння характеризується високим вмістом білків, які можна використовувати як харчові. Особливо враховуючи той факт, що насіння сої, яке в наш час є головним чином сировиною для одержання харчових білків, останнім часом переважно одержують із генетично модифікованих об'єктів. Важливим по-

казником якості білкових ізолятів є їх розчинність у воді. Висока розчинність у воді забезпечує можливість використання таких білкових добавок у виробництві багатьох харчових продуктів. Білкові ізоляти, які мають високу розчинність, мають також високу емульгуючу та піноутворюючу здатність, що можна використовувати для виробництва напоїв, харчоконцентратів тощо [2].

Конопляний протеїн є одним з найбільш засвоюваних рослинних білків. Конопляний білок в основному складається з едестіна (глобуліну) та альбуміну. Світові виробники насіння конопель позиціонують його в якості унікального джерела білку. За даними вчених, які досліджували амінокислотний склад та фізико-хімічні властивості насіння канадських сортів конопель, відсоток перетравлення білка вище в порівнянні із соєвим білком. Термічна обробка конопляного протеїну лише на 10 % зменшує засвоєння білка [4].

У якості нетрадиційної рослинної сировини використовують перспективний новий вид сировини – шрот амаранту, який містить 17–18 % високоякісного білка, збалансованого за амінокислотним складом [5].

Гороховий протеїн характеризується особливо високим вмістом аргініну – майже 7 % в 100 г продукту. Він також багатий лізином. Гороховий білок має прекрасну схильність до емульгування і легко диспергується без піноутворення. Крім того, в процесі екстракції усувається більшість молекул, що відповідають за сторонні присмаки. Тому гороховий білок являється перспективним інгредієнтом для харчової промисловості в широкій області застосування і як самостійний продукт, і в якості добавки для покращення поживних та функціональних якостей кінцевого продукту. Гороховий протеїн може бути використаний не лише в якості альтернативи м'яса, а й при приготуванні багатьох страв, наприклад, в якості заміни яєчного білка у випічці, макаронних виробках, морозиві [6]. Рослинні білки, що отримують з рослин сімейства бобових, широко використовуються в багатьох категоріях продуктів [7].

Відомий спосіб отримання білкового концентрату з білого люпину [8]. В технологіях білкових ізолятів та концентратів можна застосовувати білок кореня селери, який багатий на амінокислоти – аргінін, гістидин, лізин, аланін [9].

Результати експериментальних даних зарубіжних і вітчизняних учених свідчать, що в надземній частині буряків міститься значна частина білка (від 1,5 до 3,1 %), при чому вона переважає вміст білка у коренеплодах. Тому, білок буряків та їхньої надземної частини може стати істотним джерелом протеїну в раціоні харчування людини [10].

Перспективним є застосування білкових концентратів та ізолятів із наведеної сировини у харчових технологіях. Актуальними в наш час є дослідження технологій протеїнових батончиків, які мають великий попит серед спортивного харчування.

#### Література:

1. Носенко Т.Т. Розвиток технології та перспективи виробництва харчових білків із шротів олійних культур // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків. – №43, 2008. – С. 63–68.

2. Носенко Т.Т., Громова О.М., Подоляко Н.В. Фізико-хімічні та технологічні властивості олії та білкових ізолятів, одержаних із гарбузового насіння // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків. – №3, 2008. – С. 51–53.

3. Носенко Т.Т. Одержання білкового ізоляту із соняшникового шроту за допомогою протеолітичного ферменту // Наукові праці Національного університету харчових технологій. Київ. – №47, 2012. – С. 96–101.

4. Сова Н.А., Луценко М.В., Єфімов В.Г., Кургалін С.М. Характеристика сипких конопляних продуктів // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків. – №45(1321), 2018. – С. 207–213.

5. Спосіб одержання харчового білка з рослинної сировини: пат. 29197 Україна: МПК А23J 1/14. №5 2000 11083; заявл. 29.01.1998; опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5. – 4 с.

6. Хрулёв А.А., Бесчетникова Н.А., Федотов И.А. Тенденции развития и экономические аспекты производства горохового протеина // Пищевая промышленность. Москва. – №4, 2016. – С. 24–29.

7. Жупанова Д.О., Радзієвська І.Г. Огляд альтернативних джерел отримання функціональних білкових продуктів // Практика і перспективи розвитку еногастрономічного туризму: світовий досвід для України: Матеріали Міжн. наук.-практ. онлайн конф., м. Київ, 17 травня 2018. – С.153–156.

8. Спосіб одержання білкового концентрату з білого люпину: пат. 121571 Україна: МПК А23J 1/14 (2006.01). №u2017 06141; заявл. 16.06.2017; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23. 3 с.

9. Авдєєва Л.Ю. Вдосконалення технології комбінованих м'ясних продуктів з використання рослинних білків: автореф. дис. ... канд.техн.наук: 05.18.04. Київ, 2003. – 17 с.

10. Сімахіна Г.О., Солодко Л.М. Дослідження надземної частини буряків як джерела харчового протеїну // Наукові праці Національного університету харчових технологій. Київ. – №3 (20), 2014. – С. 206–213.

### **УДК 636.087.3**

## **МЕТОДИ ОБРОБКИ СОКІВ АМОРАНТУ ТА ЛЮЦЕРНИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ КОРМОВИХ ДОБАВОК**

**Чурсінов Ю.О., Ковальова О.С., Калина В.С.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро*

*tzpsgp@gmail.com*

При годівлі молодняку свиней, телят і особливо птахів, використовують біологічно-активні добавки в раціонах стартерних кормів. Нами розробляється технологія отримання натуральних біологічно-активних добавок з біомаси зелених рослин аморанту та люцерни в найбільш кращій стадії вегетації, коли в соках маємо максимальну кількість поживних речовин, вітамінів та каратиної-

дів. Рослини подрібнюються і з пульпоподібної маси відділяється сік та залишаються віджимки, в складі яких міститься в основному клітковина.

Біологічно-активні добавки виробляються з соку, який необхідно переробити, можливо декількома методами.

Для того, щоб виділити з рідини сік рослин біологічно-активні добавки, необхідно провести зміни рН соку, тобто з нейтрального, необхідно зробити кисле середовище, отримати видержку і осадження згустку. Після фільтрації згустку можливо отримати біологічно-активні речовини та фільтрат, або сироватку, яка з'являється відходом.

Однак тільки кислотний метод не дозволяє виділити з соку рослин всі цінні речовини; білки в яких існують амінокислоти; вітаміни; каротин та інші. Тому нами проведені дослідження по комбінованому методу згортання згустків з соку з використанням зміни рН та термообробкою до температури коагуляції хлоропластових і цитоплазматичних білків. Такий метод дозволяє збільшити вихід біологічно-активних кормових добавок з одиниці об'єму соку та прискорити процес, що з'являється важливим для подальшої переробки соків при проведенні дослідно-промислових досліджень.

Хіміко-технологічний контроль лабораторних процесів передбачає:

- обов'язковий контроль сировини зелених рослин, що переробляється;
- контроль за виконанням режимів обробки соку;
- контроль і врахування обсягу та складу додаткових продуктів, які виявляються при одних або других методах обробки;
- контроль якості виділених біологічно – активних добавок;
- контроль чисельних витрат сировини і виходу готової продукції.

При визначенні цих параметрів можливо змоделювати технологічний процес з визначенням основних режимних, кількісних та технологічних параметрів.

УДК 577.1+577.11+577.2+581.1

**ЗАСТОСУВАННЯ ІВІНУ, МЕТІУРУ ТА КАМЕТУРУ ДЛЯ РЕГУЛЯЦІЇ РОСТУ РОСЛИН КУКУРУДЗИ (*ZEA MAYS L.*) СОРТУ ДІАЛОГ ФАО 300**

**Циганкова В.А., Волощук І.В., Андрусевич Я.В., Штомпель О.І.,**

**Копіч В.М., Ключко С.В., Броварець В.С.**

*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України*

*вул. Мурманська, 1, 02094, м. Київ*

*vTsygankova@ukr.net*

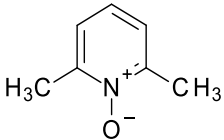
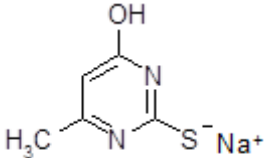
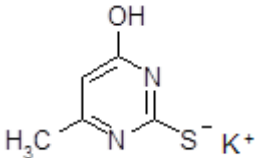
Актуальною проблемою сучасної аграрної галузі є розробка нових ефективних екологічно безпечних регуляторів росту рослин синтетичного походження, які виявляють подібну природним гормонам рослин регулюючу активність, що дозволяє покращити ріст та розвиток рослин, підвищити їх врожайність, посилити захисні властивості рослин від стресових факторів абіотичного та біотичного походження за зниження використання високотоксичних хімічних засобів захисту.

Метою нашої роботи є дослідження впливу синтетичних низькомолекулярних гетероциклічних сполук, похідних піридину – Івіну, та піримідину – Метіуру та Каметуру, синтезованих в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П.Кухаря НАН України, на ріст та розвиток рослин кукурудзи (*Zea mays L.*) сорту Діалог ФАО 300, яка належить до економічно важливих зернових та олійних культур [1-4].

У лабораторних умовах проводили порівняльний аналіз рістрегулюючої активності піридину – Івіну (N-оксид-2,6-диметилпіридину), та похідних піримідину – Метіуру (6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину натрієвої солі) та Каметуру (6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину калієвої солі) (табл. 1).

Проведений відповідно методам [5, 6] статистичний аналіз морфометричних показників 3-х тижневих рослин кукурудзи (*Zea mays L.*) сорту Діалог ФАО 300 свідчить про позитивний вплив похідних піридину – Івіну, та піримідину – Метіуру та Каметуру, застосованих у концентрації у водному розчині  $10^{-7}$ М, на покращення росту та розвитку рослин кукурудзи протягом 3-х тижнів,

Таблиця 1. Хімічні структури досліджених хімічних сполук:  
похідних піридину – Івіну, та піримідину – Метіуру та Каметуру

Сполука №	Структурна формула	Назва та молекулярна маса
1		<b>Івін</b> (N-оксид-2,6-диметилпіридину)  MW=125.17
2		<b>Метіур</b> (6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину натрієва сіль)  MW=165.17
3		<b>Каметур</b> (6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину калієва сіль)  MW=181.28

порівняно з аналогічними показниками контрольних рослин кукурудзи, вирощених на дистильованій воді (рис. 1).

Встановлено, що похідний піридину – Івін та похідні піримідину – Метіур та Каметур, застосовані у концентрації у водному розчині  $10^{-7}$ М, стимулювали приріст довжини пагонів (мм) на рослинах кукурудзи на 119%, 103% та 47%, відповідно; кількість листків (шт) на рослинах під впливом цих хімічних сполук збільшувалась на 8%, 14% та 19%, відповідно; маса коренів (г) зростала на 12%, 10% та 67%, відповідно; кількість коренів (шт) на рослинах зростала на 107%, 91% та 196%, відповідно; загальна довжина коренів (мм) на рослинах збільшувалась на 7%, 7% та 106%, відповідно, порівняно із показниками контрольних рослин кукурудзи. За показником приросту довжини найдовшого кореня (мм) на рослинах кукурудзи найвищу стимулюючу активність виявив похідний піримідину – Каметур, застосований у концентрації у водному розчині  $10^{-7}$ М,

під впливом цієї сполуки довжина найдовшого кореня (мм) на рослинах збільшувалась на 30%, порівняно із аналогічним показником контрольних рослин.

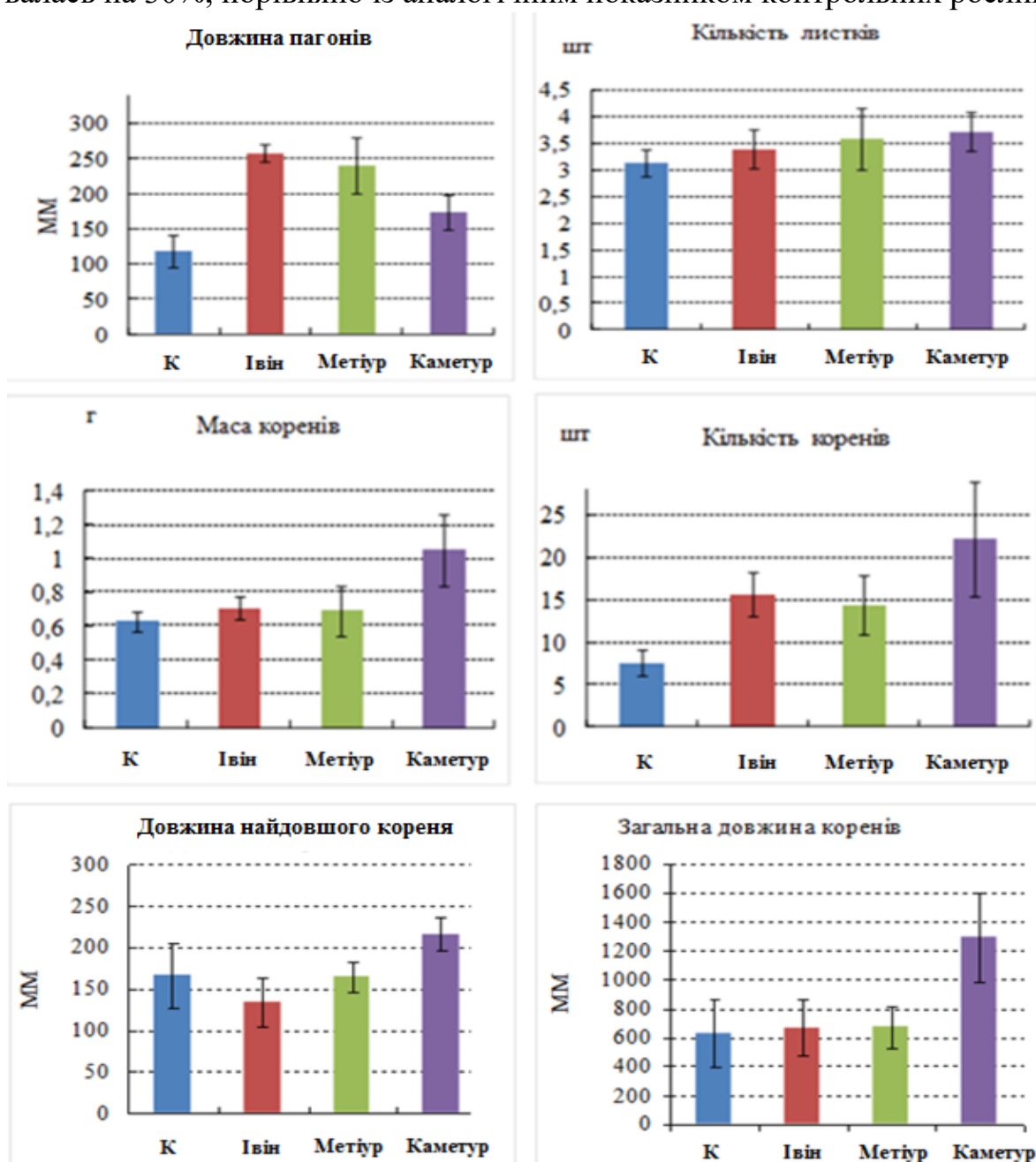


Рис. 1. Вплив похідного піридину – Івіну та похідних піримідину – Метіуру та Каметуру (діюча концентрація усіх хімічних сполук у водному розчині  $10^{-7}$  М) на морфометричні показники 3-тижневих рослин кукурудзи (*Zea mays* L.) сорту Діалог ФАО 300, порівняно з контрольними рослинами (К), вирощеними на дистильованій воді

Досліджено згідно методу [7] вплив похідного піридину – Івіну, та похідних піримідину – Метіуру та Каметуру на вміст загального розчинного білку в листках



рослин кукурудзи (*Zea mays* L.) сорту Діалог ФАО 300. Проведені дослідження показали позитивний вплив похідного піримідину – Метіуру, застосованого у концентрації у водному розчині  $10^{-7}$ М, на підвищення вмісту загального розчинного білку у листках 3-тижневих рослин кукурудзи на 7%, відповідно, порівняно із показниками контрольних рослин. Похідний піридину – Івін та похідний піримідину – Каметур не виявили стимулюючого впливу за цим показником, вміст загального розчинного білку у листках 3-тижневих рослин кукурудзи майже не змінювався, порівняно з показником контрольних рослин.

Проведені дослідження показали можливість застосування похідних піридину – Івіну, та похідних піримідину – Метіуру та Каметуру у концентрації у водному розчині  $10^{-7}$ М як нових ефективних регуляторів для поліпшення росту та розвитку рослин кукурудзи (*Zea mays* L.) сорту Діалог ФАО 300.

#### Література:

1. Milind P. Zea maize: a modern craze / P. Milind, D. Isha // Int. Res. J Pharm – Vol. 4. – № 6, 2013. – PP. 39-43.
2. Shah T.R. Maize-A potential source of human nutrition and health / T.R. Shah, K. Prasad, P. Kumar // A review Cogent Food & Agriculture –Vol. 2, 2016. – P. 1166995.
3. Pimentel D. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower / D. Pimentel, T.W. Patzek // Nat. Resour. Res. – Vol. 14. – № 1, 2005. – PP.65-76.
4. Dhugga K.S. Maize Biomass Yield and Composition for Biofuels / K.S. Dhugga // Crop Sci. – Vol. 47. – № 6, 2007. – PP. 2211-2227.
5. Voytsehovska O.V. Plant Physiology: Praktykum / O.V. Voytsehovska, A.V. Kapustyan, O.I. Kosik, M.M. Musienko, O.P. Olkhovich, O.O. Panyuta, T.V. Parshikova, P.S. Glorious // Ed. Parshikova T.V.- Lutsk: Teren., 2010. – 420 p.
6. Bang H. Statistical Methods in Molecular Biology. Series: Methods in molecular biology / H. Bang, X.K. Zhou, H.L. van Epps, M. Mazumdar (Eds.) – New York: Humana press – Vol. 13. – № 620, 2010. – P. 636.
7. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry. – Vol.72, 1976. – PP. 248-254.

## ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ

Науменко О.П., Кулініч М.А.

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*olexandr.p.naumenko@gmail.com*

Епідемія коронавірусу COVID-19 породила чимало тривожних запитань, серед яких особливе місце займає безпечність вживання харчових продуктів. Заяви Європейського органу з безпеки харчових продуктів (EFSA) і Управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів США (FDA) спростовують наявність будь-яких відомих випадків небажаного впливу. На думку американських вірусологів, дотримання багатоступеневого миття та контролювання вважається достатньо надійним захистом від потрапляння інфекції у ретельно упакований харчовий продукт, на відміну від прямого контакту з продавцем супермаркету або доставщиком продуктів чи готової їжі [1].

Але, наскільки можлива довіра нагляду структур, підлеглих виробникові, та реалізації багатоступеневого миття та контролю? Українські харчові виробники, особливо малі, поступово повинні вирішити проблему нестачі води [2]. Нестачу технологічної води дозволяє заповнити реалізація технології “ЗРУЧНА ЇЖА” [3], однак потребує зміни існуючого обладнання на новітнє, що вловлює конденсат.

### Література:

1. Коронавірус і продукти харчування: чи є привід для занепокоєння? // Режим доступу: <<https://vitaverde.com.ua/2020/03/30/koronavirus-i-produkti-harchuvannya-chi-ye-privid-dlya-zanepokoynnya>>.
2. В Україні очікується гостра нестача питної води // Режим доступу: <<https://podrobnosti.ua/2345352-v-ukran-ochkutsja-gostra-nestacha-pitno-vodi.html>>.
3. Концепція “ЗРУЧНА ЇЖА”, це значно більше, ніж спрощення технології повсякденного харчування / О.П.Науменко, М.О.Науменко // Економічний вісник. – Дніпро: ДНВЗ УДХТУ – №1(7), 2018. – С.132-138.

## *Секція 3*

---

*Актуальні проблеми синтезу,  
структури та реакційної  
здатності органічних  
та елементоорганічних сполук*

---

**SYNTHESIS OF ISOMERIC METHYL [1,3]OXAZOLO[4,5-B]PYRIDINE  
CARBOXYLATE AND [1,3]OXAZOLO[4,5-B]PYRIDINE  
CARBOXYLIC ACID**

**Tolkunov V.S., Tolkunov A.S., Smirnova O.V., Tolkunov S.V.**

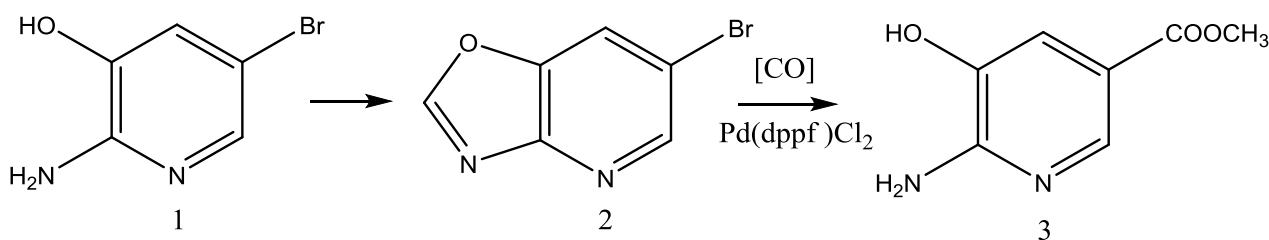
*L.M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry*

*50 Kharkivske shose, 02160 Kyiv, Ukraine*

*s\_tolkunov@yahoo.com*

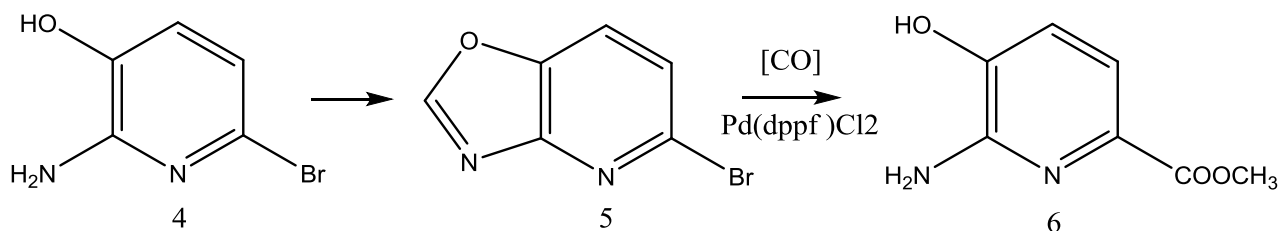
Oxazolopyridines were reported as a potent anti-inflammatory, antipyretic, analgesic and antifungal agents. These compounds also find their application as pesticides and dyes. The synthesis of oxazolo[4,5-b]pyridines are based on the reaction of acid-catalytic heterocyclization of the corresponding derivatives of 2-amino-3-oxypyridines. But introducing a carboxylic group into an [1,3]oxazolo[4,5-b]pyridines is difficult. Methyl 2-R-[1,3]oxazolo[4,5-b]pyridine-6-carboxylate (7) and methyl 2-R-[1,3]oxazolo[4,5-b]pyridine-5-carboxylate (8) are still not described in the literature. We planned to prepare compounds (7) and (8) according to Scheme 1 by carbonylation of 6-bromo-[1,3]oxazolo[4,5-b]pyridines.

However, it was shown that carbonylation of 2-R-6-bromo-oxazolo[4,5-b]pyridines with carbon monoxide in the presence of [1,1'-bis (diphenylphosphino) ferrocene] dichloropalladium ( $\text{Pd}(\text{dppf})\text{Cl}_2$ ) and triethylamine in methanol leads to methyl 2-amino-3-hydroxypyridine-5-carboxylate instead of the expected methyl [1,3]oxazolo[4,5-b]pyridine-6-carboxylate.



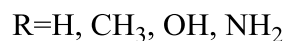
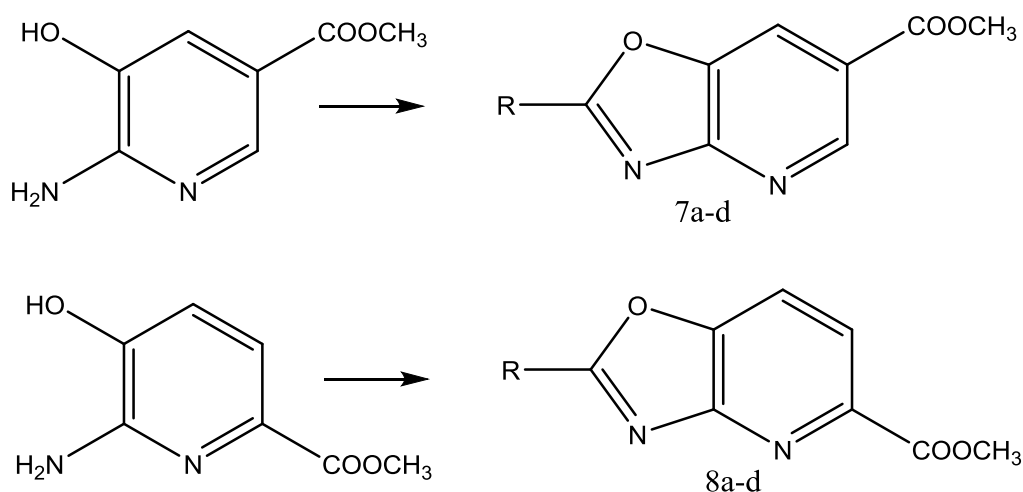
Scheme 1

We observed a similar ring opening during carbonylation of 5-bromo[1,3]oxazolo[4,5-b]pyridine (5).



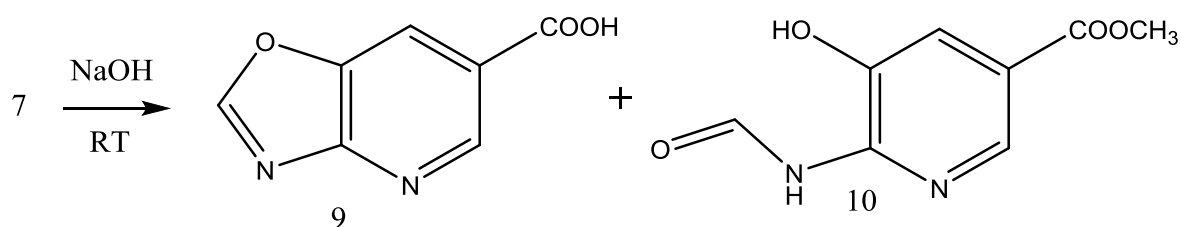
Scheme 2

Esters of 2-amino-3-hydroxypyridine-5-carboxylic acids (3,6) were obtained respectively in 90% and 82% yields. Esters of 2-amino-3-hydroxypyridine-5-carboxylic acids (3,6) are readily converted to the corresponding [1,3]oxazolo[4,5-b]pyridines (7,8) by heating with orthoesters, carbonyl diimidazole, or bromocyanide (Scheme 3). This two-step procedure gave a higher yield of [1,3]oxazolo[4,5-b]pyridines (7,8).



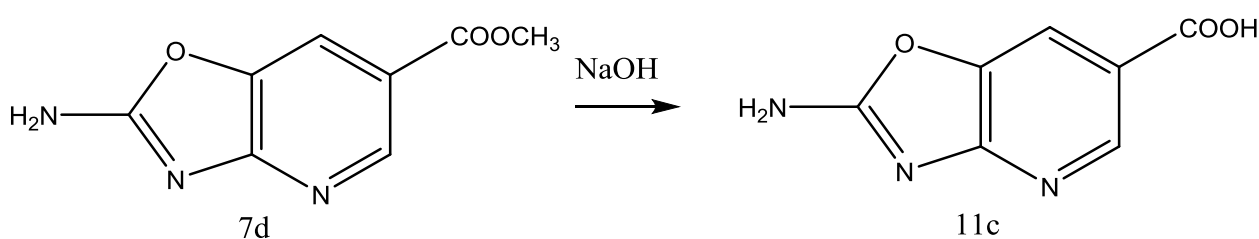
Scheme 3

All attempts of hydrolysis of carboxymethyl group in compounds (7,8) were unfruitful. The alkaline hydrolysis of derivatives (7,8) afforded a mixture of the expected acid (9) in a low yield and pyridine derivative (10), resulting of an oxazole ring opening.



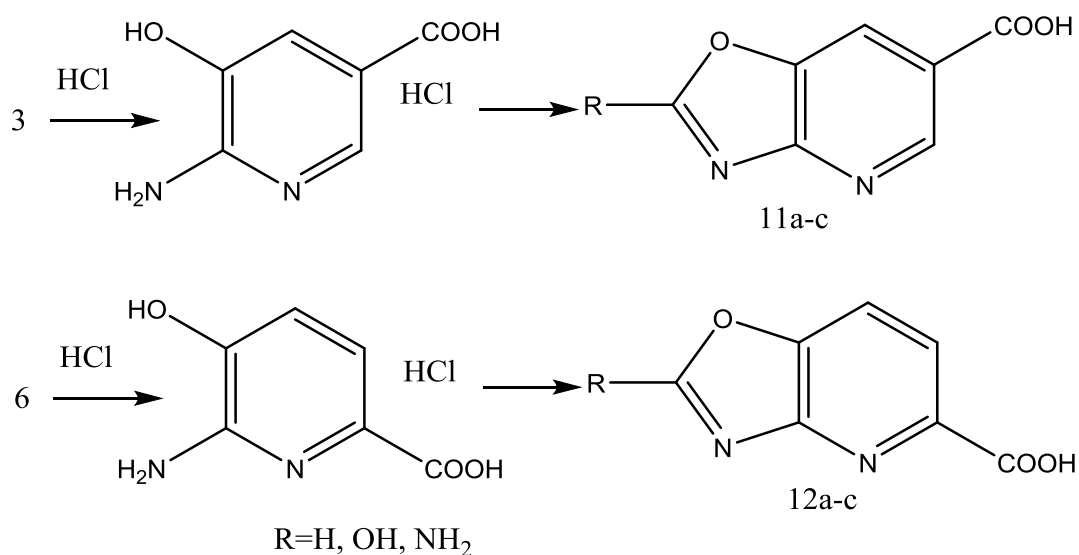
Scheme 4

Only in methyl 2-aminooxazolopyridine-6-carboxylate (7d) oxazole ring was resistant to alkaline hydrolysis and the corresponding acid was obtained in a high yield.



Scheme 5

The desired compounds (11) and (12) were obtained using the same procedure reported for compound (7) and (8) (Scheme 6).



Scheme 6

The structure of all compounds were confirmed by <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C NMR and LCMS data.

## ВНУТРІШНЬОХІРАЛЬНІ КАЛІКС[4]АРЕНОЦТОВІ КИСЛОТИ: СИНТЕЗ ТА ЕНАНТІОРОЗДІЛЮЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ

Трибрат О.О, Осіпова А.О., Єсипенко О.А., Кальченко В.І.

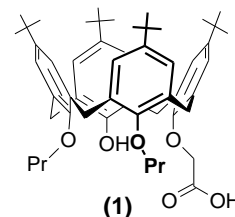
*Інститут органічної хімії НАН України*

*вул. Мурманська, 5, 02660, м. Київ*

*esipenko@ioch.kiev.ua*

В останні роки розроблено ряд ефективних препаративних методів одержання внутрішньохіральних каліксаренів в оптично чистій формі і такі сполуки стають більш доступними. Тому на порядок денний виходить вивчення їх прикладних властивостей. І в першу чергу – можливості енатіоселективного зв'язування хіральних молекул-гостей.

В попередніх роботах нами було синтезовано оптично чисті форми внутрішньохіральної дипропілокси-калікс[4]ареноцтової кислоти (1) [1] і визначено, що вони енатіоселективно зв'язують *R*- або *S*-форму амінокислот [2]. Разом з тим, молекулярне моделювання показало, що довжина пропільної групи біля карбоксильного фрагмента недостатня для ефективного екранування центрів зв'язування. Для детального вивчення впливу на стереоселективність зв'язування довжини та порядку розміщення замісників на макроциклічній платформі ми замінили одну з пропільних груп на довшу, октильну, та одержали всі три можливі ізомерні структури пропілоксиоктилокси-калікс[4]ареноцтової кислоти (2).



Сполуки (2) були синтезовані послідовним регіоселективним алкілуванням пара-*трет*-бутил-тетрагідрокси-калікс[4]арену (3). На першій стадії було проведено моноалкілування каліксарену (3) [3] і одержано похідні з пропільною (4а) або октильною (4б) групою (Схема 1). На другій стадії в умовах дистального алкілування [4] з використанням бромистого пропілу або оптично чистої форми хіального фенілетиламіду бромцтової кислоти синтезували 1,3-ді-

алкіл-калікс[4]арени (5а-в) з різною комбінацією замісників на нижньому вінці макроциклу.

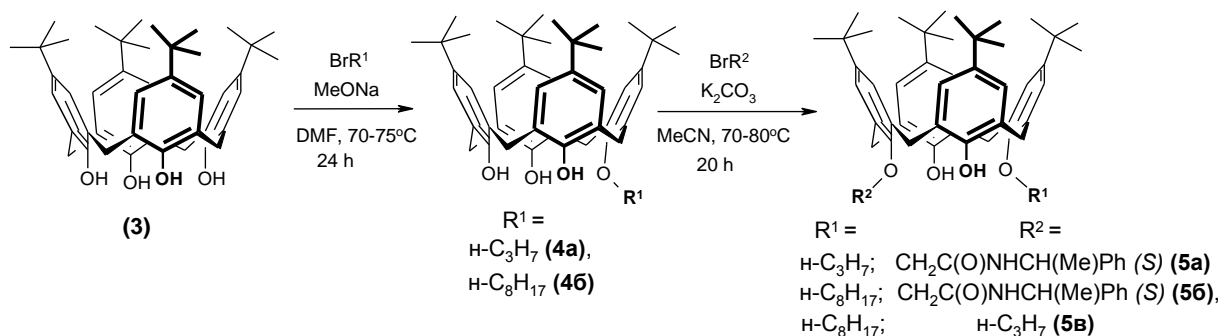


Схема 1

На третій стадії проводили алкілювання в розчині ДМФА в присутності основи гідроксиду барію [1] (Схема 2). В таких умовах заміщується лише один з двох вільних гідроксилів і утворюється пара діастереомерів. У випадку сполук (5а) та (5б), де хіральна амідна група вже була присутня в каліксарені, спостерігали невеликий діастереомерний надлишок (до 20%) ізомеру (6а) або (7а), відповідно. У випадку (5в) продукти утворювалися в співвідношенні 1:1. Діастереомери вдалося розділити за допомогою звичайної колонкової хроматографії.

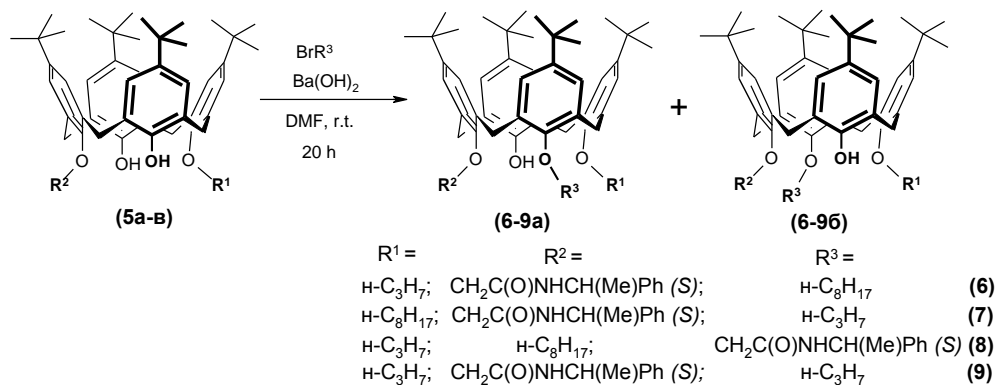


Схема 2

Порівнюючи ПМР спектри сполук (6)-(8) з аналогічними діастереомерними формами (9а) та (9б), абсолютна конфігурація яких відома [1], нам вдалося визначити порядок розміщення замісників на каліксареновій платформі для кожного з ізомерів.



На четвертій стадії синтезу було проведено лужний гідроліз одержаних амідів [1] і виділено в оптично чистій формі всі шість можливих ізомерів пропілокси-октилокси-калікс[4]ареноцтової кислоти (2а-е) (Схема 4). Їх будова і конфігурація конус підтверджена спектральними методами.

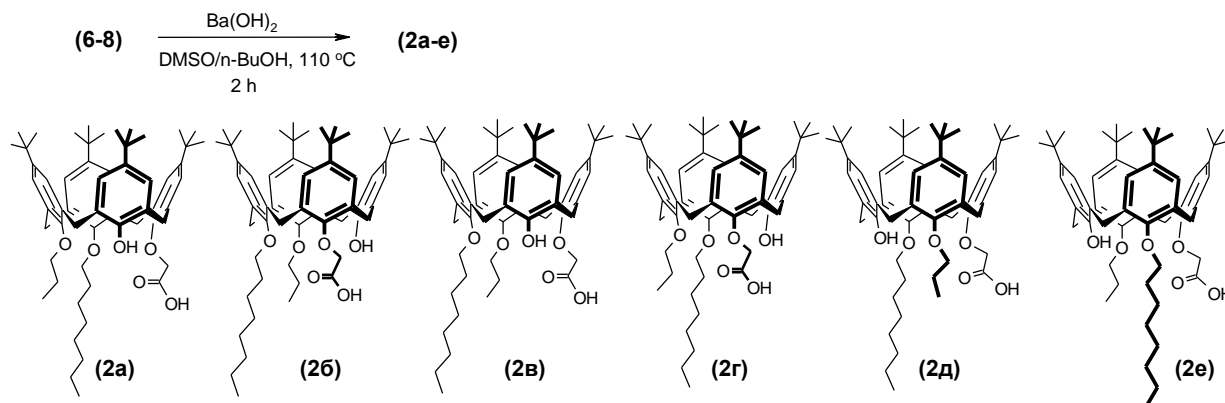


Схема 4

За допомогою ПМР-спектроскопії ми дослідили енантіозв'язучі властивості каліксареноцтових кислот (1), (2а), (2в) та (2д), а також їх амідів (6)-(8) з *S*- та *R*-формами хіральних сполук. Було знайдено, що кислоти (1), (2а) та (2в) енантіоселективно зв'язують *S*- та *R*-форми 2-амінобутанолу, 1-фенілетиламіну та молочної кислоти. У випадку майже симетричної кислоти (2д) спостерігається утворення комплексів із вказаними хіральними сполуками, але без розщеплення для *R*- та *S*-форм. На відміну від кислот, всі амід практично не зв'язуються з такими сполуками.

Для вивчення процесу комплексоутворення та визначення характеристик асоціатів нами було проведено ПМР титрування *R*- та *S*-форм 2-амінобутанолу каліксареноцтовими кислотами (1), (2а) та (2в). Одержані значення констант асоціації ( $K_a$ ) та енантіоселективності ( $K_{aR}/K_{aS}$ ) приведені в таблиці.

2-Аміно-бутанол	(1)		(2а)		(2в)	
	$K_a, M^{-1}$	$K_{aR}/K_{aS}$	$K_a, M^{-1}$	$K_{aR}/K_{aS}$	$K_a, M^{-1}$	$K_{aR}/K_{aS}$
( <i>R</i> )	2389.37±20.84	2.00	860.92±95.22	1.81	435.03±61.86	2.19
( <i>S</i> )	1193.31±12.57		475.04±34.87		198.61±17.16	

Як бачимо, при заміні пропільної групи на октильну значення констант асоціації зменшуються в 3-6 рази за рахунок стеричних факторів. Крім того, для ізомерної форми кислоти (2а) константа в два рази вища, ніж для (2в). Але для всіх трьох каліксареноцтових кислот енантіоселективність майже однакова і близька до 2. Така ефективність та енантіоселективність зв'язування хіральных аналітів робить каліксареноцтові кислоти (1), (2а), (2в) та їх аналоги перспективними для створення хіральных хроматографічних фаз і хемосенсорів

#### Література:

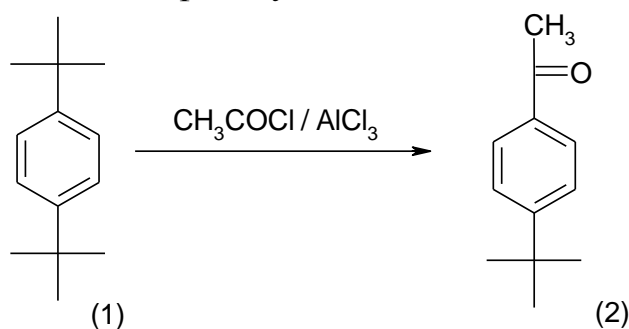
1. Karpus A.O., Yesypenko O.A., Andronov L.P., Boyko V.I., Garasevich S.G., Voitenko Z.V., Chernega A.N., Kalchenko V.I. Stereoselective synthesis of enantiomerically pure inherently chiral p-tert-butylcalix[4]arene carboxylic acids // *Tetrahedron: Asymmetry*. – Vol. 23. – № 17, 2012. – PP.1243-1250.
2. Andreyko E.A., Stoikov I.I., Antipin I.S., Karpus A.O., Sikorsky A.M., Yesypenko O.A., Rozhenko A.B., Boyko V.I., Kalchenko V.I. Enantioselective recognition of amino acids by enantiomerically pure calix[4]arene carboxylic acid or their diastereomerically pure N-(1-phenyl)ethyl amides // *Macroheterocycles*. – Vol.6. – No 3, 2013. – PP. 227–233.
3. Yesypenko O.A., Boyko V.I., Klyachina M.A., Shishkina S.V., Shishkin O.V., Pyrozhenko V.V., Tsybal I.F., Kalchenko V.I. Monosodium salt of p-tert-butylcalix[4]arene in the reactions with electrophilic reagents. Synthesis and structure of monofunctionalized calix[4]arenes // *J.Inc.Phen.* – Vol. 74. – № 1-2, 2012. – PP. 265-275.
4. Есипенко А.А., Бойко В.И., Шишкин О.В., Шишкина С.В., Пироженко В.В., Кальченко В.И. Синтез и стереохимическая конфигурация диастереомерных внутренне хиральных каліксаренов с АВСН и АВCD типом замещения по нижнему венцу // *Журн. орган. химии*. – Т. 48. – Вып. 2, 2012. – С. 292-299.
5. Karpus A.O., Yesypenko O.A., Andronov L.P., Boyko V.I., Voitenko Z.V., Chernega A.N., Kalchenko V.I. Synthesis and stereochemical configuration of inherently chiral p-tert-butylcalix[4]arene carboxylic acids and their derivatives // *J.Incl.Phenom.Macrocycl.Chem.* – Vol. 77. – № 1-4, 2013. – PP. 175-181.

## ПРО ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ АЦИЛЮВАННЯ АРЕНІВ

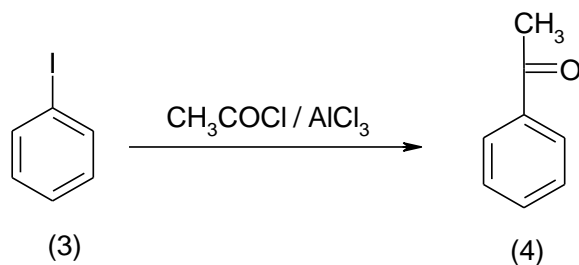
Аніщенко А.О.<sup>1</sup>, Пирогова А.Г.<sup>1</sup>, Кравченко С.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
вул. Наукова, 13, 49050, м. Дніпро<sup>2</sup>Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро  
svtailor@ukr.net

Процеси *ipso*-заміщення різного типу замісників в ароматичних сполуках давно відомі, особливо ці реакції досліджені ретельно на прикладі реакції нітрування аренів [1].

Нами вивчено можливість синтезу трет-бутилацетофенону. При алкілюванні бензену трет-бутанолом утворюється значна кількість (до 30%) *n*-ди-третбутилбензену (1). Показано, що в реакції ацилювання в умовах реакції Фріделя-Крафтса виходячи з (1) з високим виходом може бути отримано *n*-третбутил-ацетофенон (2). Реакція ацилювання (1) відбувається набагато більш селективно ніж пряме ацилювання трет-бутилбензену, яке здебільшого призводить до утворення ацетофенону.



Явище *ipso*-заміщення також спостерігалось при ацилюванні йодо-бензену за Фріделем-Крафтсом (3). При проведенні реакції за зазначених умов виділяється значна кількість йоду. Утворення ацетофенону фіксувалось методом GCMS(4).



Література:

1. Фойер Г. Химия нитро – и нитрозогрупп. М.: Мир. – Т. 2. – 296 с.

**ВИВЧЕННЯ ПРОТІКАННЯ РЕАКЦІЙ КАРБОНІЛЬНИХ СПОЛУК  
НА ОСНОВНИХ ЦЕНТРАХ АКТИВОВАНИХ ВУГЛЕЦІВ**

**Бутенко Е.О.**

*ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»*

*вул. Університетська, 7, 87555, м. Маріуполь*

*grinenkoeo@gmail.com*

Відновлення карбонільних сполук відноситься до процесів отримання промислово важливих органічних речовин та знаходить широке застосування як в процесах основного органічного синтезу, так і процесах тонкої хімічної технології. Однією з таких реакцій є реакція гідрогенізації, в якій джерелом водню є спирт. Промислове здійснення даної реакції звичайно проводять при каталізі відповідними алкоголями. Використання гомогенних каталізаторів вимагає після реакційного відділення каталітичних спецій від реакційної маси, що для даного типу реакцій важко. Тому заміна гомогенного каталізатора на гетерогенний каталізатор багатократно використовування представляється перспективною. В літературі описано проведення реакції відновлення карбонільних сполук спиртами у присутності MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, β-цеоліта, Mg-Al-гідротальцита [1]. Основні гетерогенні каталізатори, які можуть бути використані як промислові каталізатори процесів органічного синтезу, повинні відповідати таким вимогам, як твердофазність, нерозчинність, хімічна і термічна стабільність, нетоксичність і т.ін. Основні гетерогенні каталізатори з перерахованими властивостями відомі мало, найбільш детально вони описані у роботі [2]. Активоване вугілля може бути використане не тільки як носіїв каталізаторів, але і безпосередньо як кислотний або основний каталізатор. Їх каталітична активність обумовлена наявністю на поверхні кисневих комплексів. Додаткова термічна і окиснювальна обробка приводить до зміни числа основних і кислотних центрів на поверхні, а значить, і до зміни каталітичної активності.

В роботі досліджувалась каталітична активність активованого вугілля в реакції відновлення карбонільних сполук, і було показано, що активність

визначається концентрацією основних і кислотних центрів певної сили, яка визначалася за допомогою титрування у присутності індикаторів Гаммета. Каталітична активність досліджувалася в реакції відновлення кротонового альдегіду з ізопропиловим спиртом. Із збільшенням температури обробки число кислотних центрів знижується, загальна основність змінюється екстремально, причому число центрів високій основності зменшується, а кількість центрів поміркованої сили зростає. Реакція відновлення кротонового альдегіду у присутності основних каталізаторів є специфічною реакцією для карбонільної групи, і побічна реакція відновлення подвійного зв'язку в даному випадку не протікає, що робить дану реакцію вельми перспективною для процесів органічного синтезу.

Активність досліджуваних каталітичних систем в даній реакції характеризували конверсією альдегіду за фіксований час. Концентрація активних центрів каталізатора в рідкій фазі фактично є відношенням загального числа основних центрів до об'єму реакційної суміші. Концентрація основних центрів може бути визначена будь-яким методом, наприклад, методом титрування індикаторами Гаммета. Проявляти активність в реакції можуть не всі центри, визначені титруванням. Причиною цього може бути недоступність центрів, як при титруванні, так і в каталітичному процесі, перетитрування за рахунок фізичної сорбції, різні умови проведення процесів і інші. Якщо при гомогенному каталізі підставу має певне значення  $pK_b$ , то на поверхні гетерогенного каталізатора є центри різної основності і активності. Фактично добуток  $k \cdot C_{cat}$  є сумою активності на кожній групі центрів певної сили  $\sum k_i \cdot C_i \cdot \gamma_i$ , причому внесок кожної групи центрів в загальну каталітичну активність розрізнений, і визначається природою протікаючих процесів.

Для вивчення залежності протікання реакції на центрах певної сили були проведені експерименти по каталітичному отруєнню центрів. Для розрахунку кількості були використані дані про концентрацію основних центрів. На підставі цих результатів розраховувалася приблизна концентрація активних центрів в реакційній масі, і кількість отрути додавалася пропорційно цій величині. Для

катализатора, активованого при 800 °С, внесеного в кількості 1,5 г, концентрація основних центрів складає 1,5 моль/л. Аналогічна залежність спостерігалася і для катализаторів, прожарених при інших температурах. У всіх випадках мінімальна швидкість спостерігається, коли каталітичної отрути ще недостатньо для отруєння всіх основних каталітичних центрів. Гіпотезу про те, що титрування по Гаммету дає настільки завищене значення концентрації основних центрів слід визнати неспроможною, оскільки звичайно розбіжність значно менше, а також ця розбіжність може бути як позитивною, так і негативною. Можна припустити, що протікає три процеси. При високих значеннях концентрації основних центрів спостерігається основно-каталітичний процес відновлення альдегіду, потім превалує біфункціональний катализ, а третій – кислотно-каталітичний процес з участю ненасиченого зв'язку. При отруєнні каталітичних центрів передбачається, що першими вступають в реакцію центри високої основності, при невисокому ступені отруєння більш активними в досліджуваній реакції є основні центри високої сили. Із збільшенням ступеня отруєння падіння активності зменшується, а при появі кислих центрів реакція починає протікати як на основних, так і на кислотних центрах.

Для визначення природи активних центрів було проведено експерименти по селективному отруєнню центрів. Показано, що реакція протікає у присутності як основних, так і кислотних центрів. На підставі кінетичних досліджень запропоновано механізм протікання реакцій. Встановлено, що активність катализаторів визначається присутністю сильних основних центрів і кислотних центрів помірної сили.

#### Література:

1. Kumhar P.S., Sanchez-Valente J., Lopez J., Figueras F. Meerwein-Ponndorf-Verley reduction carbonyl compounds catalysed Mg-Al hydrotalcite // Chem. Commun. – № 5, 1998. – PP. 535-536.
2. Капустин А.Е. Неорганические аниониты // Успехи химии. – Т. 60. – N 12, 1991. – С. 2685-2717.

УДК 541.183, 541.4, 678.02, 678.7

**ОСОБЛИВОСТІ КОПОЛІКОНДЕНСАЦІЇ ФЛУОРЕСЦЕЇНУ  
З 2-(ДОДЕКАНОЇЛАМІНО)ПЕНТАДІОВОЮ КИСЛОТОЮ  
ЗА РЕАКЦІЄЮ СТЕГЛІХА**

**Варваренко С.М., Яковів М.В., Майкович О.В.**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*вул. Степана Бандери, 12, 79000, м. Львів*

*ferensmariia@gmail.com*

Використання флуоресцентних зондів є поширеним прийомом в оптичній біомедичній діагностиці. Цілий ряд субстратів, здатних вивільняти молекулярні флуорофори побудовано за використання барвників ксантенового ряду, одним з найбільш поширених представників яких є флуоресцеїн.

У зв'язку з цим актуальним завданням є синтез нових естерних похідних флуоресцеїну, як перспективних флуорогенів із властивостями, які можуть бути зміненими через використання замісників, що покращують розчинність у середовищах різної природи, впливаючи на їх біорозподіл. Особливий інтерес можуть мати полімери флуоресцеїну і N-заміщених похідних природних двоосновних амінокислот.

Серед можливих альтернативних реакцій для утворення естерних зв'язків за участі гідроксильних груп флуоресцеїну розглядались процеси, які пов'язані з підвищенням реакційної здатності карбоксильних груп у реакціях ацилування. Серед них найбільш цікавою є реакція естерифікації за Стегліхом.

Проте відсутність повідомлень про отримання методом поліконденсації кополіестерів флуоресцеїну спонукало до проведення досліджень, спрямованих на встановлення особливостей перебігу незворотньої поліконденсації за реакцією Стегліха флуоресцеїну, як гідроксилвмісного комономеру, та 2-(додеканоїламіно)пентандіової кислоти, як карбоксилвмісного комономеру. Порівняльні синтези спрямовані на виявлення оптимальних умов проведення реакції дали можливість встановити, що використання суміші розчинників бензен-ДМФА у співвідношенні 9:1 (табл.) забезпечує розчинність флуоресцеїну і

дозволяє досягати високих (понад 80%) практичних виходів кополієстерів та доволі високих (понад 90%) виходів дициклогексилсечовини (DCU), яка є кількісною характеристикою глибини перебігу реакції Стегліха.

Шифр продукту	Умови синтезу		Вихід DCU, %	Практичний вихід поліестеру, %	Вміст флуоресцеїну в поліестері, %	Середня ММ	
	Температура 288 К, загальна концентрація мономерів 0,178 моль/л						
	Співвідношення реагентів, моль						
	GluLa	F					
МД1	1,00	1.05	Бензен	78,6	44,0	33,8	1130
МД1.2			Метиленхлорид	73,0	41,0	30,7	1072
МД2.3			Бензен:ДМФА (1:1)	68,0	71,0	60,3	1505
МД2.2			Бензен:ДМФА (8:3)	76,0	81,0	58,8	1744
МД2.0			Бензен:ДМФА (9:1)	91,0	83,1	56,0	2570
МД2.4				1,0	0,91	90,5	45,0
МД2.5	1,0	1,15		88,5	84,0	56,3	1791

На основі вивчення структури та складу кополієстерів (методами  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопії, гель-проникної хроматографії, елементним аналізом), отриманих при використанні суміші розчинників бензен-ДМФА у співвідношенні 9:1 було виявлено, що у випадку проведення реакції у допустимому для реалізації реакції поліконденсації надлишку гідроксилвмісного мономеру, отримуються олігоєстери з вищим ступенем поліконденсації, кінцевими ланками яких є фрагменти флуоресцеїну. В іншому випадку (надлишок карбоксилвмісного мономеру) суттєво знижується вихід і молекулярна маса полімеру. Це пояснюється характерним для реакції Стегліха побічним процесом при її перебігу, який супроводжується перегрупуванням активованої DCC карбоксильної групи у неактивний фрагмент ацилсечовини, який виступає кінцевою ланкою макромолекул і зупиняє процес поліконденсації.

Отримані сполуки можуть бути використані для оцінки життєздатності клітин, для вимірювання ферментативної активності, як флуорогенні маркери для отримання зображень з середовища біологічних об'єктів та виявлення присутності певних іонів, або як складова частина складних конструкцій для доставки ліків.



## БРОМОЦИКЛІЗАЦІЯ 5,5'-БУТАН-БІС-4-ФЕНІЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛІВ

Король Н.І., Головка-Камошенкова О.М., Сливка М.В., Лендел В.Г.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

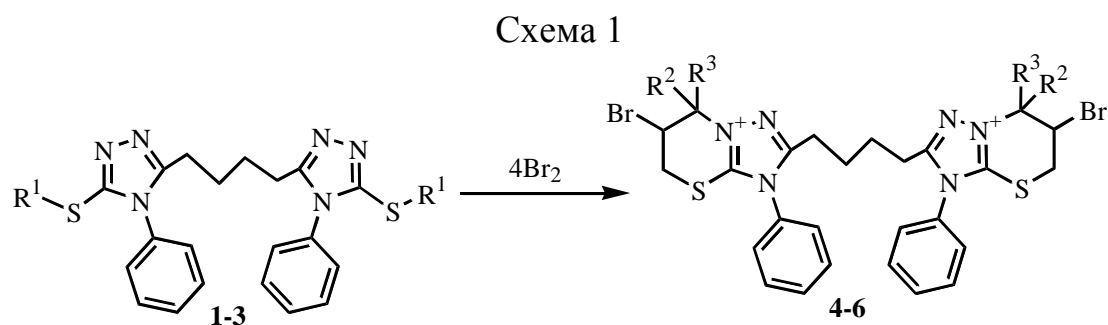
вул. Підгірна, 46, 88000, м.Ужгород

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].

Метою даного наукового дослідження є одержання конденсованих солей 5,5'-бутан-біс-1,2,4-триазол-3-тіону.

Реакції бромоциклізації проводили у середовищі льодяної оцтової кислоти дією чотирикратного надлишку броду на алкенильні 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.



$R^1$  = cinnamyl, crotyl, prenyl;  $R^2$  = H,  $CH_3$ ;  $R^3$  =  $CH_3$ , Ph

Література:

1. Küçükgülzel S.G., Çıkla-Süzgün P. Recent advances bioactive 1,2,4-triazole-3-thiones // European Journal of Medicinal Chemistry. – № 97, 2015. – PP. 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 fur Chemie. – № 151(2), 2020. – PP. 191-198.

**DETERMINATION OF OPTIMAL CONDITIONS FOR OBTAINING  
1,3,4-TRIMETHYLCYCLOHEX-3-ENCARBALDEHYDE**

**Kostiv I.S., Havryliv R.I., Vintoniak S.P.**

*Lviv Polytechnic National University*

*st. Bandery 12, 79013, Lviv*

*kostiv.irina@gmail.com, havriliv.roman@gmail.com, vintoniaksp8@gmail.com*

Alkylcyclohexene substances are used as monomers in order to receive new polymeric materials and polyfunctional polymers of different structure with predefined set of physical and chemical characteristics [1, 2].

Availability of homologous series creates a practical possibility of synthesis of secondary, tertiary and hydro-aromatic hydrocarbons and production of perfumery compositions [3, 4]. Alkylcyclohexene derivatives include a large number of important substances such as antibiotics, drugs that inhibit biosynthesis of cholesterol and significantly reduce its level in blood, anticonvulsant drugs, food flavorings, taste food components. Much of alkylcyclohexenecarbonic substances are structural fragments of vitamins, hormones and alkaloids [5, 6].

The method of full factor experiment (FFE) is widely used to determine the optimal conditions for technological process stages in different industries, which allows to significantly decrease both the research duration and financial expenses on its implementation.

Based on the experimental studies and mathematical modeling method, we chose three factors as the technological parameters: the temperature in the range of 393–423°K, the reaction time in the range of 3–5 h, and the molar ratio of the starting materials 1:1 to 1:2. The response functions were: the productivity of the process relative to 1,3,4-trimethylcyclohexencarbaldehyde, and the yield of the product.

Verification of experiments reproducibility was conducted on the basis of two parallel experiments ( $k = 2$ ) for each combination of technological parameters of the chosen local area of factor space and for each series from two parallel experiments estimation of reproducibility dispersion was calculated ( $s^2_j$ ). The assessment of

reproducibility dispersion ( $s^2_y$ ) was received by dispersions averaging in all eight experiments. In addition dispersion assessment of average value ( $s^2_{\bar{y}}$ ) has been calculated. Dispersion  $s_b$  was calculated for error estimate at determination of coefficients of regression  $b_i$ .

Thus, the received results satisfactorily coincide with the data received from mathematical modeling of the process. Consequently, it is possible to predict that optimal conditions for realization of technological process of cyclization, under which the product yield is 89 %. They are following: temperature – 413 K, time – 5 h and molar ratio of the starting materials 2:1.

#### References:

1. Anisimova N.A., Kuzhaeva A.A., Berkova G.A.; et al. Synthesis and Structure of Nitrocyclohexenylcarboxylates // Russian Journal of General Chemistry. – 81(9), 2011. – PP. 1845–1852.
2. Nicolaou K.C., Snyder S.A., Montagnon T.; et al. The Diels-Alder reaction in total synthesis // Angew Chem Int Ed. – 41(10), 2002. – PP. 1668–1698.
3. Monnier-Benoit P., Jabin I., Jaubert J.-N.; et al. Synthesis of 2,4-dimethylcyclohex-3-ene carboxaldehyde derivatives with olfactory properties // Comptes Rendus Chimie. – 10(3), 2007. – PP. 259-267.
4. Vinoth Kumar G., Rajendran A.A sustainable approach for synthesizing Diels-Alder adducts using microwave reactor // Sustainable Chemistry and Pharmacy. – 8(6), 2018. – PP. 1-9.
5. Farina V, Reeves JT, Senanayake CH, Song JJ. Asymmetric Synthesis of Active Pharmaceutical Ingredients // Chem. Rev. – 06(7), 2006. – PP. 2734–2793.
6. Ren-Yin Y., Jing S., Chao-Guo Y. HOAc-Mediated Domino Diels–Alder Reaction for Synthesis of Spiro[cyclohexane-1,3'-indolines] in Ionic Liquid [Bmim]Br // ACS Omega. – 3(5), 2018. – PP. 5406–5416.

**ПІДХОДИ ДО СИНТЕЗУ, МОДИФІКАЦІЯ ТА ПРОТИЗАПАЛЬНА  
АКТИВНІСТЬ ЕТИЛ 2-([1,2,4]ТРИАЗОЛО[1,5-*c*]ХІНАЗОЛІН-2-ІЛ)-  
КАРБОНОВИХ КИСЛОТ**

**Красовська Н.І., Ставицький В.В., Носуленко І.С., Коваленко С.І.**

*Запорізький державний медичний університет*

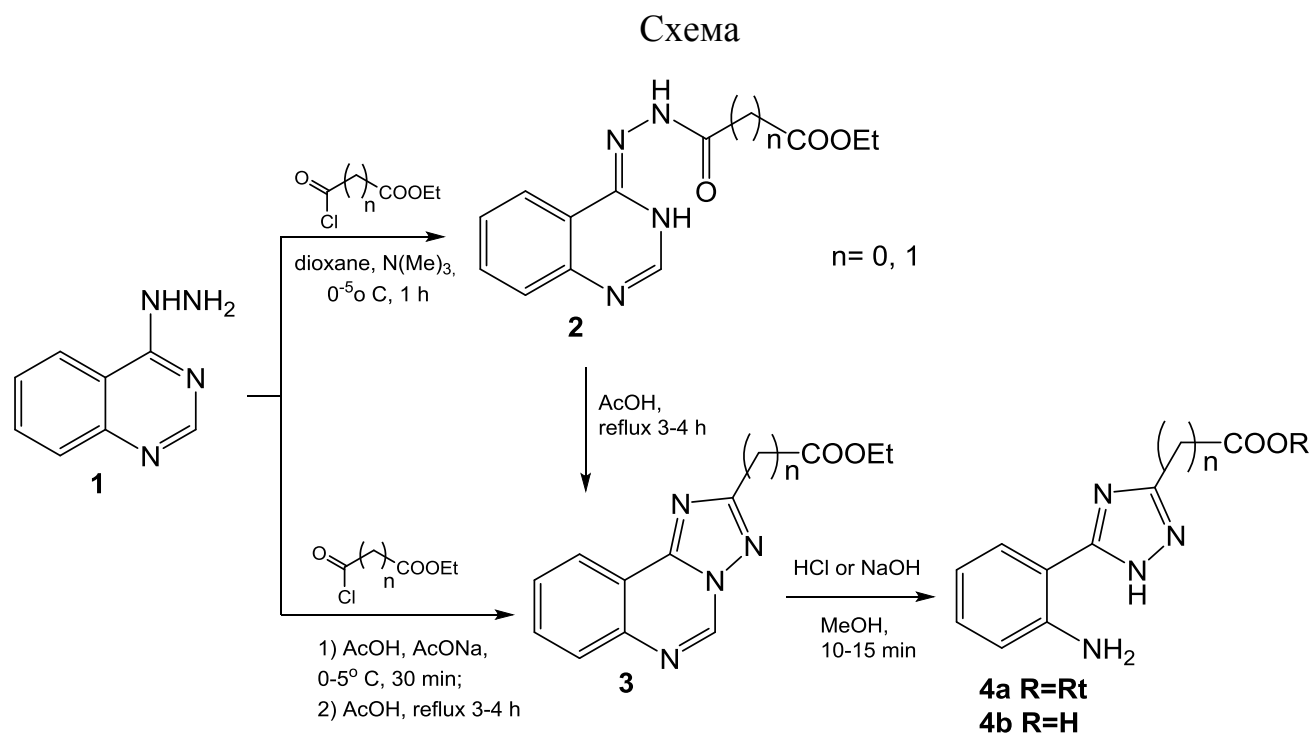
*пр. Маяковського, 26, 69035, м. Запоріжжя*

*kovalenkosergiy@gmail.com*

Введення карбоксильної групи до ароматичного або гетероциклічного фрагмента є виправданою стратегією «drug-design», по-перше, сама карбоксильна група є «фармакофором», по-друге, широкі можливості її хімічної модифікації дозволяють впливати на фармакологічні та фармако-технологічні параметри одержаних сполук. Серед перспективних напрямків реалізації вищевказаної концепції цікавим є поєднання в одній молекулі триазолохіназолінової системи та карбоксильної групи. Тим більш, що для даної гетероциклічної системи характерна різностороння біологічна активність.

Найбільш зручними та класичними методами формування триазоло[*c*]-хіназолінів є циклоконденсації відповідних (3*H*-хіназолін-4-іліден)гідразидів карбонових кислот (**2**). Для синтезу останніх (**2**) нами використано метод, заснований на ацилюванні 4-гідразинохіназоліну (**1**) етил 2-хлоро-2-оксоацетатом або етил 3-хлоро-3-оксопропаноатом (схема). Гідразиди (**2**) піддавали циклоконденсації, а при цьому, як ми і очікували, проміжні [1,2,4]триазоло[4,3-*c*]хіназоліни піддаються рециклізаційній ізомеризації за типом перегрупування Діброта в умовах кислотного каталізу з утворенням етил 2-([1,2,4]триазоло[1,5-*c*]хіназолін-2-іл)карбонових кислот (**3**). Крім того, нами опрацьований поетапний одностадійний синтез сполук **3**, який полягав у взаємодії 4-гідразинохіназоліну (**1**) з вищезазначеними хлороангідрідами в оцтовій кислоті за температури 0-5° С та послідуочим нагрівання протягом 3-4 годин. Спроба синтезу із естерів (**3**) відповідних кислот лужним або кислотним гідролізом не привела до однозначних продуктів. Так, результатом кислотного гідролізу є етил 2-(5-(2-

амінофеніл)-1*H*-1,2,4-триазол-3-іл)карбоксилати (**4a**), а лужного – 2-(5-(2-амінофеніл)-1*H*-1,2,4-триазоло-3-іл)карбонові кислоти (**4b**).



Будова сполук доведена комплексом фізико-хімічних методів (ІЧ-, ЯМР- та хромато-мас-спектри).

Для реалізації стратегії дослідження для сполук як містять гетероциклічний фрагмент та карбоксильну групу у молекулі на першому етапі проведений фармакологічний скринінг на протизапальну активність. Скринінг проведено на «класичній» моделі гострого асептичного запалення з вираженою фазою ексудації, а саме «карагеніновий» набряк.

Проведені дослідження щодо пригнічення розвитку карагенінового набряку показали, що сполуки **2**, **3** та **4a** проявляють помірну, а кислоти **4b** – більш високу протизапальну активність. З врахуванням особливості будови сполук **4**, а саме наявності карбоксильної групи, в подальшому планується провести структурну модифікацію карбоксильної групи з метою покращення фармакологічних характеристик. Наявність у структурі сполук **4** 1,5-бінуклеофільного центру, надає можливість провести реакції гетероциклізації та ввести до положення 5 гетероциклу додаткову карбоксильну та інші функціональні групи.

**ПРЕПАРАТИВНИЙ МЕТОД СИНТЕЗУ  
1-ГЕТАРИЛЦИКЛОПРОПАНКАРБОНОВИХ КИСЛОТ  
ТА ЇХ ПОХІДНИХ**

**Серов Д.І.<sup>1</sup>, Швиденко К.В.<sup>1</sup>, Джулай І.В.<sup>2</sup>, Назаренко К.Г.<sup>1</sup>,**

**Швиденко Т.І.<sup>1</sup>, Костюк О.М.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Інститут органічної хімії НАН України*

*вул. Мурманська, 5, 02660, м. Київ*

*<sup>2</sup>Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

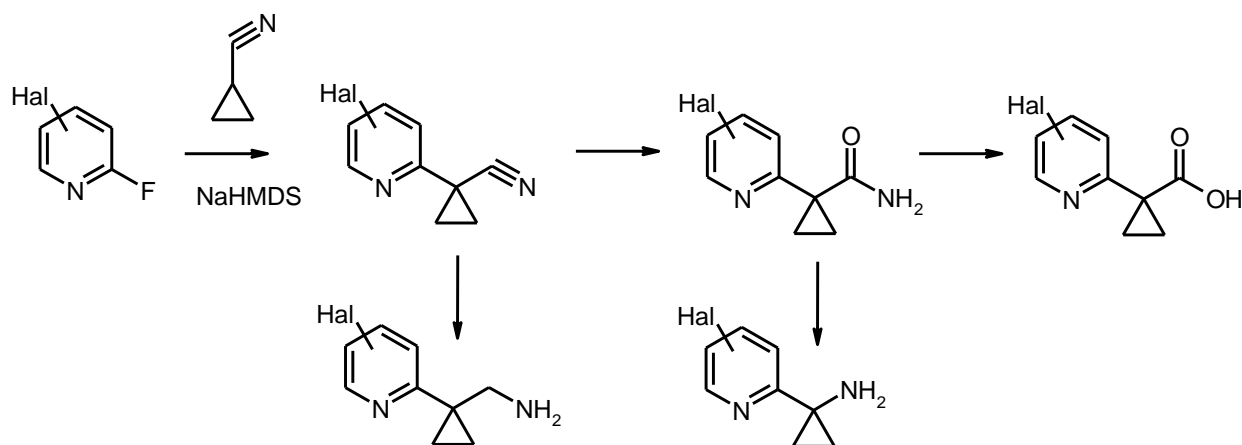
*пр. Перемоги, 37, 03056, м. Київ*

*shved1977@ua.fm*

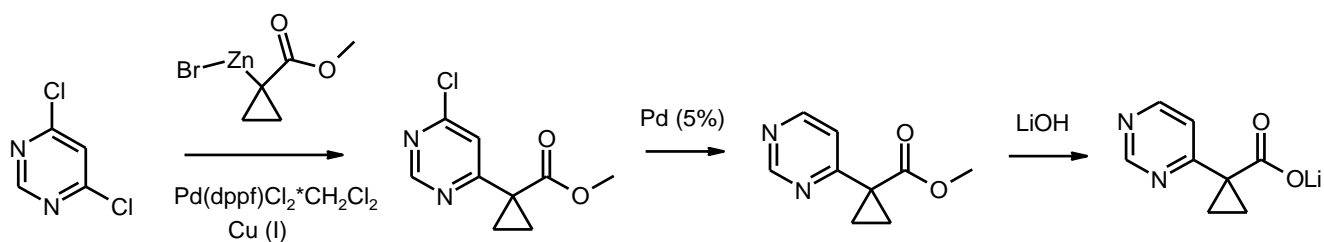
1,1-Заміщені карбоциклічні сполуки, один замісник у яких арил (гетарил), а інший – функціональна група (карбоксильна, аміногрупа) належать до потенційно фізіологічно активних речовин (наприклад, фенциклідин, кетамін). Тому отримання нових похідних такого типу є нагальною проблемою.

З цією метою нами був розроблений метод синтезу 1-піридин- і 1-піримідинциклопропанкарбонітрилів, що дозволяє отримувати цільові сполуки і їх функціональні похідні у мультиграмових кількостях, виходячи з комерційно доступних та недорогих реагентів.

Так, в якості вихідних сполук нами були обрані дигалогенозаміщені піридини та піримідини. Ми модифікували реакцію арилювання стосовно 2(4)-фторозаміщених піримідинів, що містять додатковий атом галогену в циклі [1-4]. Другою компонентою при арилюванні виступав досить активний циклопропанкарбонітрил, який легко дає натрієву сіль при дії натрій гексаметилдисилану, що дозволило отримати цільові 1-піридин-2-іл-циклопропанкарбонітрили з виходами > 80%. Дані нітрили в подальшому були функціоналізовані в аміді, карбокислоти, амінометильні похідні та аміни.



Методологію, яка добре показала себе на піридинах, було вирішено застосувати щодо інших гетероциклів. Ми мали на меті отримати піримідинозаміщені циклопропанкарбонові кислоти, виходячи із симетричних 4,6-дигалогензаміщених піримідинів. Використання натрієвої солі циклопропанкарбонітрилу в даному випадку приводить до неідентифікованої суміші продуктів. В зв'язку з цим ми зупинили свій вибір на реакції Негіші [5]. Як вихідну сполуку використали менш реакційноздатний комерційно доступний метиловий естер циклопропанкарбонової кислоти, як каталізатор – Pd(dppf)Cl<sub>2</sub>\*CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> [6]. Внаслідок наявності другого активного атома галогену в піримідиновому ядрі ми отримували суміш продуктів моно- і біскаплінгу у співвідношенні 3:1, яку розділяли шляхом подвійної перекристалізації. В подальшому легко позбавилися атома хлору в 6-положенні шляхом контрольованого гідрування при атмосферному тиску. При цьому спостерігалася невелика кількість побічного продукту внаслідок розкриття циклопропанового циклу. Омилення з утворенням цільової 1-піримідин-4-іл-циклопропанкарбонової кислоти відбувалося за кімнатної температури з майже кількісним виходом.



Отже, арилювання та реакція Негіші можуть слугувати зручними препаративними методами синтезу 1-гетарилциклопропанкарбонових кислот.

Література:

1. Syngenta participations ag. WO2014/173921, 2014.
2. Bayer cropscience ag. WO2015/91424, 2015.
3. Merck Sharp&Dohme Corp., WO2016/109215, 2016.
4. Klapars A., Waldman J.H., Campos K.R., Jensen M.S. et al. // J. Org. Chem. – V. 70. – № 24, 2005. – PP. 10186-10189.
5. Negishi E., Anastasia L. // Chem. Rev. – V.103. – № 5, 2003. – PP. 1979-2018.
6. Abide Therapeutics, Inc. WO2019/46318, 2019.

**УДК 547.022**

## **КВАНТОВО-ХІМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КСАНТАНУ**

**Діль К.В., Оковитий С.І.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*пр. Гагаріна, 72, 49000, м. Дніпро*

*katerina.vlodimirovna@ukr.net*

Унікальні біологічні та реологічні властивості водорозчинних полісахаридів багато в чому визначаються властивостями впорядкованої будови їх ланцюгів в розчинах [1]. Такі високополімери мають як первинну, так і вищу просторову структуру. Це обумовлено слабкими внутрішньомолекулярними взаємодіями, серед яких основну роль відіграють водневі зв'язки і комплексоутворення [2]. Відомо, що одним з найпоширеніших полісахаридів є ксантан (рис. 1).



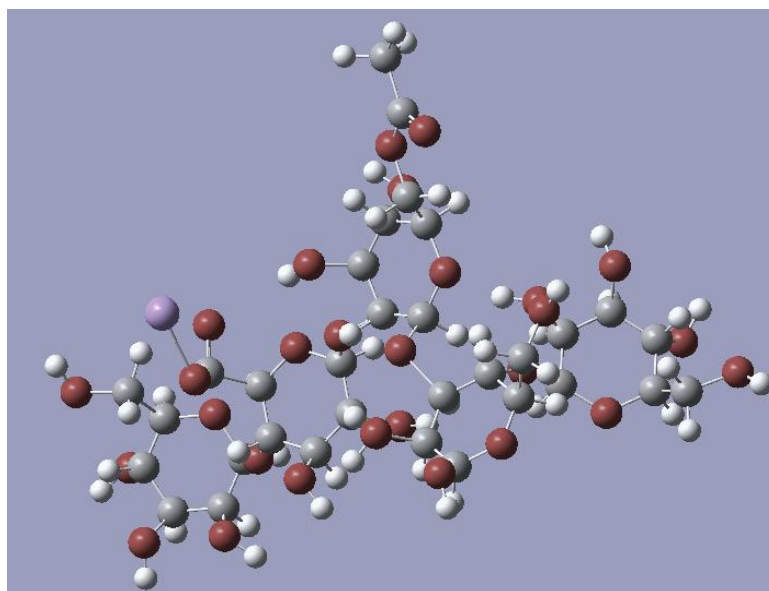


Рис. 1. Модель ксантану

Особливості будови та властивості ксантану, детально досліджені експериментальними методами, потребують теоретичного аналізу на молекулярному рівні за допомогою методів квантової хімії. У роботі виконано квантово-хімічні розрахунки рівноважної будови та електронної структури моделі ксантану.

Розрахунки виконані напівемпіричним методом PM3 за допомогою програми Gaussian-09, використаний базисний набір 3-21G. Моделі побудовано як асоціати молекули ксантану.

Результати моделювання свідчать, що при взаємодії двох молекул ксантану найбільш стабільною є структура з О-Н зв'язками завдовжки  $1,75 \text{ \AA}$ . Незалежно від методу розрахунку, рівноважна відстань О-Н-О є близькою до  $4,5 \text{ \AA}$ . Це дало можливість, з метою економії часу на розрахунки, на першому етапі проводити моделювання методом MP3.

Отже, відповідно до одержаних результатів, взаємодія молекул ксантану, найвірогідніше, здійснюється через утворення сітки карбоксильних зв'язків. Збільшення розміру кластера зумовлює зростання ентальпії взаємодії приблизно пропорційно кількості О-Н зв'язків, які істотно впливають на енергію комплексоутворення.

#### Література:

1. Jansson P.E., Kenne L. and Lindberg B. // Carbohydr. Res. – №45, 1975. – 275 p.
2. Holthwarth G. // Biochemistry. – №15, 1976. – 4333 p.

**ЕЛЕКТРОФІЛЬНА ЦИКЛІЗАЦІЯ  
2-ПРОПАРГІЛТІОПІРИМІДИН-4-ОНІВ  
*n*-АЛКОКСИФЕНІЛТЕЛУРТРИХЛОРИДАМИ**

Кут М.М., Онисько М.Ю., Балог І.М., Лендел В.Г.

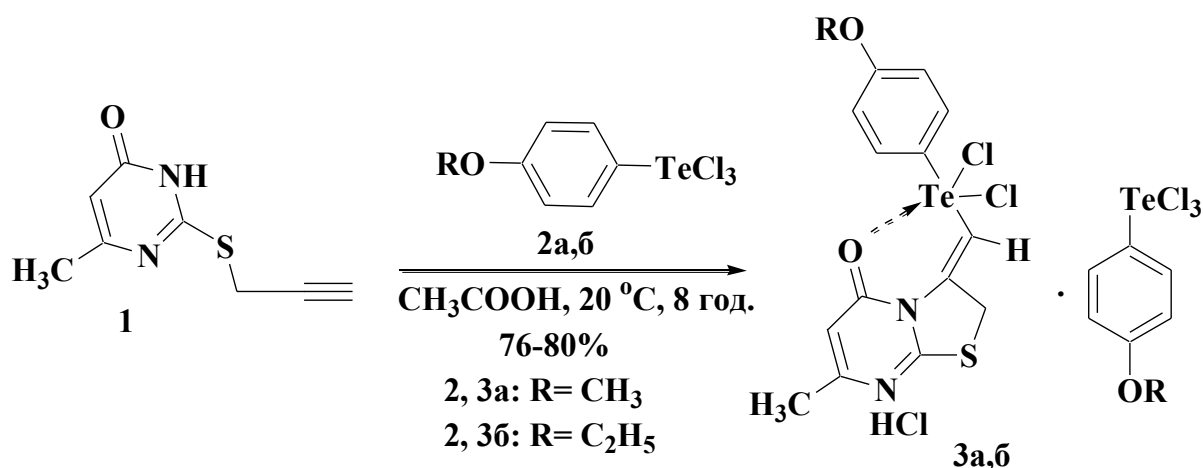
*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»*

*вул. Фединця, 53/1, 88000, м. Ужгород*

*kutmykola@ukr.net*

Анелювання гетероциклічних ядер до піримідинового циклу методом електрофільної гетероциклізації розкриває нові перспективи та можливості утворення нових функціональних конденсованих похідних піримідину. Використання 2-пропаргілтіопіримідин-4(3*H*)-онів в реакціях з *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридами дає можливість дослідити регіо- та стереоселективність процесу утворення біоперспективних телуровмісних гетероциклів.

Встановлено, що циклізація пропаргільного тіоетеру тіоурацилу **1** *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридами **2a, б** відбувається за участю N(3)-атома піримідину з утворенням біциклічних систем у вигляді комплексів тіазолінопіримідину з *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридами. Аналіз сектрів ЯМР підтверджує утворення одного геометричного ізомеру Z-конфігурації.

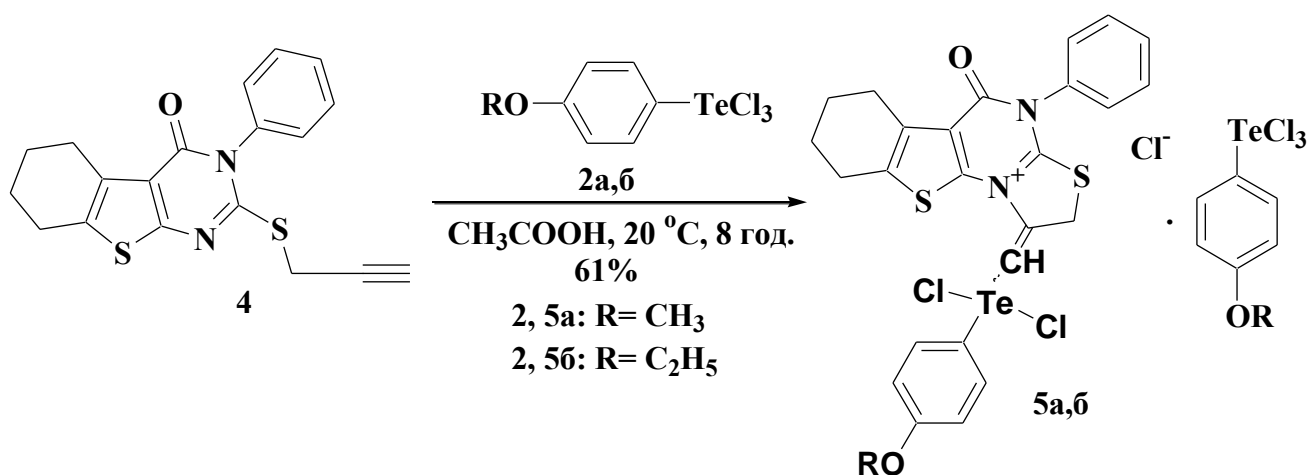


Вигідність утворення саме Z-ізомеру пояснюється внутрішньомолекулярною координацією атома Оксигену на атом Телуру. Друга молекула арил телур-

трихлориду координується по ендциклічному атому Сульфуру тіазольного циклу.

Слід відзначити, що утворення комплексів не залежить від співвідношення реагентів. Використання двократного надлишку телуровмісного електрофілу дозволяє отримувати комплекси з помірними виходами 76-80%

Введення фенільного замісника до N(3)-атома піримідинового циклу у пропаргільного тіоестеру тієно[2.3-d]піримідину **4** дозволяє змінити регіоспрямованість циклізації *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридами, що відкриває шлях до утворення продуктів ангулярної будови **5a, б** у вигляді комплексів. Зазначимо, що в цьому випадку реакція є нестереоселективною і приводить до утворення суміші геометричних ізомерів **5a** та **5б** у співвідношенні 1 : 1 з виходом 61%.



Таким чином, стереоселективність арилтелуроохлорування 2-S-пропаргільних піримідин-4-онів залежить від структури субстрату та регіохімії гетероциклізації.

**МОДЕЛЮВАННЯ РЕАКЦІЙ ВЗАЄМОДІЇ АКВАКОМПЛЕКСУ  
КУПРУМ(I) З МАЛЕЇНОВОЮ КИСЛОТОЮ**

**Осокін Є.С., Полонський В.А., Варгалюк В.Ф.**

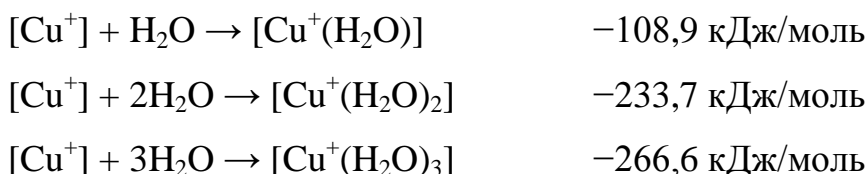
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*пр. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпро*

*osokin@cf.dnu.dp.ua*

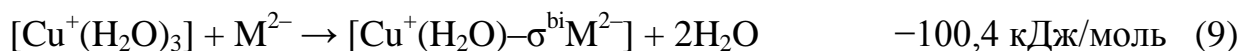
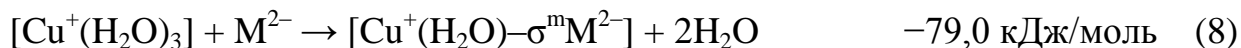
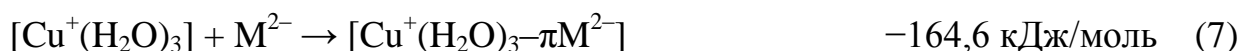
В попередній роботі [1] були розглянуті особливості будови  $\pi$ -комплексів  $\text{Cu}^+$  з деякими ненасиченими органічними кислотами у водному середовищі. Але при цьому не з'ясовано термодинамічну можливість їх утворення. Крім того, іони  $\text{Cu}^+$  можуть зв'язуватись з ненасиченими органічними кислотами не тільки винільним фрагментом, а й карбоксильною групою кислоти. Тому в даній роботі було проведено квантово-хімічне моделювання: реакцій приєднання іону  $\text{Cu}^+$  у складі аквакомплексу  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3]$  з малеїною та фумаровою кислотами з утворенням відповідних  $\sigma$ - та  $\pi$ -комплексів; реакцій перетворення  $\sigma$ -комплексів в  $\pi$ -комплекси або навпаки. Методика оптимізації геометрії та розрахунку термодинамічних параметрів наведена в роботі [1]. Для розрахунку енергетичного ефекту використовувалась сума електронної енергії SCF та енергії нульових коливань (zero-point correction) [2].

В якості аквакомплексу був обраний  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3]$  оскільки в процесі оптимізації четверта молекула води не утримувалась у внутрішній координатційній сфері, а приєднання меншої кількості води до іону  $\text{Cu}^+$  відбувається з меншим енергетичним ефектом:



В результаті приєднання молекулярної форми малеїнової кислоти до аквакомплексу  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3]$  рівновірогідно утворюються  $\pi$ -комплекс  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3-\pi\text{H}_2\text{M}]$  (1) та монодентатний  $\sigma$ -комплекс  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3-\sigma^m\text{H}_2\text{M}]$  (2). Приєднання дисоційованої за першим ступенем молекули малеїнової кислоти

протікає з перевагою на утворення  $\pi$ -комплексу  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3-\pi\text{HM}^-]$  (4), при цьому паралельно може утворюватись і монодентатний  $\sigma$ -комплекс  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_2-\sigma^m\text{HM}^-]$  (5), але з меншою вірогідністю. Приєднання повністю дисоційованої молекули малеїнової кислоти до аквакомплексу  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3]$  з утворенням  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3-\pi\text{M}^{2-}]$  проходить зі значним енергетичним ефектом  $-164,6$  кДж/моль (7). Така селективність викликана двома особливостями. По-перше, реакція протікає без відщеплення води з внутрішньої координаційної сфери, що вимагає додаткової енергії на розрив зв'язків  $\text{Cu}^+-\text{H}_2\text{O}$ . По-друге всі молекули води у внутрішній координаційній сфері  $\pi$ -комплексу окрім зв'язків  $\text{Cu}^+-\text{H}_2\text{O}$  додатково утворюють водневі зв'язки з дисоційованими карбоксильними групами (рис. 1). Слід зазначити, що  $\pi$ -комплекси  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})-\pi\text{M}^{2-}]$  та  $[\text{Cu}^+-\pi\text{M}^{2-}]$  не утворюються [1] через відсутність вище наведених стабілізуючих факторів (натомість утворюються бідентатні  $\sigma$ -комплекси  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})-\sigma^b\text{M}^{2-}]$  та  $[\text{Cu}^+-\sigma^b\text{M}^{2-}]$ ).



Було встановлено, що утворені  $\sigma$ -комплекси  $\text{Cu}^+$  з малеїновою кислотою не перетворюються у відповідні  $\pi$ -комплекси, оскільки енергетичні ефекти таких переходів не перевищують  $-10,2$  кДж/моль, а у більшості випадків взагалі мають позитивні значення. Перехід  $\pi$ -комплексів у  $\sigma$ -комплекси можливий для більшості  $\pi$ -комплексів, з енергетичними ефектами, близько  $-30$  кДж/моль і до  $-54,4$  кДж/моль у випадку переходу  $[\text{Cu}^+-\pi\text{H}_2\text{M}]$  у  $[\text{Cu}^+-\sigma^{bi}\text{H}_2\text{M}]$ .  $\pi$ -Комплекси

$[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3-\pi\text{H}_2\text{M}]$  та  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_2-\pi\text{H}_2\text{M}]$  мали енергетичний ефект близько нуля, тобто системи даного складу зберігають свою структуру, без можливого руйнування (d $\pi$ -p $\pi$ )-координації. Слід зазначити, що в даному дослідженні показана лише термодинамічна ймовірність утворення певних структур без врахування кінетичного фактору.

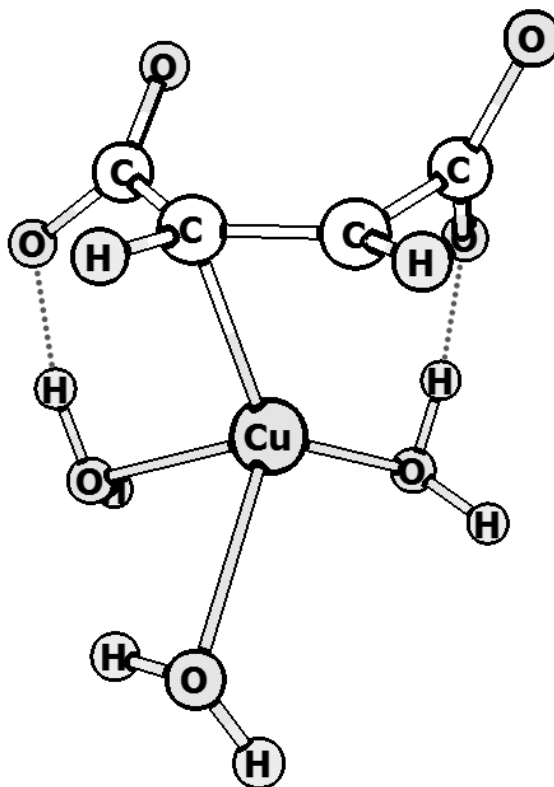


Рис. 1. Геометрія  $\pi$ -комплексу  $[\text{Cu}^+(\text{H}_2\text{O})_3-\pi\text{M}^{2-}]$

#### Література:

1. Features of (d $\pi$ -p $\pi$ )-binding of Cu(I) ions with acrylic, maleic and fumaric acids in aqueous solution / V.F. Vargalyuk, Y.S. Osokin, V.A. Polonsky, V. N. Glushkov // Journal of Chemistry and Technologies. – Vol. 27, 2019. – PP. 148–157.
2. Ochterski J. W. Thermochemistry in Gaussian / J. W. Ochterski // Gaussian Inc. – Vol. 1, 2000. – PP. 1–19.

УДК 616.895.4-08:615.214.3

**СПЕКТР БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ МОДИФІКОВАНОГО  
ІЗОФЛАВОНУ- 7-[2-(4-ЕТИЛПІПЕРАЗИН-1-ІЛ)ЕТОКСИ]-2-МЕТИЛ-3-  
(4'-ХЛОРОФЕНІЛ)-4Н-ХРОМЕН-4-ОНУ**

**Пантелеймонова Т.М.<sup>1</sup>, Шарабура Л.Б.<sup>1</sup>, Фрасинюк С.М.<sup>2</sup>, Хиля В.П.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>ДУ «Інститут геронтології ім. Д.Ф. Чеботарьова НАМН України»*

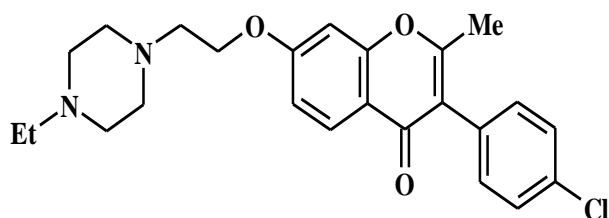
*вул. Герцена 12, 04050, м. Київ*

*<sup>2</sup>Київський національний університет ім. Тараса Шевченка*

*вул. Володимирська, 60, 01033, м. Київ*

*panteleymonov01@ukr.net*

Однією зі сфер пошуку нових біологічно активних речовин є синтез аналогів природних сполук, серед яких особливе місце займають флавоноїди. Широкий діапазон властивостей і клінічні можливості регулюючої дії флавоноїдів відкривають нові перспективи у реалізації їх медикаментозного застосування. Структурна подібність окремих флавоноїдів до речовин, що беруть участь у життєдіяльності клітин організму, пояснює їх вплив на активність ферментів, здатність зв'язуватись з рецепторами гормонів і медіаторів, виконувати роль лігандів, агоністів чи антагоністів низки рецепторів, запобігати апоптозу нервових клітин при окиснювальному стресі, впливати на динаміку фізіологічно активних речовин у нервових клітинах та відігравати важливу роль у механізмах нейропротекції [1-3]. Перспективним об'єктом для створення біологічно активних речовин з новими властивостями є ізофлавонони, що легко піддаються хімічній модифікації. Так, на кафедрі органічної хімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка було синтезовано низку нітрогеновмісних похідних ізофлавононів, з яких у результаті біологічного скринінгу виділено 7-[2-(4-етилпіперазин-1-іл)етокси]-2-метил-3-(4'-хлорофеніл)-4Н-хромен-4-он (лабораторний шифр 5/09), одержаний шляхом введення піперазинової групи в молекулу ізофлавонону [4]:



Мета даної роботи полягала у вивченні спектра нейротропної активності сполуки 5/09 та експериментальному обґрунтуванні доцільності створення на її основі нового лікарського засобу.

Досліди проведені на статевозрілих щурах Wistar та мишах Balb/c, яким вводили сполуку 5/09 внутрішньошлунково зондом у дозах 30 і 100 мг/кг.

Методи дослідження включали моделювання: ситуаційного тривожного стану («темна/світла камера», «відкрите поле», піднятий хрестоподібний лабіринт (ПХЛ)) [5]; стресоподібного стану (вимушене плавання по Порсолту) [6]; тривожної депресії (резерпінова депресія, депресія у субмісивних самців мишей в результаті «поразок» у хронічних міжсамцевих конфронтаціях); агресії, виробленої у самців мишей в результаті «перемог» у хронічних конфронтаціях [7].

Результати досліджень показали, що профілактичне введення сполуки 5/09 щурам перед тестуванням у «темній/світлій камері» призводило до збільшення (у 3 рази при дозі 30 мг/кг і в 2,2 рази при дозі 100 мг/кг) частоти заходів у світлі відсіки та скорочення часу перебування у темному відсіку камери (відповідно на 40 і 30 %), що свідчить про зменшення тривожності тварин при емоційному стресі та про анксиолітичний ефект сполуки.

В умовах стресу, що моделюється при вимушеному плаванні мишей по Порсолту, у дослідних мишей зменшувалось (у 1,5 рази) число зупинок плавання і на 48 % скорочувався час пасивного плавання, тобто спостерігалось виражене послаблення стану «відчаю» при неunikній дії стресуючого фактору та підвищення стійкості тварин до стресу.

При резерпіновій депресії введення сполуки 5/09 нормалізувало знижену локомоторну активність мишей у «відкритому полі», сповільнювало розвиток блефароптозу (з 2 год у контролі до 4-5 год у дослідних групах) та



зменшувало його виразність з  $(2,5 \pm 0,2)$  балів у контролі до  $(1,6 \pm 0,3)$  балів у досліді ( $P < 0,05$ ), що свідчить про усунення наслідків блокування серотонінергічної системи організму резерпіном та зменшення депресивних проявів.

При введенні сполуки 5/09 (100 мг/кг) субмісивним (підпорядкованим) самцям мишей протягом періоду формування у них депресивного стану (з 5 по 25 конфронтацію) приводило до позитивних змін структури поведінки, що полягали у заміні пасивних форм захисту на активні – зменшенні (на 18%) частки тварин, що захищались втечею, і скороченні (на 20 %) частки мишей з пасивним спротивом (реакція завмирання) під час міжсамцевих сутичок. Про послаблення депресивних наслідків зоосоціального стресу у самців з депресією свідчать також результати тесту на тривожність: після введення сполуки 5/09 зростало число заходів до відкритих променів ПХЛ – з  $(3,7 \pm 0,7)$  с у контролі до  $(7,9 \pm 0,5)$  с у досліді ( $P < 0,05$ ), збільшувався час перебування в них – з  $(14,7 \pm 3,4)$  с до  $(32,0 \pm 0,7)$  с відповідно ( $P < 0,05$ ), а також в 1,5 рази зростало число вертикальних стійок, тобто зменшувалась тривожність та зростала знижена дослідницька активність тварин.

Позитивні ефекти сполуки 5/09 спостерігались також у мишей з виробленим агресивним типом поведінки, що характеризується тривожністю, гіперактивністю та посиленням дослідницької реакції на нового партнера. На цьому тлі лікувальне введення сполуки 5/09 збільшувало латентний час першої атаки (в 1,7 рази), зменшувало частку самців як з прямою (атаки/укуси – зі 100 % у контролі до 80 % у досліді), так і непрямою агресією (розкидання підстилки – з 33 % до 0 відповідно), натомість зростала частка тварин, що демонстрували загрозу без прямої агресії (з 56 % до 75 %), а також нормалізувались показники комунікативності та знижувалась гіперактивність, що свідчить про заспокійливу і протитривожну дію сполуки 5/09.

Отже, аналіз отриманих експериментальних даних доводить, що сполука 5/09 при помірній токсичності ( $LD_{50}$  становить 804 мг/кг) має виражений психонейротропний профіль фармакологічної активності, що особливо виявляється за умов експериментальної патології. Можна припус-

тити, що нітрогеновмісна похідна ізофлавоноу може опосередковано впливати на сигнальні процеси в нервових клітинах та змінювати функціональний стан систем організму завдяким характерній для флавоноїдів високій окисно-відновній здатності молекули.

Таким чином, одержані результати обґрунтовують доцільність подальшого доклінічного вивчення 7-[2-(4-етилпіперазин-1-іл)етокси]-2-метил-3-(4'-хлоро-феніл)-4Н-хромен-4-ону як активної фармакологічної субстанції потенційного лікарського засобу для медикаметозної корекції психоемоційних розладів.

#### Література:

1. Feng Wang, Zhiwen Xu, Chun Tak Yuen et al. 6,2' -Dihydroxyflavone, a subtype - selective partial inverse agonist of GABAA receptor benzodiazepine site // *Neuropharmacology*. – 53. – № 4, 2007. – PP. 574-582.

2. Han-Qing Chena, Xi-Jin Wangc, Zheng-Yu Jina et al. Protective effect of isoflavones from *Trifolium pratense* on dopaminergic neurons // *Neurosci. Res.* – 62. – № 2, 2008. – PP. 123-130.

3. Shingo Akiko, Yamashita Idumi, Unohara Mie et al. Neuroprotective effects of isoflavones as selectiv estrogen receptor modulators // *Bull. Japan. Soc. Neurochem.* – 44. – № 2/3, 2005.– PP. 227-232.

4. Патент №105959, Україна, МПК C07D311/36, A61/K 31/00, C07D 295/04. 7-[2-(4-Етилпіперазин-1-іл)етокси]-2-метил-3-(4-хлорофеніл)-4Н-хромен-4-он та його застосування / І.С. Безверха, С.П. Бондаренко, Т.М. Пантелеймонова та ін.; заявл. 26.11.2012; опублік. 26.05.2014, Бюл. № 10.

5. Воронина Т.А., Середенин С.Б. Методические указания по изучению транквилизирующего (анксиолитического) действия фармакологических веществ / Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М.: ЗАО «Ремедиум», 2000. – С. 126-130.

6. Кудрявцева Н.Н., Августинович Д.Ф., Бондарь Н.П. и др. Экспериментальный подход к скринингу психотропных препаратов в условиях, приближенных к клиническим // *Нейронауки*. – № 1(9), 2007. – С. 5-18.

## СПЕКТРАЛЬНІ КРИТЕРІЇ КОПІГМЕНТАЦІЇ АНТОЦІАНІВ

**Феденко В.С.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*пр. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпро*

*opticlub.fedenko@gmail.com*

Антоціани (глікозиди антоціанідинів) є похідними 2-фенілхроменіліум катіону. Однією із характерних особливостей антоціанів вважають здатність до копігментації. Копігментацію визначають як утворення нековалентних комплексів антоціанів із копігментами, що призводить до змін оптичних характеристик пігменту [1]. Як основні природні копігменти ідентифіковані таніни, флавоноїди, похідні гідроксикоричних кислот. Утворення таких пігментних комплексів відбувається за участю або без участі іонів металу. Унаслідок взаємодії за участю іонів металу можливо утворення нестехіометричних та стехіометричних метал–пігмент–копігментних комплексів (металоантоціанів). Металоантоціани є надмолекулярними нековалентними комплексами, які утворені антоціанами, флавонами та іонами металу у стехіометричному співвідношенні (6 : 6 : 2 відповідно) [1]. Такі природні комплекси ідентифіковані для синіх квіток деяких рослин. Разом з тим, у природних умовах найбільш розповсюдженим явищем є наявність суперпозиції копігментованої та неасоційованої (флавілієвої) форм антоціанів, що створює різноманітність забарвлення у рослин і потребує розробки методичних підходів для диференційної діагностики. Актуальність цієї проблеми також пов'язана із використанням ефекту копігментації антоціанів за різним призначенням (харчові барвники, композиції для фарбування текстильних матеріалів, косметичні засоби, поновлювальні джерела енергії) [2]. У зв'язку з цим найбільш доцільним прийомом дослідження копігментації є використання неруйнівних методів.

Мета роботи – з'ясувати можливості твердофазної спектрофотометрії для ідентифікації металоантоціану у присутності неасоційованої форми пігменту.

Об'єкт дослідження – типи *Centaurea cyanus* L. із різним забарвленням квіток. Для типу із синім забарвленням характерна наявність протоціаніну – металоантоціану, який утворено унаслідок самоасоціації похідних ціанідину, апігеніну та іонів  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  [1]. Для типу із рожевим забарвленням встановлено домінування неасоційованої форми ціанідину. Типи із пурпуровим забарвленням відрізнялись присутністю різних співвідношень копигментованої та неасоційованої форм пігменту.

Спектри відбиття рослинних об'єктів у діапазоні 350–800 нм вимірювали на спектрофотометрі Спекорд М40 з інтегрувальною фотометричною сферою та касетою для математичної обробки даних «Data Handling I», яка дозволяє проводити згладжування із виключенням випадкових шумових піків, нормування та диференціювання спектральних кривих. Інтенсивність у спектрах відбиття представляли в одиницях оптичної густини, а інтенсивність у похідних спектру визначали за нульовим методом, використовуючи відстань між екстремальними точками на спектральній кривій [3].

Встановлено, що домінування неасоційованого ціанідину для типу із рожевим забарвленням обумовило наявність смуги у спектрі при 523 нм. Для протоціаніну (тип із синім забарвленням) спостерігалась смуга із двома розділеними максимумами при 575 і 680 нм, що пов'язано із утворенням більш супряженої системи для надмолекулярного пігментного комплексу. У разі суперпозиції обох форм пігменту (пурпуровий тип забарвлення) характерна смуга у діапазоні 525 – 529 нм із довгохвильовим перегином на спектральній кривій при 660 нм.

Диференціювання спектральних кривих дозволило підвищити розділення смуг, які перекриваються у спектрах у разі наявності обох форм пігменту. Так, у першій похідній спектру для копигментованої форми ціанідину визначено аналітичну смугу із максимумом при 665 нм і мінімумом при 708 нм, а для неасоційованої форми – смугу з максимумом при 515 нм і мінімумом при 555 нм. Співвідношення інтенсивностей цих аналітичних смуг відповідало відносній кількості копигментованої та неасоційованої форм у рослинному об'єкті. У разі домінування протоціаніну (тип із синім забарвленням) величина

такого співвідношення була максимальною (11,0), а для типу із рожевим забарвленням – мінімальною (0,14), а для типу із пурпуровим забарвленням при наявності суперпозиції обох форм пігменту мала проміжне значення (2,75).

Для другої похідної спектру підтверджено аналітичні смуги: мінімум 685 нм – максимум 729 нм і мінімум 523 нм – максимум 542 нм відповідно для копігментованої та неасоційованої форм ціанідину. Подібно диференціюванню першого порядку, співвідношення інтенсивностей цих смуг для другої похідної спектру також може бути діагностичним показником, підвищення якого свідчить про підсилення ефекту копігментації ціанідину.

Отримані результати підтверджують можливість неруйнівного аналізу копігментації антоціанів для з'ясування хімічних аспектів структурної організації надмолекулярних пігментних комплексів та їх функціональної ролі у рослинних об'єктах. Диференціювання спектральних кривих підвищує достовірність ідентифікації. Запропоновані спектральні критерії твердофазного аналізу також можуть бути рекомендовані для дослідження антоціанових пігментів за різним призначенням: стабілізація і модифікація кольорових характеристик харчових барвників, розробка технологій фарбування текстильних матеріалів, створення сонячних батарей, які включають сенсibilізацію цих природних пігментів.

#### Література:

1. Trouillas P., Sancho-Garcia J.C., De Freitas V. et al. Stabilizing and modulating color by copigmentation: insights from theory and experiment // Chem. Rev. – V.116. – N 9, 2016. – PP. 4937-4982.
2. Fedenko V.S., Shemet S.A., Landi, M. UV–vis spectroscopy and colorimetric models for detecting anthocyanin-metal complexes in plants: An overview of *in vitro* and *in vivo* techniques // J. Plant Physiol. – V. 212, 2017. – PP.13-28.
3. Феденко В.С., Стружко В.С. Колориметрія у фізіології та біохімії рослин. Дніпропетровськ: Вид-во Дніпр. держ. ун-ту, 1998. – 68 с.

**АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ СОЛЕЙ  
ПОЛІАЛКІЛ-ЗАМІЩЕНОГО [1,3]ТІАЗОЛО[3,2-*b*][1,2,4]ТРИАЗОЛ-7-ІЮ**

**Фізер М.М., Фізер О.І., Григорка Г.В., Сливка М.В.**

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»*

*вул. Підгірна, 46, 88000, м. Ужгород*

*max.fizer@uzhnu.edu.ua*

Розробка нових функціональних похідних 1,2,4-триазолу, є актуальним завданням сучасної синтетичної органічної хімії, адже, представники даного класу сполук володіють широким спектром біологічної активності, і є перспективними з точки зору дослідження їх фізичних властивостей. Цілий ряд 1,2,4-триазолів вже широко використовуються в різних галузях промисловості та медицини. Ряд триазол-вмісних сполук використовуються як ефективні добавки до фотоемульсій, в якості активних компонентів гербіцидних, фунгіцидних та пестицидних препаратів. Також, у багатьох представників цього класу сполук виявлено антикорозійні властивості. З іншого боку, відомими інгібіторами корозії сталі, в кислому середовищі, є вищі піридинові основи з декількома кільцями піридину, а також, їх сульфовані аналоги. Проте, ряд дослідників відмічають, що такі інгібітори володіють порівняно низькою захисною ефективністю. Тому, пошук більш універсальних хімічних інгібіторів корозії металів, і надалі залишається актуальним науковим завданням.

Нашим колективом активно досліджується можливість використання реакцій електрофільної циклізації для синтезу конденсованих гетероциклічних систем із четвертинним вузловим атомом нітрогену [1-3]. Системи 1,2,4-триазол-3-тіону є привабливі в плані синтетичного дизайну, що в першу чергу обумовлено низькою добре відомих та ефективних методик введення різноманітних замісників у четверте та п'яте положення циклу. Нами синтезовано ряд похідних галогеноводневих солей полізаміщеного [1,3]тіазоло[3,2-*b*][1,2,4]триазол-7-ію (рис.1).

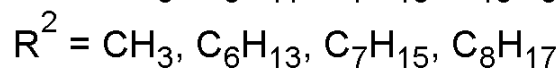
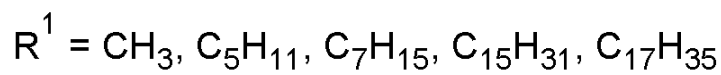
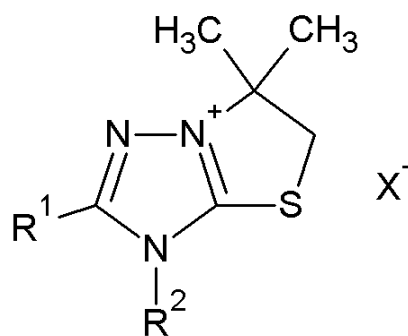


Рис. 1. Загальна формула досліджених сполук

Відмічено антикорозійну активність синтезованих сполук на основі [1,3]тіазоло[3,2-*b*][1,2,4]тріазол-7-ію (рис. 1). Дослідження проводили на модельних зразках сталі Ст5кп розміром 50x20x0,8 мм. В якості корозійного середовища використовували 3-, 6-, та 12-% водні розчини сульфатної кислоти. Швидкість корозійного руйнування визначали гравіметричним методом на п'яти паралельних зразках. Сполуки із довгими алкільними замісниками ( $R^{1/2} = \text{C}_5\text{H}_{11}\text{-C}_{17}\text{H}_{35}$ ) проявили високі антикорозійні властивості при активних концентраціях  $10^{-5}\text{-}10^{-4}$  моль/л.

#### Література:

1. Slivka M., Korol N., Fizer M., Baumer V., Lendel V. [1,3]Thiazolo[3,2-*b*][1,2,4]triazol-7-ium salts: synthesis, properties and structural studies. *Heterocyclic Communication*. – № 24(4), 2018. – С. 197-203.
2. Fizer M.M., Slivka M.V., Lendel V.G. Peculiarities of 4-methallyl-5-methallylamino-1,2,4-triazole-3-thione halogenation. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. – № 55 (4/5), 2019. – С. 478-480.
3. 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 - Chemical Monthly*. – № 151, 2020. – С. 191-198.

**АСОЦІАТИ ЛІПОФІЛЬНИХ АНІОНІВ ІЗ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИМИ  
КАТІОНАМИ НА ПРИКЛАДІ ЦЕТИЛПІРИДИНІЮ**

**Фізер О.І., Фізер М.М.**

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»*

*вул. Підгірна, 46, 88000, м. Ужгород*

*oksana.fizer@uzhnu.edu.ua*

Катіон цетилпіридинію (ЦП), у вигляді хлориду або броміду, знайшов широке використання в промислових та побутових миючих засобах, а також у фармацевтичних препаратах, так як катіонні поверхнево-активні речовини (кПАР) проявляють антибактеріальні властивості [1]. Окрім того, асоціати ЦП з гетерополіаніонами, широко використовуються в органічному синтезі, у якості каталізаторів [1]. У попередніх роботах, ми детально дослідили делокалізацію позитивного заряду ЦП, проаналізувавши електронну будову даного катіону за допомогою методів квантової хімії [2]. Здатність ЦП утворювати стійкі асоціати із ліпофільними аніонами, дозволяє використовувати даний катіон у якості реагенту для визначення різних аніонних форм за допомогою оптичних та електрохімічних сенсорів. Нами був розроблений іон-селективний електрод на основі дипікриламід цетилпіридинію, чутливий до катіону ЦП, в широкому інтервалі концентрацій [3]. Аналізуючи молекулярну та електронну будову асоціату ЦП-дипікриламід, вдалося прослідкувати деякі закономірності між будовою електродо-активної речовини та властивостями самого електроду.

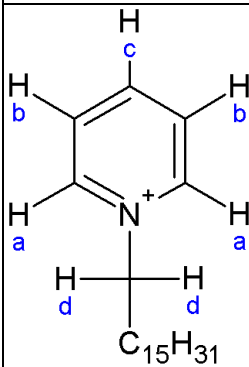
У даній роботі, нами синтезовано ряд малорозчинних асоціатів ЦП, та досліджено їхню будову за допомогою спектральних методів, а саме, ЯМР на ядрах  $^1\text{H}$ . Також, для порівняння, було записано ПМР спектр хлориду ЦП.

У порівнянні із ПМР спектром моногідрату цетилпіридиній хлориду, в спектрах синтезованих ЦП-вмісних асоціатів, помітною є різниця в хімічних зсувах сигналів *орто*-гідрогенів піридинового кільця (зміщення  $\Delta\delta$  складає близько 0,2 м.ч.) та зсув сигналів гідрогенів  $\alpha$ -метиленової групи цетильного ланцюга ( $\Delta\delta$  близько 0,1 м.ч.) (табл.1). Наразі, таку різницю у сигналах, ми



можемо пояснити електростатичним притяганням вказаних гідрогенів до відповідних аніонів, та як наслідок, їх екрануванням.

Таблиця 1. Аналіз хімічних зсувів сигналів протонів у ПМР спектрах солей ЦП з аніонами: хлорид, перхлорат, додецилсульфат, пікрат, дипікриламід, тетрафенілборат

Віднесення гідрогенів катіону ЦП	Аніон	<b>a</b> (дублет) δ, м.ч.	<b>b</b> (триплет) δ, м.ч.	<b>c</b> (триплет) δ, м.ч.	<b>d</b> (триплет) δ, м.ч.
	Cl <sup>-</sup>	9,28	8,18	8,63	4,68
	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	9,04	8,12	8,56	4,55
	C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> OSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,09	8,16	8,61	4,58
	2,4,6-(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	9,08	8,15	8,60	4,58
	[2,4,6-(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> N <sup>-</sup>	9,08	8,15	8,59	4,58
	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub> B <sup>-</sup>	9,04	8,11	8,56	4,55

#### Література:

1. Paley O. Cetylpyridinium chloride // Synlett. – № 25, 2014. – PP. 599-600.
2. Теличка В.С., Фізер О.І., Фізер М.М., Русин І.Ф., Лендел В.Г. Теоретичне дослідження делокалізації заряду у четвертинних амонієвих катіонах на прикладі цетилпіридинію // Науковий вісник Ужгородського університету (Серія Хімія). – № 41(1), 2019. – С. 76-80.
3. Fizer M., Fizer O., Sidey V., Mariychuk R., Studenyak Ya. Experimental and theoretical study on cetylpyridinium dipicrylamide – A promising ion-exchanger for cetylpyridinium selective electrodes // Journal of Molecular Structure. – № 1187, 2019. – PP. 77-85.

**НОВІ ДИМЕРНІ ФУНКЦІОНАЛІЗОВАНІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ  
РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ ІМІДАЗОЛУ І ТРІАЛКІЛАМОНІЮ**

**Шумейко О.Є<sup>1,2</sup>, Капітанов І.В<sup>1</sup>, Попов А.А<sup>1</sup>.**

*<sup>1</sup>Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії*

*ім. Л.М. Литвиненка НАН України*

*Харківське шосе, 50, 02160, м. Київ*

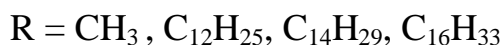
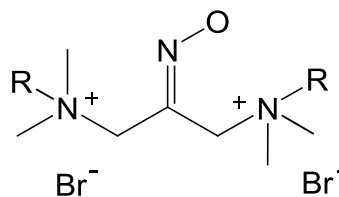
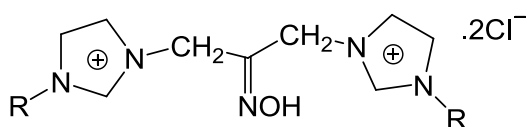
*<sup>2</sup>Інститут органічної хімії НАН України*

*вул. Мурманська, 5, 02660, м. Київ*

*ashumeiko@ukr.net*

Функціоналізація молекул поверхнево-активних речовин (ПАР) реакційно здатними фрагментами дозволяє створювати унікальні ензімоподібні реагенти, в дії яких поєднується кілька різних за своєю природою факторів (концентрування реагентів, зміна характеру мікрооточення), що забезпечують істотну зміну швидкостей хімічних реакцій.

Розроблено методи синтезу нових димеризованих ПАР на основі імідазолу і тріалкіламонію, що варіюються довжиною алкільного замісника і функціоналізовані оксимним фрагментом



Цей метод заснований на попередньому отриманні 1,3-дихлорацетоксима, з подальшим алкілюванням відповідних алкілімідазолів, а також взаємодією 1-хлорацетоксима з диметиламіном і подальшим алкілюванням отриманого продукту додецилбромідом. Розроблено методи синтезу трьох класів ПАР – мономерних і димеризованих катіонних, функціональних і детергентів з реакційно здатним протиіоном.

При використанні такого підходу шляхом введення в молекулу ПАВ ковалентно зв'язаного оксимного фрагменту, який виявляє аномально високу реакційну здатність в процесах перенесення ацильної групи, були отримані ефективні системи для розщеплення токсичних ефірів кислот фосфору та сірки [1, 2].

#### Література:

1. Синтез функционализованных оксимными группами ПАВ на основе имидазола, пиридина и алкиламинов / Шумейко А., Кострикин М., Капитанов И., Сердюк А., Бураков Н., Попов А. // Укр. хим. журнал – Том 85. – № 8, 2019. – С. 59-70.

2. Кислотно-основные свойства функционализированных ПАВ в мицеллярных системах / Капитанов И., Сердюк А., Шумейко А., Прокопьева Т., Попов А. // Укр. хим. Журнал. – Т. 83. – № 8, 2017. – С. 94 – 102.

**УДК 547.673**

### **ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТАНТ КИСЛОТНОСТІ АНТРАХІНОНДІАЗОНІЮ**

**Шупенюк В.І., Тарас Т.М., Сабадах О.П., Лучкевич Є.Р.,**

**Матківський М.П., Сірадчук Ю.Р.**

*Прикарпатський національний університет ім. В.Стефаника*

*вул. Тараса Шевченка, 57, 76018, м. Івано-Франківськ*

*vasyl.shupeniuk@pnu.edu.ua*

Для проведення коректного визначення констант кислотності, під час роботи на КФК, слід користуватися діапазоном світло пропускання в межах 20-80%. У разі роботи з борфторидом, тетрахлоркупратом і навіть відносно добре розчинним сульфатом – антрахінон-1-діазонію, не вдається отримати розчини з концентраціями, що відповідають цим вимогам. З отриманих зразків солей антрахінон-1-діазонію, найкращу розчинність має хлорид антрахінон-1-діазонію. За лужного рН розчин хлориду антрахінон-1-діазонію, має світло пропускання близьке до 80%, а за кислого рН – 25%. Значна відмінність в світлопропусканні дає можливість провести коректне визначення констант кислотності.

Вимірювання проводились за  $\lambda=400$  нм та робочої концентрації хлориду антрахінон-1-діазонію  $8 \cdot 10^{-6}$  М. Отримані результати приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

pH	D	L	pH+L	2pH+L
1,62	0,16			
8,50	0,35	0,32	8,82	17,32
8,79	0,27	0,65	9,44	18,23
8,95	0,22	0,96	9,91	18,86
9,05	0,31	0,46	9,51	18,56
9,39	0,35	0,32	9,71	19,10
9,46	0,46	-0,01	9,45	18,91
9,58	0,43	0,07	9,65	19,23
9,62	0,45	0	9,62	19,24
9,90	0,6	-0,74	9,43	19,33
10,01	0,68	-0,87	9,14	19,15
12,56	0,75			
середнє значення			$9,5 \pm 0,9$	$18,9 \pm 0,8$

Під час спектрометричного визначення кислотно-основних властивостей антрахінон-1-діазонію за різних значень pH середовища було розраховано значення  $pK_{R+}$  та  $pK_C$  (табл. 2):

Таблиця 2

pH	$pK_{R+}$	$pK_C$
8,50	8,82	17,32
8,79	9,44	18,23
8,95	9,91	18,86
9,05	9,51	18,56
9,39	9,71	19,10
9,46	9,45	18,91
9,58	9,65	19,23
9,62	9,62	19,24
9,90	9,43	19,33
10,01	9,14	19,15

Діазопохідні 2-аміноантрахіону на практиці зустрічаються значно рідше, через складності їх синтезу. Але з точки зору вивчення характеристик поведінки антрахіондіазоніїв їх дослідження є необхідним. З усього переліку похідних 2-аміноантрахіону вдалося отримати тільки незаміщений продукт, який і вивчався.

Через низьку доступність 2-аміноантрахіону і відповідно антрахіон-2-діазонію дослідження розпочато з його борфториду, діазотування якого дає найвищі результати.

Результати спектрофотометричного титрування наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

pH	I,%	D	L	pH+L	2pH+L
2,6	97	0,01			
8,2	74	0,13	-0,33	7,87	16,07
8,5	81	0,09	-0,55	7,93	16,45
8,8	84	0,09	-0,57	8,23	17,03
8,9	77	0,11	-0,44	8,46	17,36
9,0	74	0,13	-0,33	8,67	17,67
9,1	76	0,12	-0,38	8,72	17,82
9,3	77	0,11	-0,44	8,86	18,16
9,8	74	0,13	-0,33	9,47	19,27
9,9	79	0,10	-0,51	9,39	19,29
10,1	78	0,11	-0,44	9,66	19,76
11,8	40	0,39			
середнє значення				8,7 ± 0,9	17,9 ± 0,8

Визначення константи кислотності борфториду антрахіон-2діазонію за допомогою спектрофотометричного методу. Отримані значення для констант кислотності антрахіон-2-діазонію не дають можливості однозначно інтерпретувати характер приєднання гідроксид аніону, що можливо пов'язане з високою здатністю цієї сполуки до агрегування, що викликає необхідність проведення

визначень з дуже розведеними розчинами. Отримані дані слід розглядати критично, але вони дають можливість оцінити величину констант кислотності антрахінон-2-діазонію як близьку до кислотності антрахінон-1-діазонію.

З результатів визначення константи кислотності борфториду антрахінон-2-діазонію, константи кислотності мають тільки оцінююче значення, що зумовлене впершу чергу низькою розчинністю тетрафторборидних солей. Використання тетрафторборидних солей не дає можливості проводити визначення константи кислотності при високих значеннях оптичної густини розчинів. Тому для визначення константи кислотності антрахінон-2-діазонію у проводили визначення з використанням сульфату антрахінон-2-діазонію. Ця сіль легко виділяється з кислого розчину після закінчення діазотування, є достатньо стабільною, а її розчинність суттєво вища

Для виявлення можливості взаємодії діазо групи з карбонільним киснем було проведено визначення константи кислотності 2-хлорантрахінон-1-діазонію та 1-хлорантрахінон-2-діазонію. Згідно літературних даних, введення атома хлору в *орто* – положення до діазо групи, повинно дещо збільшити константу кислотності діазосполуки. Одночасно хлор може виступати, як екрануючий замісник взаємодії діазоній катіону з атомом кисню.

З отриманих значень констант кислотності можна очікувати, що для 1- та 2-діазоатрахінону, існування значної області рН середовища в якій концентрація діазо гідроксиду буде достатньо великою і тоді, згідно літературних даних при дослідженні рН середовища більше 9, константа швидкості розкладу діазоскладової повинна суттєво збільшуватися, а швидкість реакції азосполучення відповідно повинна зменшуватися в 10 разів при збільшенні рН середовища на 1.

УДК: 535.372:657.547

## СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИВІРУСНИХ ПРЕПАРАТІВ

Дістанов В.Б., Голубенко Є.А., Пунько В.С., Івченко П.П., Мироненко Л.С.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

*вул. Кирпичьова, 2, 61002, м. Харків*

*distanov@ukr.net*

Актуальною проблемою на даний час є розробка нових лікарських препаратів і біологічно активних речовин, які можуть поліпшити стан здоров'я людини. Тим більше, що останні дослідження вчених з використанням штучного інтелекту виявили майже 6000 нових вірусів [1]. А наскільки вони небезпечні? Яку шкоду вони можуть принести? Відповіді на даний час не має.

Велика кількість класів органічних сполук має неабияку біологічну активність. Одним з таких класів органічних сполук, які можуть допомогти вирішенню цього питання, є формагани.

Багато досліджень присвячено дії формаганів на грампозитивні (*B. subtilis*, *M. luteus*, *B. sphaericus*, *S. aureus*) та грамнегативні (*C. violaceum*, *K. aerogenes*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *S. Paratyphi A*) організми у порівнянні зі стандартними антибактеріальними агентами, як пеніцилін та стрептоміцин при однакових умовах порівняння [2-4].

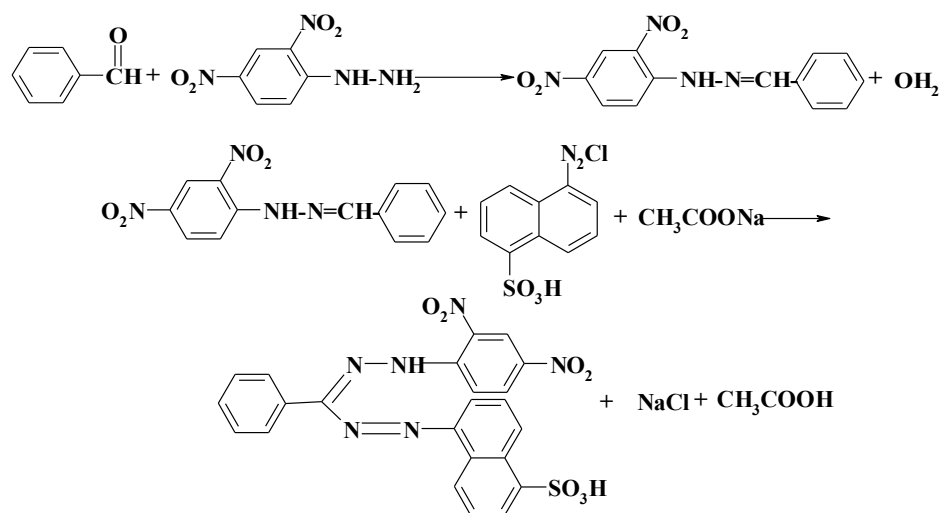
Створення безпечних та ефективних противірусних препаратів складне, оскільки віруси використовують клітини хазяїна для реплікації. Більш того, основна складність розробки вакцин та противірусних препаратів пов'язана з варіацією вірусу, його мутагенністю та при звичаюватися до антибіотиків тощо. Однак гостро стоїть проблема лікування людини після хірургічних втручань або після опікових травм. Перепоною цього є деякі бактерії, які заважають загоюванню поранених місць та не дають можливості скорішого одужання людини.

Як показали попередні дослідження, деякі формагани являються перспективними для боротьби з наступними культурами: *P. Aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis*, *C. albicans*.

Реакція діазонієвих сполук з гідразонами альдегідів є основним способом отримання 1,3,5-тріарилзаміщених формаганів.

Як показали попередні дослідження [5-6] електронна природа замісників в будь якій частині молекули, утворення внутрішньомолекулярних зв'язків (ВМЗ)

суттєво впливає на властивості синтезованих речовин. На цьому етапі роботи ми зосередились на вивченні впливу природи замісників, які знаходяться в альдегідній частині молекули. Тому більша частина роботи була присвячена синтезу різноманітних гідразонів бензальдегіду. При цьому використовувались як похідні бензальдегіду, так і гетерильні альдегіди. На підставі 14 отриманих гідразонів було синтезовано декілька формазанів за наступною схемою (на прикладі синтезу 1-(5-сульфонафтил)-3-феніл-5-(2,4-динітрофеніл)формазану).



Так як з літературних джерел відомо, що і гідразони і формазани мають широкий спектр біологічної активності [7], ми визначили можливу біологічну активність синтезованих сполук за програмою PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) [8].

Був визначений бактеріостатичний ефект деяких формазанів (табл. 1).

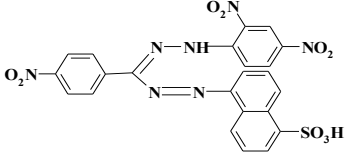
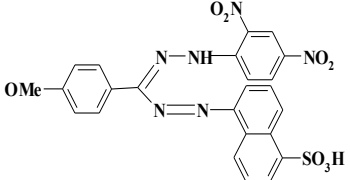
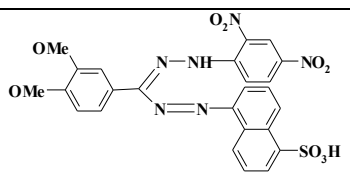
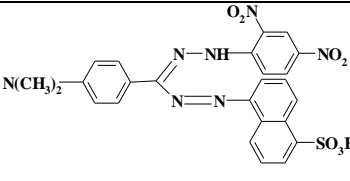
Якщо брати до уваги інші дослідження формазанів, то в порівнянні з ними можна виявити наступні факти:

1. Синтезовані нами формазани проявляють гарну антимікробну дію у порівнянні зі стандартною дозою препарату ципрофлоксацину, а два останні зразки взагалі перевищують його показники.

2. Порівнюючи результати протибактеріальної активності отриманих нами формазанів з результатами інших досліджень, можна висловити думку, що в подальшій роботі бажане додаткове вивчення противірусної активності отриманих формазанів і розширити асортимент таких похідних.



Таблиця 1. Бактеріостатичний ефект синтезованих формазанів

Формаза́н	Зона затримки мікробної діяльності, мм				
	Культура				
	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>C.albicans</i>
	19	21	22	17	22
	21	22	23	18	21
	24	23	25	21	23
	23	23	24	21	22
Std - стандартна доза препарату ципрофлоксацину (100 мкг/диск)	21	22	20	21	21

В той же час, якщо розглядати будову формаза́ну, треба виділити три фрагменти – альдегідну частину, арилгідразинну та діазоскладову. Електронна природа замісників в будь-якій частині молекули може суттєво вплинути на біологічну активність формаза́ну.

#### Література:

1. Mang Shi et al. Redefining the invertebrate RNA virosphere // Nature. no. 540, 2016. – PP. 539–543.
2. Gurusami Mariappan, Rejaul Korim, Nand Madhwa Joshi, Faruk Alam, Rajib Hazarika, Deepak Kumar, Tiewlasubon. Synthesis and biological evaluation of formazan derivatives // Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & research. – Vol. 1. – Issue 4, 2010. – PP. 396-400.

3. Revanasiddappa B. C., Subrahmanyam E. V. S. Synthesis and biological studies of some novel formazans // *Oriental Journal of chemistry*. – Vol. 26. – no. 1, 2010. – PP. 243-246.

4. Amarish B. Samel, Nandini R. Pai Synthesis and Antimicrobial Activity of some novel Formazan Derivatives // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. – Vol. 2. – no. 4, 2010. – PP. 60-67.

5. Дістанов В. Б., Немченко Н. В., Фалалєєва Т. В., Мироненко Л. С. Синтез нових похідних формазанів – потенційних біологічно активних речовин // Тези доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів – 2018». Рубіжне: Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, 2018. – С. 26-30.

6. Голубенко Є.А., Пунько В.С., Івченко П.П., Мироненко Л.С., Калашнікова Т.О., Дістанов В.Б. Арилгідразони – прекурсори для синтезу формазанів // *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Ліки – людині. Сучасні проблеми фармакотерапії і призначення лікарських засобів»*. – Т. 2. Харків: НФУ, 2019. – С. 67-68.

7. Бузыкин Б. И., Липунова Г. Н., Первова И. Г. Прогресс в химии формазанов. Москва: Научный мир, 2009. – 291 с.

8. Way2Drug – Predictive Services / PASS Online. URL: <http://www.pharmaexpert.ru/passonline/index.php> (дата звернення: 10.12.2018).

## *Секція 4*

---

*Електроосадження металічних  
і полімерних покриттів.*

*Захист від корозійного  
руйнування.*

*Лакофарбові та захисні покриття*

---

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ТА КВАНТОВО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ  
N-(n-ХЛОРОФЕНІЛ)-ДЕКАГІДРОАКРИДИНДІОНІВ  
ЯК ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ В СЕРЕДОВИЩІ NS2**

**Калин Т.І., Полтавець М.А.**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

*вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ*

*kalyntetyana68@gmail.com*

Незважаючи на широкий спектр існуючих інгібіторів, синтез нових та створення композицій сполук, здатних уповільнювати корозійні процеси у різних умовах, залишається актуальною проблемою. Значну частину промислових інгібіторів становлять гетероциклічні нітрогеновмісні органічні сполуки. Для інтерпретації багатьох експериментальних явищ використовують теоретичні дослідження взаємозв'язку структурних і електронних параметрів та ефективністю гальмування корозійних процесів.

У роботі досліджено можливі кореляції між експериментальною ефективністю інгібування деяких N-(n-хлорофеніл)-декагідроакридиндіонів (1,2) у середовищі NS2 (z) та квантово-хімічними параметрами, такими як найвища зайнята ( $E_{\text{HOMO}}$ ) і найнижча незайнята ( $E_{\text{LUMO}}$ ) молекулярні орбіталі та їх різниця, ( $\Delta E_{\text{HOMO} - \text{LUMO}}$ ), значення електронегативності ( $\chi$ ), абсолютної жорсткості ( $\eta$ ), абсолютної м'якості ( $\sigma$ ), загальної електрофільності ( $\omega$ ), а також кількості переданих електронів  $\Delta N$  (табл. 1).

Таблиця 1. Розраховані квантово-хімічні параметри досліджуваних сполук

	$E_{\text{HOMO}}$ , eV	$E_{\text{LUMO}}$ , eV	$\Delta E_{\text{H-L}}$ , eV	$\chi$ , eV	$\eta$ , eV	$\sigma$	$\omega$	$\Delta N$	z, %
1	-4,769	-2,226	2,544	3,497	1,272	0,786	4,809	1,377	12,1
2	-4,702	-2,250	2,452	3,476	1,226	0,816	4,927	1,437	36,3

Встановлено, що розраховані квантово-хімічні параметри досліджуваних сполук добре корелюють із захисним ефектом сполук.

**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОПОЛІРУВАННЯ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ  
ЕВТЕКТИЧНОМУ РОЗЧИННИКУ  
НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ Тi - СПЛАВУ**

**Кітик А.А.**

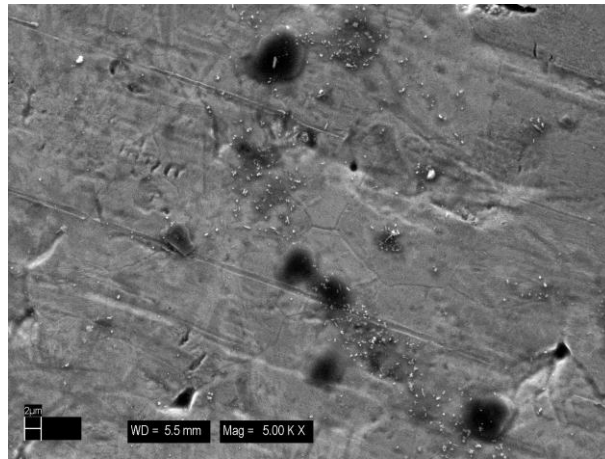
*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

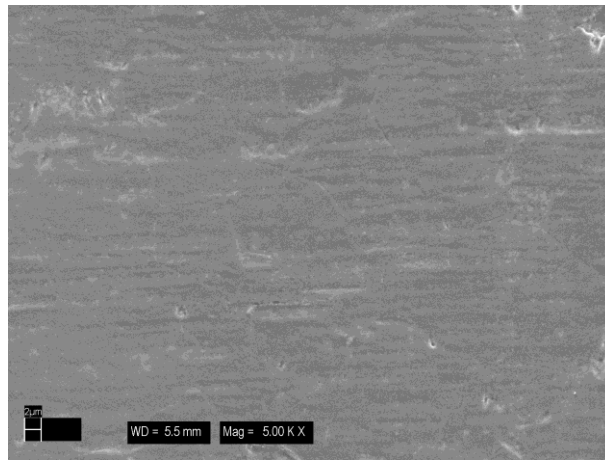
*kitykanna7@gmail.com*

Титан та його сплави знайшли широкого використання як матеріали для виробництва медичних товарів, зокрема імплантатів та протезів [1, 2]. Завдяки своїй хімічній та біоінертності сплави на основі титану мають достатньо високі, у порівнянні з іншими матеріалами, показники корозійної стійкості та часу експлуатації. Однак слід зазначити, що питання удосконалення властивостей поверхні титанових сплавів шляхом механічної, лазерної, хімічної та електрохімічної обробок все ще не втрачають своєї актуальності [3-5]. Технічні титанові сплави без спеціальної обробки їх поверхонь не можуть задовольнити високі клінічні вимоги до біомедичних матеріалів. Ефективним вирішенням цієї проблеми може стати новітня технологія анодної електрохімічної обробки поверхні металів та сплавів, що базується на використанні екологічно безпечного низькотемпературного евтектичного розчинника Ethaline на основі холін хлориду та етиленгліколю [6, 7]. Головними перевагами такої електрохімічної обробки є легкість реалізації, можливість використання кімнатних температур, нетривалість, безпечність для людей та навколишнього середовища, доступність та дешевизна компонентів електроліту.

Результати проведених експериментів показали, що навіть 10 хвилинна анодна обробка сплаву титану (99.36 ваг.% Ti, 0.31 ваг.% Si, 0.33 ваг.% Al) у низькотемпературному евтектичному розчиннику Ethaline за температури 25 °C дозволяє позбутися видимих дефектів (слідів прокату, включень, тощо) та отримати більш гладку та однорідну поверхню (рис. 1).



а



б

Рис. 1. SEM зображення поверхонь необробленого та електрополірованого у Ethaline ( $E = +4$  В,  $\tau = 10$  хв.) сплаву титану (збільшення 5000)

Також підкреслимо, що важливим результатом електрохімічної обробки Ті-сплаву у Ethaline є значне покращення його корозійного опору, про що свідчать результати вимірювання стаціонарних потенціалів та отримані Тафелєвські залежності для необробленої та електрополірованої поверхонь титанового сплаву у розчині 10 ваг.% NaCl (рис. 2, 3).

Як видно з рис. 2 та рис. 3, електрохімічна обробка поверхні Ті-сплаву у Ethaline сприяє зсуву стаціонарного потенціалу та Тафелєвських ділянок залежностей  $\log i - E$  в область більш позитивних потенціалів, що свідчить про збільшення корозійної стійкості. Поліпшення антикорозійних властивостей титанового сплаву після електрохімічної обробки можна пояснити дією двох факторів: по-перше, це зменшенням неоднорідності та дефектності поверхні

після обробки, по-друге, змінами елементного складу зовнішнього шару поверхні Ті-сплаву за рахунок вибіркового розчинення компонентів.

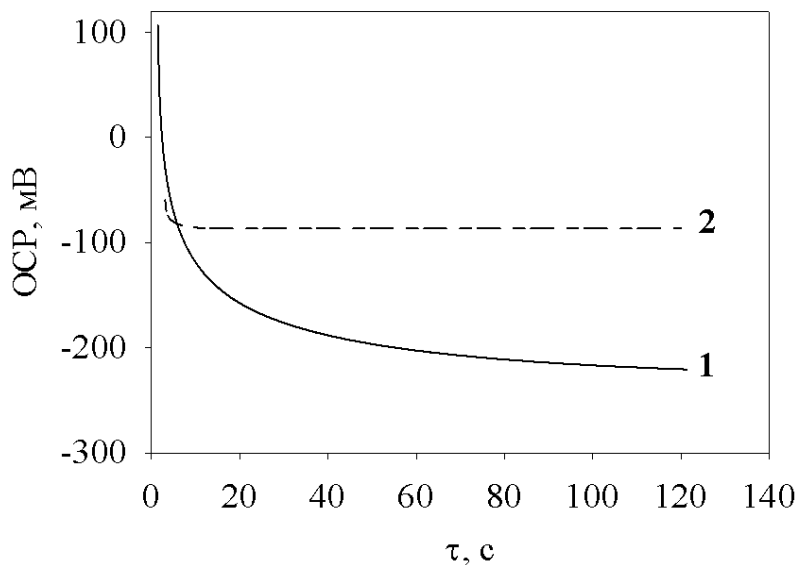


Рис. 2. Залежність від часу стаціонарного потенціалу титанового сплаву у розчині 10 ваг. % NaCl до (1) та після (2) електрохімічної обробки його поверхні у Ethaline ( $E = +4$  В,  $\tau = 10$  хв.,  $t = 25$  °С)

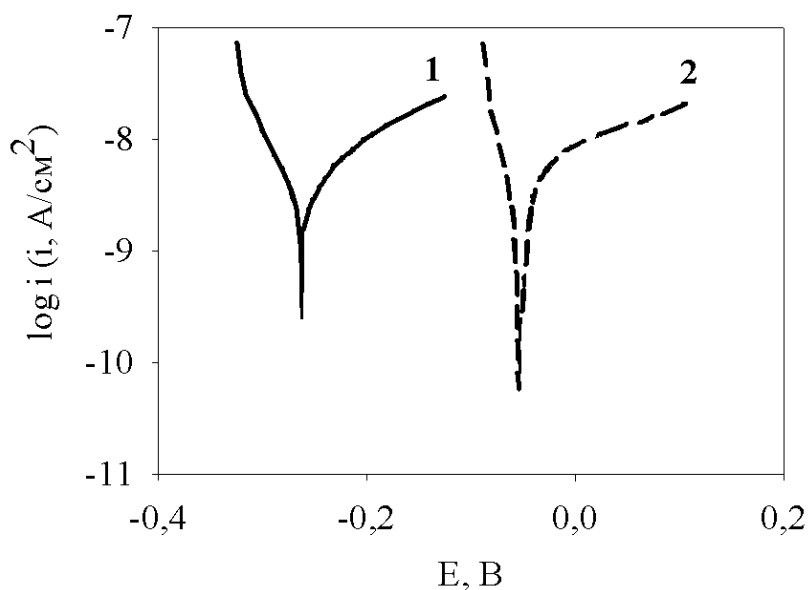


Рис. 3. Тафельські залежності отримані для необробленого (1) та електрополірованого (2) з використанням Ethaline ( $E = +4$  В,  $\tau = 10$  хв.,  $t = 25$  °С) титанового сплаву у розчині 10 ваг. % NaCl

Таким чином, процес електрохімічної анодної обробки титанового сплаву у низькотемпературному евтектичному розчиннику Ethaline може ефективно

використовуватись для поліпшення зовнішніх характеристик поверхні цього сплаву та покращення його корозійної стійкості. Зазначимо, що така обробка є нетривалою, передбачає використання екологічно безпечного електроліту на основі доступних та дешевих компонентів і, що також є важливим, не передбачає використання високих температур.

#### Література:

1. Izman S., Abdul-Kadir M. R., Anwar M., Nazim E. M., Rosliza R., Shah A., Hassan M. A. Surface Modification Techniques for Biomedical Grade of Titanium Alloys: Oxidation, Carburization and Ion Implantation Processes // *Titanium Alloys – Towards Achieving Enhanced Properties for Diversified Applications*. – 9. – PP. 201-228.
2. Bombač D., Brojan M., Fajfar P., Kosel F., Turk R. Review of materials in medical applications // *RMZ – Materials and Geoenvironment*. – Vol. 54. – Iss. 4, 2007. – PP. 471-499.
3. Dehghanghadikolaei A., Fotovvati B. Coating Techniques for Functional Enhancement of Metal Implants for Bone Replacement: A Review // *Materials*. – Vol. 12. – Iss. 1795, 2019. – PP. 1-23.
4. Khosroshahi M. E. Characterization and Evaluation of Surface Modified Titanium Alloy by Long Pulse Nd:YAG Laser for Orthopaedic Applications: An In vivo Study // *Biomedical Engineering, Trends in Materials Science*. – 8. – PP. 169-202.
5. Afzali P., Ghomashchi R., Oskouei R. H. On the Corrosion Behaviour of Low Modulus Titanium Alloys for Medical Implant Applications: A Review // *Metals*. – Vol. 9. – Iss. 878, 2019. – PP. 1-18.
6. Kityk A., Kun O., Pavlik V., Boča M. Electropolishing of stainless steel with a high content of manganese in the deep eutectic mixture ethaline // *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. – Iss. 6, 2019. – PP. 92-98.
7. Kityk A.A., Protsenko V.S., Danilov F.I., Kun O.V., Korniy S.A. Electropolishing of aluminium in a deep eutectic solvent // *Surface and Coatings Technology*. – Vol. 375, 2019. – PP. 143-149.



УДК 621.357.7+621.3.013+66.045.1

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ПОКРИТТІВ У МАГНІТНОМУ ПОЛІ

**Ковальов С.В.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*sv\_kovalyov@i.ua*

Наше ХХІ сторіччя, як і ХХ можна назвати сторіччям нових матеріалів. Саме нові матеріали з заданими властивостями забезпечили стрибкий ривок людства вперед. Розроблена велика кількість різних матеріалів для різних сфер діяльності людини, проте все ще є велика кількість невирішених проблем. Так у теплообмінному обладнанні використання міді обмежено її міцністю і твердістю, тоді як інші властивості міді такі, як найкраща теплопровідність серед металів (за винятком срібла) та корозійна стійкість дозволяють її широке використання.

Нами розроблено пристрій для нанесення покриттів міді електрохімічним способом у слабкому магнітному полі, який дозволяє отримувати шари міді на конструкційних матеріалах у 2-3 рази твердіші за мідний прокат. Пристрій [1] складається з допоміжного електроду (анода), електроліту, робочого електроду (катода), які розташовані в скляній електрохімічній комірці. Потенціал робочого електроду вимірюється за допомогою порівняльного електроду. Анод і катод закріплені в тримачі електродів. Навколо комірки з метою створення магнітного поля обмотаний мідний дріт (соленоїд). Кінці соленоїда підключаються до джерела постійного струму. Струмopідводи катода та анода з'єднуються з джерелом струму для пропускання струму через комірку.

Література:

1. Спосіб електрохімічного одержання покриттів в магнітному полі: пат. 119771 Україна. № а201611847; заявл. 23.12.16; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15. – 4 с.

**ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ПОЛІРУВАННЯ ПОВЕРХНІ НІКЕЛЮ ТА  
МЕЛЬХІОРУ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВОГО ТИПУ ІОННИХ РІДИН –  
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКІВ**

**Проценко В.С., Бутиріна Т.Є., Боброва Л.С., Данилов Ф.Й.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*Vprotsenko7@ukr.net*

Електрохімічне полірування поверхні металів та сплавів широко використовується у промисловості не тільки для покращення зовнішнього вигляду виробів та зниження шорсткості поверхні, але і для підвищення мікротвердості, корозійної стійкості та інших фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей [1–3]. Однак, “традиційні” процеси електрохімічного полірування ґрунтуються на використанні висококонцентрованих розчинів токсичних і шкідливих мінеральних кислот (сульфатної, хлоридної, нітратної, ортофосфатної, тощо) з добавками хромового ангідриду, що, до того ж, експлуатуються за високих температур (90–95<sup>0</sup>С). Такі параметри визначають швидке корозійне руйнування обладнання, створюють надзвичайно шкідливі умови праці для обслуговуючого персоналу та є потенційно небезпечними для довкілля. Тому актуальною є розробка новітніх екологічно привабливих і високоефективних процесів для електрополірування металів і сплавів.

У цьому контексті перспективним видається застосування для електрохімічного полірування електролітів на основі так званих низькотемпературних евтектичних розчинників (deep eutectic solvents, DES) [3–5]. DES є новим типом низькотемпературних іонних рідин, що характеризується відносною доступністю та дешевизною компонентів, простотою у приготуванні та експлуатації, практично нульовим тиском насиченої пари, високою електропровідністю, значним інтервалом електрохімічної стійкості, екологічною безпечністю, нетоксичністю та низькою корозійною активністю. Враховуючи, що для DES притаманна відносно висока в’язкість (у порівнянні з водними розчинами), що є

важливою умовою для реалізації умов електрохімічного полірування [1, 2], ці системи є практично ідеальними для застосування замість традиційних електролітів електрополірування.

У даній роботі був досліджений процес електрохімічного анодного полірування нікелю та сплаву нікель-мідь (мельхіор) з використанням так званого розчинника ethaline. Ethaline є одним з найбільш розповсюджених представників DES, що складається з евтектичної суміші холін хлориду та етиленгліколю (у молярному співвідношенні 1:2, відповідно).

Було показано, що зміна коефіцієнту шорсткості поверхні залежить, насамперед, від тривалості анодної обробки, електродного потенціалу та температури. Встановлено, що найбільш доцільно проводити полірування протягом приблизно 20–30 хв. За меншої тривалості мікрорівнювання профілю поверхні недостатнє. При більшій тривалості електрополірування спостерігається надлишкове розтравлювання поверхні.

Вплив величини потенціалу на коефіцієнт шорсткості після анодної обробки має складний характер. Найкращі результати досягаються, коли потенціал анодної обробки відповідає ділянці пасивного стану (відповідно до поляризаційних вимірювань). Електрополірування за потенціалів, що знаходяться в інтервалі активного або транспасивного розчинення, має наслідком лише несуттєве зниження шорсткості металевої поверхні.

Температура електроліту виявилася ключовим фактором, що визначає якість електрополірування в DES. Найбільш оптимальним виявилось використання температури, близької до кімнатної (приблизно 20<sup>0</sup>C). Підвищення температури суттєво погіршує якість електрохімічного полірування і тому є недоцільним.

Цікаво, що відповідно до даних, отриманих методом рентгеноспектрального електронно-зондового мікроаналізу, при електрополіруванні мельхіору (51%Cu+49%Ni) не спостерігається селективного витравлювання певного компонента, тобто хімічний склад поверхні після анодної обробки не змінюється.

З'ясовано також, що електрохімічне полірування Ni та Ni–Cu сплаву в ethaline суттєво впливає на корозійну поведінку металевої поверхні. Корозійна стійкість визначалась за допомогою методу вимірювання електродного ім.-педансу в модельному агресивному середовищі 3% NaCl при 25 °C. Показано, що спостерігається кореляція між досягнутими значеннями коефіцієнта шорсткості і поляризаційного опору реакції корозійного руйнування. Чим менша кількість поверхневих дефектів (тобто, чим нижче значення коефіцієнта шорсткості після електрополірування), тим вищою є корозійна стійкість.

Таким чином, використання екологічно прийняттого електроліту на основі DES (ethaline) дозволяє реалізовувати анодне електрохімічне полірування нікелю та сплаву мельхіор за температур проведення процесу, близьких до кімнатних. Електрохімічно поліровані поверхні характеризуються підвищеною корозійною стійкістю в агресивному середовищі.

#### Література:

1. Landolt D. Fundamental aspects of electropolishing // *Electrochim. Acta.* – Vol. 32, 1987. – PP. 1-11.
2. Landolt D., Chauvy P. F., Zinger O. Electrochemical micromachining, polishing and surface structuring of metals: fundamental aspects and new developments // *Electrochim. Acta.* – Vol. 48, 2003. – PP. 3185-3201.
3. Kityk A.A., Protsenko V.S., Danilov F.I., Kun O.V., Korniy S.A. Electropolishing of aluminium in a deep eutectic solvent // *Surf. Coat. Technol.* – Vol. – 375, 2019. – PP. 143-149.
4. Karim W.O., Abbott A.P., Cihangir S., Ryder K.S. Electropolishing of nickel and cobalt in deep eutectic solvents // *Trans. Inst. Met. Finish.* – Vol. 96, 2018. – PP. 200-205.
5. Abbott A. P., Ryder K. S., Konig U. Electrofinishing of metals using eutectic based ionic liquids // *Trans. Inst. Met. Finish.* – Vol. 86, 2008. – PP. 196-204.

**УДК: 657.5**

## **ОФСЕТНІ ТИПОГРАФСЬКІ ФАРБИ НА РОСЛИННИХ МАСЛАХ**

**Свердліковська О.С., Черваков О.В.,**

**Буркевич Б.В., Мазіна А.Д., Жарких А.В.**

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро*

*o.sverdlikovska@gmail.com*

Офсетний вид друку є основним методом відтворення видавничої продукції. Він є універсальним, а поліграфічна продукція (книги, етикетки, афішно-плакатна та пакувальна-рекламна продукція) має високу якість відбитків. Фарби для офсетного друку займають 70% всього ринку виробництва поліграфічних фарб.

Вітчизняний ринок України насичений широким асортиментом імпортованих поліграфічних фарб світових компаній з високим рівнем експлуатаційних характеристик для виготовлення якісної поліграфічної продукції, серед яких такі лідери як: Sun Chemical (Dainippon Ink & Chemicals), XSYS Print Solutions (об'єднала BASF Drucksysteme, ANI Printing Inks (колишній Akzo Nobel Inks) у 2004 р. і Flint Ink у 2005 р.), SICPA, Sakata INX, Toyo Ink, Huber Group (включаючи Micro Inks), Tokyo Printing Ink і Siegwark Druckfarben AG. Український виробник поліграфічних офсетних фарб на вітчизняному ринку представлений лише трьома фірмами-виробниками: ПрАТ «УкрНДІСВД» (м. Київ), ТОВ СП «Європрінт» (м. Львів), «Планета-Інкс» (м. Ріпки, Чернігівська обл.). Таким чином, питання розширення ринку виробництва вітчизняної продукції у сфері поліграфії залишається відкритим.

З метою зниження вартості поліграфічних фарб доцільно використовувати дешеві аналоги всесвітньо відомих компонентів, які не поступаються за якістю, однак з'являються проблеми сумісності деяких компонентів у композиції фарби, що в свою чергу ускладнює процес створення нових марок офсетних фарб. У зв'язку з цим кожного року виробники поліграфічних фарб в Україні втрачають зацікавленість до використання вітчизняних фарб і переходять на більш якісну імпортовану продукцію.

Отже, актуальним питанням залишається вирішення проблеми використання імпоротної сировини для виробництва друкарських фарб. Саме тому особливу увагу необхідно звернути на розробку офсетних фарб нового складу з покращеними технологічними параметрами на основі доступних вітчизняних компонентів. З появою нових складів поліграфічних фарб необхідним є розробка та відпрацювання технології їх виготовлення.

Таким чином, першочерговим на сьогодні є створення нових рецептур вітчизняної, конкурентоспроможної, якісної офсетної типографської фарби, яка б задовольняла основним вимогам друкарських фарб – екологічність та простота у роботі.

Саме тому метою даної роботи є розробка нового складу офсетних типографських фарб на рослинних маслах з покращеними оптичними і фізико-механічними властивостями.

Створено нову офсетну типографську фарбу на рослинних маслах блакитного кольору наступного складу: пігмент блакитний (окис заліза TC886, 18%), діоксид титану (TiO<sub>2</sub>, 2%), алкідна смола (IZELKYD RAP S 4560, 41%), розчинник (уайт-спірит, 25%), полімеризоване льняне масло (10%), сикатив універсальний (4%).

Проведено системні дослідження нових офсетних типографських фарб на рослинних маслах. Виявлено вплив компонентів офсетної типографської фарби на її експлуатаційні властивості. Встановлено, що нова офсетна типографська фарба на рослинних маслах блакитного кольору має кращі показники, ніж прототипи фарби вітчизняного та імпортного виробника.

Показники оптичної густини і глянцевої нової офсетної типографської фарби блакитного кольору вищі за прототип імпоротної офсетної фарби у 1,2 рази, а в'язкості та твердості – у 1,5 рази та у 1,1 рази, відповідно. Кислотостійкість та лугостійкість нової офсетної типографської фарби не змінюється, однак імпорتنий прототип під дією лугів втрачає насиченість кольору та частково відшаровується, а під дією кислоти частково руйнується. Адгезія нової офсетної типографської фарби блакитного кольору має відмінні результати, натомість зразок прототипу імпоротної блакитної фарби показав незначне відшаровування покриття частковими та цілими смугами.

**ЕЛЕКТРОЛІТ ДЛЯ ОСАДЖЕННЯ  
СВИНЦЕВО-ОЛОВ'ЯНОГО СПЛАВУ ІЗ ВМІСТОМ ТИТАНУ**

**Плясовська К.А., Варгалюк В.Ф.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*пр. Гагаріна, 72, 49000, м. Дніпро*

*pea041975@gmail.com*

Матеріали із вмістом діоксидів вентильних металів останнім часом набувають усе більшого поширення у зв'язку з рядом специфічних властивостей цих речовини. Особливу цікавість викликають каталітичні та фотокаталітичні властивості  $TiO_2$  [1], але й діоксиди плюмбуму (IV) та стануму (IV) залишаються у фокусі уваги вчених [2-3]. Створення сплаву, який би містив усі перелічені компоненти, дозволило би створювати на його поверхні міцні, каталітично активні оксидні плівки, здатні до саморегенерації. Утворення такого потрібного сплаву термічним шляхом зіткнулося із певними труднощами, що зробило такий шлях неефективним.

Раніше нами був створений електроліт лудіння, що містив калію метатитанат, з якого осаджували композиційні матеріали  $Sn(TiO_x)$  [4]. При комбінуванні його з лужним гліцератним електролітом свинцювання [5] був отриманий електроліт складу:  $KOH$  – 100-150 г/л,  $SnCl_2$  – 8-32 г/л,  $(CH_3COO)_2Pb$  – 25-100 г/л,  $K_2TiO_3$  – 0,15-0,25 г/л, гліцерол – 30-60 г/л. Була проведена оптимізація складу електроліту та умов електролізу за критеріями вмісту титану у покритті, корозійної стійкості та якості поверхні покриттів. За такими показниками було визначено, що оптимальною температурою електроліту є 20-30 °С, інтервал густин струму 1-2 А/дм<sup>2</sup>, співвідношення площі катоду до площі аноду – не менше 1 : 2. Варіювання складу електроліту у вказаних вище границях не призводило до значного погіршення якості покриттів, але максимальний вміст титану ( $12,7 \cdot 10^{-6}$  моль/см<sup>2</sup>) за інших однакових умов електролізу був зафіксований у електроліті, що містив 16 г/л  $SnCl_2$  та 75 г/л  $(CH_3COO)_2Pb$ .

#### Література:

1. Chen Z. H. Photo-catalytic activity test for titanium dioxide with artist's pigments and dyes of the 20th century // Master science thesis, 2013. – 53 p.
2. Batzill M., Diebold U. The surface and materials science of tin oxide // Prog. Surf. Sci. – Vol. 79, 2005. – PP. 47-154.
3. Siqueira J. L. P., Carlos I. A. The effect of sorbitol on the morphological characteristics of lead–tin films electrodeposited from an alkaline bath // Journal of Power Sources. – Vol. 169, 2007. – PP. 361-368.
4. Варгалюк В. Ф., Плясовская Е. А., Нестер Е. И. Электроосаждение олова в присутствии  $K_2TiO_3$  // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія: Хімія. – Т. 24. – № 1, 2016. – С. 7-12.



## АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

А		Бутенко Е.О.		172
Аксеновська О.А.	53	Бутиріна Т.Є.		218
Аксьонова О.Ф.	146	В		
Андрусевич Я.В.	158	Варваренко С.М.		48, 175
Аніщенко А.О.	171	Варгалюк В.Ф.		188, 223
Аношенкова Р.М.	117	Варлан К.Є.		61
Б		Василечко В.О.		112
Балог І.М.	186	Вишнікін А.Б.		127, 136
Барашовець Я.О.	106	Волнянська О.В.		98, 100, 101
Барщевська Г.К.	87	Волощук І.В.		158
Батаєв М.М.	36	Г		
Батаєв Ю.М.	36	Гамерник Р.В.		112
Бельмега І.І.	119	Головко Д.А.		106
Беляновська О.А.	44	Головко- Камошенкова О.М.		177
Биков О.І.	87	Голубенко Є.А.		207
Боброва Л.С.	218	Гончарова І.В.		106
Бойко Ю.В.	20, 136	Григорка Г.В.		198
Бойчук Б.Я.	123	Губський С.М.		146
Броварець В.С.	158	Д		
Булко О.В.	57	Данилов Ф.Й.		218
Буркевич Б.В.	221	Дейнека К.Ю.		90

<b>Деркач О.Д.</b>	15	<b>І</b>	
<b>Джужа О.В.</b>	53, 57	<b>Іванова І.С.</b>	40
<b>Джулай І.В.</b>	182	<b>Івченко П.П.</b>	207
<b>Дзязько Ю.С.</b>	40	<b>К</b>	
<b>Діль К.В.</b>	184	<b>Кабат О.С.</b>	27
<b>Дістанов В.Б.</b>	207	<b>Калин Т.І.</b>	212
<b>Драган К.С.</b>	34	<b>Калина В.С.</b>	156
<b>Дронь І.А.</b>	47	<b>Кальченко В.І.</b>	167
<b>Дудін В.Ю.</b>	15	<b>Капітанов І.В.</b>	202
<b>Є</b>		<b>Карпова І.Л.</b>	34
<b>Єсипенко О.А.</b>	167	<b>Катрук Д.С.</b>	33
<b>Ж</b>		<b>Кисіль Х.В.</b>	33
<b>Жарких А.В.</b>	221	<b>Кіосе О.О.</b>	65
<b>Жданюк Н.В.</b>	72	<b>Кітик А.А.</b>	213
<b>Железнова Л.І.</b>	51	<b>Клочко С.В.</b>	158
<b>З</b>		<b>Коваленко Н. В.</b>	153
<b>Завгородня К.О.</b>	61	<b>Коваленко С.І.</b>	180
<b>Загорний М.М.</b>	36	<b>Ковальов С.В.</b>	217
<b>Зарецька Д.К.</b>	150	<b>Ковальова О.С.</b>	156
<b>Й</b>		<b>Колобич С.В.</b>	108
<b>Йорш Г.П.</b>	127	<b>Копіч В.М.</b>	158
		<b>Корнієнко О.А.</b>	36, 87

<b>Король Н.І.</b>	177	<b>Мазіна А.Д.</b>	221
<b>Костюк О.М.</b>	182	<b>Майкович О.В.</b>	175
<b>Кот С.М.</b>	146	<b>Макогон В.М.</b>	68
<b>Кравець А.К.</b>	98, 100, 101	<b>Максименко Л.А.</b>	153
<b>Кравченко С.В.</b>	171	<b>Мамуня Є.П.</b>	12
<b>Красовська Н.І.</b>	180	<b>Манзюк М.В.</b>	98, 100, 101
<b>Крутоус Д.І.</b>	15	<b>Матківський М.П.</b>	203
<b>Кузик А.Д.</b>	123	<b>Мироненко Л.С.</b>	207
<b>Кулик О.В.</b>	25	<b>Мироняк М.О.</b>	100, 101
<b>Кулініч М.А.</b>	162	<b>Михалічко Б.М.</b>	31
<b>Куліш Б.І.</b>	33	<b>Місюра А.І.</b>	12
<b>Кут М.М.</b>	186	<b>Мякуш О.Р.</b>	140
<b>Л</b>		<b>Н</b>	
<b>Лавренюк О.І.</b>	31	<b>Назаренко К.Г.</b>	182
<b>Лавриненко О.М.</b>	36	<b>Науменко О.П.</b>	162
<b>Ларченко С.В.</b>	102	<b>Нестерівська С.П.</b>	83
<b>Лендєл В.Г.</b>	177, 186	<b>Ніколенко М.В.</b>	98, 100, 101
<b>Ложичевська Т.В.</b>	65	<b>Носова Н.Г.</b>	48
<b>Лучкевич Є.Р.</b>	203	<b>Носуленко І.С.</b>	180
<b>Льошина Л.Г.</b>	57	<b>О</b>	
<b>М</b>		<b>Оковитий С.І.</b>	184
<b>Масюк А.С.</b>	33	<b>Онисько М.Ю.</b>	186

<b>Осіпова А.О.</b>	167	<b>Рібун В.С.</b>	94
<b>Осокін Є.С.</b>	188	<b>Рогальський С.П.</b>	53, 57
<b>П</b>		<b>Роговцов О.О.</b>	51
<b>Пальчик О.В.</b>	40	<b>Рула І.В.</b>	25, 113
<b>Пантелеймонова Т.М.</b>	191	<b>С</b>	
<b>Пашенко Н.О.</b>	127	<b>Сабадах О.П.</b>	203
<b>Перлова О.В.</b>	40	<b>Савін С.М.</b>	65
<b>Петраченко Д.О.</b>	113	<b>Самарик В.Я.</b>	47, 48
<b>Петрушина Г.О.</b>	61, 136	<b>Самелюк А.В.</b>	87
<b>Пирогова А.Г.</b>	171	<b>Свердліковська О.С.</b>	28, 221
<b>Плясовська К.А.</b>	223	<b>Сердюк М.Є.</b>	150
<b>Полонський В.А.</b>	188	<b>Сєров Д.І.</b>	182
<b>Полтавець М.А.</b>	212	<b>Сидорко М.С.</b>	68
<b>Полюжин І.П.</b>	108	<b>Сидорова Л.П.</b>	117, 127, 133
<b>Попов А.А.</b>	202	<b>Синичич Л.І.</b>	102
<b>Притика Д.В.</b>	127	<b>Сиса Л.В.</b>	119, 140
<b>Протасюк Є.В.</b>	133	<b>Ситар В.І.</b>	27
<b>Проценко В.С.</b>	218	<b>Сінчук О.В.</b>	61
<b>Пунько В.С.</b>	207	<b>Сірадчук Ю.Р.</b>	203
<b>Пустовой Г.М.</b>	44	<b>Складанюк М.Б.</b>	144
<b>Р</b>		<b>Скляренко А.І.</b>	44
<b>Решетняк О.В.</b>	68, 83	<b>Скорохода В.Й.</b>	33

<b>Сливка М.В.</b>	177, 198	<b>Ф</b>	
<b>Слюсарчук Л.І.</b>	51	<b>Феденко В.С.</b>	195
<b>Смірнова О.Я.</b>	108	<b>Фізер М.М.</b>	198, 200
<b>Сова Н.А.</b>	113, 153	<b>Фізер О.І.</b>	198, 200
<b>Сокирко М.Ю.</b>	144	<b>Фрасинюк С.М.</b>	191
<b>Солдаткіна Л.М.</b>	130	<b>Х</b>	
<b>Ставицький В.В.</b>	180	<b>Харитонов М.М.</b>	113
<b>Стасюк А.В.</b>	47	<b>Хиля В. П.</b>	191
<b>Сташків О.Д.</b>	112	<b>Ц</b>	
<b>Степаненко А.О.</b>	28	<b>Циганкова В.А.</b>	158
<b>Стеценко В.П.</b>	87	<b>Ч</b>	
<b>Сухий К.М.</b>	44	<b>Черваков О.В.</b>	221
<b>Сухий М.П.</b>	44, 143	<b>Чернявська А.Ю.</b>	127
<b>Т</b>		<b>Чернявська Т.В.</b>	53, 57
<b>Тарас Т.М.</b>	203	<b>Чигвінцева О.П.</b>	20, 23
<b>Тарасюк І.В.</b>	94	<b>Чудинович О.В.</b>	72
<b>Тарасюк О.П.</b>	53, 57	<b>Чурсінов Ю.О.</b>	156
<b>Токар А.В.</b>	102	<b>Ш</b>	
<b>Торяник Д.О.</b>	146	<b>Шанталій Т.А.</b>	34
<b>Трибрат О.О.</b>	167	<b>Шарабура Л.Б.</b>	191
<b>Трунова О.К.</b>	51	<b>Швиденко К.В.</b>	182
		<b>Швиденко Т.І.</b>	182

<b>Шевченко А.О.</b>	136	<b>К</b>	
<b>Шевченко Л.В.</b>	106	<b>Kamenska T.A.</b>	80
<b>Штомпель О.І.</b>	158	<b>Karaush-Karmazin N.M.</b>	74
<b>Шумейко О.Є.</b>	202	<b>Kostiv I.S.</b>	178
<b>Шунькін І.С.</b>	143	<b>М</b>	
<b>Шупенюк В.І.</b>	203	<b>Makarenko D.O.</b>	5
<b>Я</b>		<b>Minaev B.F.</b>	74
<b>Яковів М.В.</b>	175	<b>Р</b>	
<b>Ятчишин Й.Й.</b>	108	<b>Predrag Dašić</b>	9
<b>Яцишин М.М.</b>	68, 83	<b>S</b>	
<b>В</b>		<b>Semeniv V.S.</b>	80
<b>Baryshnikov G.V.</b>	74	<b>Serhienko Y.O.</b>	46
<b>Berezhnytska O.S.</b>	78, 80	<b>Smirnova O.V.</b>	164
<b>С</b>		<b>Sukhyy K.M.</b>	46
<b>Chigvintseva O.P.</b>	9	<b>Т</b>	
<b>D</b>		<b>Tolkunov A.S.</b>	164
<b>Derkach O.D.</b>	5	<b>Tolkunov S.V.</b>	164
<b>Derkach P.O.</b>	5	<b>Tolkunov V.S.</b>	164
<b>Н</b>		<b>Trunova O.K.</b>	78, 80
<b>Havryliv R.I.</b>	178	<b>V</b>	
<b>I</b>		<b>Vasarab-Kozhushna O.Yu.</b>	5
<b>Ivakha N.B.</b>	78	<b>Vintoniak S.P.</b>	178

## З М І С Т

### **Секція 1. Полімерне матеріалознавство.**

<b>Хімія та технологія композиційних наноматеріалів . . . . .</b>	<b>4</b>
<b><i>Derkach O.D., Makarenko D.O., Derkach P.O., Vasarab-Kozhushna O.Yu.</i></b>	
Investigation of the properties of structural plastics filled with exhausted polyethylene . . . . .	5
<b><i>Chigvintseva O.P., Predrag Dašić</i></b>	
Thermal properties of aromatic polyester polyarylate . . . . .	9
<b><i>Місюра А.І., Мамуня Є.П.</i></b>	
Вплив інверсії фаз на механічні і термічні характеристики наповненої полімерної суміші . . . . .	12
<b><i>Деркач О.Д., Дудін В.Ю., Крутоус Д.І.</i></b>	
Розробка нових полімерно-композитних матеріалів для обертових елементів сільськогосподарської техніки . . . . .	15
<b><i>Чигвінцева О.П., Бойко Ю.В.</i></b>	
Вивчення процесів тертя та зношування органопластика на основі фенілону С-1 . . . . .	20
<b><i>Чигвінцева О.П.</i></b>	
Органопластики на основі поліарилатсульфонового блок-сополімеру. . . . .	23
<b><i>Рула І.В., Кулик О.В.</i></b>	
Властивості армованих вуглепластиків . . . . .	25
<b><i>Кабат О.С., Ситар В.І.</i></b>	
Визначення тиску при брикетуванні прес-матеріалів на основі термостійких полімерів. . . . .	27
<b><i>Свердліковська О.С., Степаненко А.О.</i></b>	
Розробка асортименту дизайнерського картону . . . . .	28
<b><i>Лавренюк О.І., Михалічко Б.М.</i></b>	
Перспективи отримання важкогорючих матеріалів на основі епоксіамінних композицій з ефектом самозгасання в умовах пожежі . . . . .	31

<b><i>Катрук Д.С., Масюк А.С., Кисіль Х.В., Куліш Б. І., Скорохода В.Й.</i></b>	
Стійкість полілактидних матеріалів до водних середовищ різної природи . . . . .	33
<b><i>Шанталій Т.А., Карпова І.Л., Драган К.С.</i></b>	
Термічні властивості композитів на основі поліімідовмісних полімерів та етоксисиланів . . . . .	34
<b><i>Загорний М.М., Лавриненко О.М., Батаєв М.М., Батаєв Ю.М. Корнієнко О.А.</i></b>	
Вплив УФ опромінення на парамагнітні характеристики оболонкових нанокompозитів на основі магнетиту і благородних металів . . . . .	36
<b><i>Перлова О.В., Дзязько Ю.С., Іванова І.С., Пальчик О.В.</i></b>	
Нанокompозити на основі гідрофосфату цирконію та графен оксиду – перспективні матеріали для вилучення сполук урану (VI) з модельних розчинів . . . . .	40
<b><i>Беляновська О.А., Пустовой Г.М., Сухий К.М., Склярєнко А.І., Сухий М.П.</i></b>	
Полімер-неорганічні нанодисперсні композитні матеріали для адсорбційних холодильних геліоустановок . . . . .	44
<b><i>Serhiienko Y.O., Sukhyu K.M.</i></b>	
Technology of receiving new materials increasing the effectiveness of the adsorts thermal energy converters of silicagel - crystal hydrate type and a study of their properties . . . . .	46
<b><i>Дронь І.А., Стасюк А.В., Самарик В.Я.</i></b>	
Властивості гідрогелів на основі пектину з різним ступенем естерифікації . . . . .	47
<b><i>Носова Н.Г., Варваренко С.М., Самарик В.Я.</i></b>	
Отримання поліакриламідних гідрогелів, армованих поліпропіленовою сіткою . . . . .	48
<b><i>Железна Л.І., Слюсарчук Л.І., Роговцов О.О., Трунова О.К.</i></b>	
Синтез кобальтиту неодиму і нікелату лантану на гранулах оксиду алюмінію з гетерометалічних прекурсорів . . . . .	51



<b><i>Рогальський С.П., Джуужа О.В., Чернявська Т.В., Тарасюк О.П., Аксеновська О.А.</i></b>	
Пластифікація полівінілхлориду N,N,N',N'-тетрабутил себациламідом. . . . .	53
<b><i>Рогальський С.П., Тарасюк О.П., Льошина Л.Г., Булко О.В., Джуужа О.В., Чернявська Т.В.</i></b>	
Антимікробний полімерний композит пролонгованої дії на основі поліуретану . . . . .	57
<b><i>Варлан К.Є., Завгородня К.О., Сінчук О.В., Петрушина Г.О.</i></b>	
Іоногенні плівочні матеріали на основі олігоалкіленоксидів . . . . .	61
<b><i>Кіосе О.О., Савін С.М., Ложичевська Т.В.</i></b>	
Вплив активних розріджувачів на температурний коефіцієнт реакції у процесах затверднення епоксидних смол . . . . .	65
<b><i>Сидорко М.С., Макогон В.М., Яцишин М.М., Решетняк О.В.</i></b>	
Сорбція іонів Cr(VI) композитами природний мінерал/поліанілін . . . . .	68
<b><i>Жданюк Н.В., Чудинович О.В.</i></b>	
Сорбція іонів Cr(VI) палигорськітом, модифікованим гексадецилтриметиламоній бромідом . . . . .	72
<b><i>Karaush-Karmazin N.M., Baryshnikov G.V., Minaev B.F.</i></b>	
DFT computational design of one-dimensional tetrathia- and tetraselena[8]circulene-based materials . . . . .	74
<b><i>Ivakha N.B., Berezhnytska O.S., Trunova O.K.</i></b>	
Comparison of spectral-luminescent properties of metal polymers Nd(III), Er(III), Yb(III) . . . . .	78
<b><i>Semeniv V.S., Berezhnytska O.S., Kamenska T.A., Trunova O.K.</i></b>	
New heterometallic coordination compounds of zinc and silver (I) based on ethylenediamine disuccinic acid . . . . .	80
<b><i>Нестерівська С. П., Яцишин М. М., Решетняк О.В.</i></b>	
Адсорбційні властивості поліаніліну та композитів глауконіт/поліанілін–фосфатна кислота стосовно Cr(VI) . . . . .	83
<b><i>Корнієнко О.А., Барщевська Г.К., Биков О.І., Самелюк А.В., Стеценко В.П.</i></b>	
Взаємодія оксидів цирконію, лантану та європію при температурі 1250 °С . . . . .	87

*Дейнека К.Ю.*

Вплив структури полідисперсного завантаження на швидкість  
обертання барабана при досягненні максимального розмаху  
автоколивань . . . . . 90

*Рібун В.С., Тарасюк І.В.*

Вторинна переробка як метод утилізації відходів пластмас . . . . . 94

*Секція 2. Аналітична хімія навколишнього середовища  
та продуктів агровиробництва. Інноваційні технології  
харчової промисловості.* . . . . . 97

*Кравець А.К., Манзюк М.В., Волнянська О.В., Ніколенко М.В.*

ІЧ- спектроскопічне дослідження природи зв'язку малорозчинної  
сполуки етонію з 12-молібдофосфатною гетерополікислотою . . . . . 98

*Кравець А.К., Манзюк М.В., Волнянська О.В., Мироняк М.О.,  
Ніколенко М.В.*

Визначення етонію методом амперометричного титрування . . . . . 100

*Кравець А.К., Манзюк М.В., Волнянська О.В.,  
Мироняк М.О., Ніколенко М.В.*

Визначення бензалконію хлориду електрохімічними методами . . . . . 101

*Токар А.В., Ларченко С.В., Синичич Л.І.*

Карбосилікагель як перспективний сорбент для поліпшення  
якості питної води . . . . . 102

*Головко Д.А., Гончарова І.В., Шевченко Л.В., Барашовець Я.О.*

Інноваційні фератні технології для водоочищення . . . . . 106

*Полюжин І.П., Смірнова О.Я., Колобич С.В., Ятчишин Й.Й.*

Прогнозування утримування похідних 1,4-нафтохінону в умовах  
обернено-фазової високоефективної рідинної хроматографії з  
ацетонітрильним елюентом . . . . . 108

*Сташків О.Д., Василечко В.О., Гамерник Р.В.*

Люмінесцентні властивості композиції  
«клиноптилоліт-Уь(III)-ПАН» . . . . . 112

*Харитонов М.М., Рула І.В., Сова Н.А., Петраченко Д.О.*

Термічний аналіз волокон луб'яних культур . . . . . 113

<b><i>Аношенкова Р.М., Сидорова Л.П.</i></b>	
Аналітичний контроль якості деяких косметичних зразків . . . . .	117
<b><i>Бельмега І.І., Сиса Л.В.</i></b>	
Порівняльна оцінка гідрохімічних параметрів річок Лімниця та Дністер у місці їх злиття . . . . .	119
<b><i>Бойчук Б.Я., Кузик А.Д.</i></b>	
Оцінка ефективності роботи очисних споруд міста Яремче за гідрохімічними показниками річки прут . . . . .	123
<b><i>Вишнікін А.Б., Сидорова Л.П., Чернявська А.Ю., Пащенко Н.О., Йорш Г. П., Притика Д.В.</i></b>	
Спектрофотометричне дослідження взаємодії катіонного флокулянта марки FO4800 з органічними барвниками . . . . .	127
<b><i>Солдаткіна Л.М.</i></b>	
Оптимізація адсорбційного вилучення антоціанів на волокнистому катіоніті ФІБАН К-1 . . . . .	130
<b><i>Сидорова Л.П., Протасюк Є.В.</i></b>	
Визначення суміші барвників Е110 та Е124 у модельних розчинах спектрофотометричними методами . . . . .	133
<b><i>Петрушина Г.О., Бойко Ю.В., Шевченко А.О., Вишнікін А.Б.</i></b>	
Потенціометричне визначення гідрохінону . . . . .	136
<b><i>Сиса Л.В., Мякуш О.Р.</i></b>	
Хімічне забруднення ґрунтів внаслідок ерозії териконів вугільних шахт в околицях міста Червонограда . . . . .	139
<b><i>Шунькін І.С., Сухий К.М.</i></b>	
Недосконалість методу отримання лецитину з фосфатидного концентрату . . . . .	143
<b><i>Сокирко М.Ю., Складанюк М.Б.</i></b>	
Дослідження рослинних олій медичного призначення фізико- хімічними методами аналізу . . . . .	144
<b><i>Аксьонова О.Ф., Губський С.М., Торяник Д.О., Кот С.М.</i></b>	
Використання високоефективного підсолоджувача сукралози у виробництві кексу сирного . . . . .	146

<b><i>Зарецька Д.К., Сердюк М.Є.</i></b>	
Зміни хімічного складу м'яти перцевої після заморожування та кріогенного зберігання . . . . .	150
<b><i>Сова Н.А., Максименко Л.А., Коваленко Н.В.</i></b>	
Характеристика сировини для виробництва білкових концентратів та ізолятів . . . . .	153
<b><i>Чурсінов Ю.О., Ковальова О.С., Калина В.С.</i></b>	
Методи обробки соків аморанту та люцерни для отримання біологічно-активних кормових добавок . . . . .	156
<b><i>Циганкова В.А., Волощук І.В., Андрусевич Я.В., Штомпель О.І., Коніч В.М., Ключко С.В., Броварець В.С.</i></b>	
Застосування івіну, метіуру та каметуру для регуляції росту рослин кукурудзи ( <i>Zea mays</i> L.) сорту діалог ФАО 300 . . . . .	158
<b><i>Науменко О.П., Кулініч М.А.</i></b>	
Інноваційне обладнання швидкого приготування . . . . .	162
<b><i>Секція 3. Актуальні проблеми синтезу, структури та реакційної здатності органічних та елементоорганічних сполук . . . . .</i></b>	<b>163</b>
<b><i>Tolkunov V.S., Tolkunov A.S., Smirnova O.V., Tolkunov S.V.</i></b>	
Synthesis of isomeric methyl [1,3]oxazolo[4,5-b] pyridine carboxylate and [1,3]oxazolo[4,5-b] pyridine carboxylic acid . . . . .	164
<b><i>Трибрат О.О., Осінова А.О., Єсипенко О.А., Кальченко В.І.</i></b>	
Внутрішньохіральні калікс[4]ареноцтові кислоти: синтез та енантіорозділюючі властивості . . . . .	167
<b><i>Аніщенко А.О., Пирогова А.Г., Кравченко С.В.</i></b>	
Про особливості реакції ацилювання аренів . . . . .	171
<b><i>Бутенко Е.О.</i></b>	
Вивчення протікання реакцій карбонільних сполук на основних центрах активованих вуглеців . . . . .	172
<b><i>Варваренко С.М., Яковів М.В., Майкович О.В.</i></b>	
Особливості кополіконденсації флуоресцеїну з 2-(додеканоїламіно) пентадіовою кислотою за реакцією стегліха . . . . .	175
<b><i>Король Н.І., Головка-Камошенкова О.М., Сливка М.В., Лендел В.Г.</i></b>	
Бромоциклізація 5,5'-бутан-біс-4-феніл-1,2,4-триазолів. . . . .	177

<b><i>Kostiv I.S., Havryliv R.I., Vintoniak S.P.</i></b>	
Determination of optimal conditions for obtaining 1,3,4-trimethylcyclohex-3-encarbaldehyde . . . . .	178
<b><i>Красовська Н.І., Ставицький В.В., Носуленко І.С., Коваленко С.І.</i></b>	
Підходи до синтезу, модифікація та протизапальна активність етил 2-([1,2,4]триазоло[1,5-с]хіназолін-2-іл)-карбонових кислот . . . . .	180
<b><i>Сєров Д.І., Швиденко К.В., Джулай І.В., Назаренко К.Г., Швиденко Т.І., Костюк О.М.</i></b>	
Препаративний метод синтезу 1-гетарилциклопропанкарбонових кислот та їх похідних . . . . .	182
<b><i>Діль К.В., Оковитий С.І.</i></b>	
Квантово-хімічне моделювання ксантану . . . . .	184
<b><i>Кут М.М., Онисько М.Ю., Балог І.М., Лендел В.Г.</i></b>	
Електрофільна циклізація 2-пропаргілтіопіримідин-4-онів <i>n</i> -алкоксифенілтелуртрихлоридами . . . . .	186
<b><i>Осокін Є.С., Полонський В.А., Варгальок В.Ф.</i></b>	
Моделювання реакцій взаємодії аквакомплексу Купрум(І) з малеїною кислотою . . . . .	188
<b><i>Пантелеймонова Т.М., Шарабура Л.Б., Фрасинюк С.М., Хиля В.П.</i></b>	
Спектр біологічної активності модифікованого ізофлавону- 7-[2-(4-етилпіперазин-1-іл)етокси]-2-метил-3- (4'-хлорофеніл)-4Н-хромен-4-ону . . . . .	191
<b><i>Феденко В.С.</i></b>	
Спектральні критерії копігментації антоціанів . . . . .	195
<b><i>Фізер М.М., Фізер О.І., Григорка Г.В., Сливка М.В.</i></b>	
Антикорозійні властивості солей поліалкіл-заміщеного [1,3]тіазоло[3,2-б][1,2,4]триазол-7-ію . . . . .	198
<b><i>Фізер О.І., Фізер М.М.</i></b>	
Асоціати ліпофільних аніонів із гетероциклічними катіонами на прикладі цетилпіридинію . . . . .	200
<b><i>Шумейко О.Є., Капітанов І.В., Попов А.А.</i></b>	
Нові димерні функціоналізовані поверхнево-активні речовини на основі імідазолу і тріалкіламонію . . . . .	202

<b>Шупенюк В.І., Тарас Т.М., Сабадах О.П., Лучкевич Є.Р., Матківський М.П., Сірадчук Ю.Р.</b>	
Визначення констант кислотності антрахінондіазонію . . . . .	203
<b>Дістанов В.Б., Голубенко Є.А., Пунько В.С., Івченко П.П., Мироненко Л.С.</b>	
Синтез та дослідження противірусних препаратів . . . . .	207
<b>Секція 4. Електроосадження металічних і полімерних покриттів. Захист від корозійного руйнування. Лакофарбові та захисні покриття . . . . .</b>	
	211
<b>Калин Т.І., Полтавець М.А.</b>	
Експериментальні та квантово-хімічні дослідження N-(n-хлорофеніл)-декагідроакридиндіонів як інгібіторів корозії в середовищі NS2 . . . . .	212
<b>Кітик А.А.</b>	
Вплив електрополірування в низькотемпературному евтектичному розчиннику на корозійну стійкість Ті - сплаву . . . . .	213
<b>Ковальов С.В.</b>	
Пристрій для нанесення електрохімічних покриттів у магнітному полі . . . . .	217
<b>Проценко В.С., Бутиріна Т.Є., Боброва Л.С., Данилов Ф.Й.</b>	
Електрохімічне полірування поверхні нікелю та мельхіору з використанням нового типу іонних рідин – низькотемпературних евтектичних розчинників . . . . .	218
<b>Свердіковська О.С., Черваков О.В., Буркевич Б.В., Мазіна А.Д., Жарких А.В.</b>	
Офсетні типографські фарби на рослинних маслах . . . . .	221
<b>Плясовська К.А., Варгалюк В.Ф.</b>	
Електроліт для осадження свинцево-олов'яного сплаву із вмістом титану . . . . .	223
<b>Авторський показчик . . . . .</b>	225

У конференції прийняли участь 224 викладачів, науковців, аспірантів і студентів із 35 навчальних і наукових закладів та 1 ТОВ 13 міст України та зарубіжжя

№ з/п	Назва ВНЗ	Місто
1	Інститут луб'яних культур НААН України	Глухів, Сумська обл.
2	ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»	Дніпро
3	Дніпровський державний аграрно-економічний університет	
4	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара	
5	КЗ «Горяннівський НВК "Загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів – ДНЗ" Дніпровської районної ради Дніпропетровської області»	
6	Запорізький державний медичний університет	Запоріжжя
7	ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»	Івано- Франківськ
8	Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	
9	ДУ «Інститут геронтології ім. Д.Ф. Чеботарьова НАМН України»	Київ
10	Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України	
11	Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України	
12	Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України	
13	Інститут органічної хімії НАН України	
14	Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України	
15	Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України	
16	Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України	
17	Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України	
18	Київський національний торговельно-економічний університет	
19	Київський національний університет імені Тараса Шевченка	
20	Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	
21	ТОВ «Системи чистої води»	

№ з/п	Назва ВНЗ	Місто
22	ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»	Мелітополь
23	Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного	
24	Одеський національний медичний університет	Одеса
25	Одеський національний університет імені І.І. Мечникова	
26	Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування	Рівне
27	High Technical Mechanical School of Professional Studies	Trstenik, Serbia
28	ДВНЗ «Ужгородський національний університет»	Ужгород
29	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»	Харків
30	Харківський державний університет харчування та торгівлі	
31	Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького	Черкаси
32	Львівський державний університет безпеки життєдіяльності	Львів
33	Львівський національний університет імені Івана Франка	
34	Львівський торговельно-економічний університет	
35	Національний лісотехнічний університет України	
36	Національний університет «Львівська політехніка»	



Наукове видання

**МАТЕРІАЛИ  
IV ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**“Теоретичні та експериментальні аспекти  
сучасної хімії та матеріалів”**

**TASX 2020**

Відповідальні за випуск – Чигвінцева О.П., Петрушина Г.О.

Підписано до друку 07.04.2020 р.

Формат 60 × 80/16. Папір офс.

Ум. друк. арк. 14,0. Ум. вид. арк. 9,2. Тираж 100 прим. Зам. № 937

Видавець “ФОП Середняк Т.К.”, 49000, Дніпро, 18, а/с 1212

Ідентифікатор видавця у системі ISBN: 7373

49000, Дніпро, 18, а/с 1212

Тел. (096) 308-00-38, (056) 798-04-00

E-mail: 7980400@gmail.com www.isbn.com.ua

Віддруковано на базі поліграфічно-видавничого центру «Адверта»

49000, м. Дніпро, Короленко 3/308

тел.(066) 55-312-55, (056) 798-22-47 E-mail: 7980400@gmail.com

www.adverta.com.ua

www.vk.com/izdatelstvo\_adverta

www.facebook.com/adverta.Izdatelstvo